



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la

Recherche Scientifique

Faculté des sciences

Département de Sciences Agronomiques

En Vue de l'obtention du Diplôme de Master

En Sciences Agronomiques

Spécialité: sciences de sol

Thème



L'effet de quelques bio fertilisants sur la culture de pois

Présenté par:

- Dabi Maroua**
- Rezagui hadil**
- Kettouche khaoula**
- Khazri cheima**

Soutenue devant le jury:

Présidente :Bala S	M.C.B	UNIV SKIKDA
Encadreur : Laib Djamel eddine	M.A.A	UNIV SKIKDA
Examinatrice :Hamra krouha S	M.A.A	UNIV SKIKDA

Année Universitaire :2022-2023

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu tout puissant et miséricordieux de m'avoir donné santé, force, courage, volonté et patience pour réaliser ce travail.

*J'adresse mes plus vifs remerciements à **Mr Laib djamel eddine** qui m'a proposé cet intéressant thème de travail. J'ai beaucoup apprécié ses qualités scientifiques, humaines et surtout son optimisme tout le long du parcours. Je la remercie pour son aide, sa disponibilité, ses précieux conseils. Ce fut un plaisir et une chance de travailler avec lui.*

*Je tiens également à exprimer ma reconnaissance aux membres de jury qui ont accepté la lourde charge d'être examinateur de ce travail : **Mme bala S** et **Mme Hamra krouha** qui nous a fait l'honneur de présider le jury de la soutenance.*

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

*A Mes chers parents ma Mère et Mon père pour leur
patience Leur*

Amour ,Leur soutien et Leurs encouragements

A me belle_Sœur :Zineb

A Les petite de la famille :MiraL ,Mohamed Louey , Belsem

A Tous Mes amis proches

Sans oublier bien sûr L' encadreur : Laïb Djamel eddine

A Mes binômes : HadiL ,Maroua , chaïma

Khaoula

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents.

A toute ma famille sans exception.

Sans oublier bien sûr l'encadreur: laib djamel eddine .

Et mes collègues: chaima , khawla ,hadil.

Maroua

Pédicaces

Je remercie, tout d'abord, mon dieu Allah qui m'a donné volonté et patience pour
faire ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadreur monsieur Laib Djamel Eddine
pour son aide, ses orientations, ses précieux conseils et son soutien moral.

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,
que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués , et le fruit de

votre soutien infaillible

Merci d'être toujours là pour moi.

Hadil

Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études, A mes chères sœurs sirin , maroua , et ma petite sœur oumaïma , pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, A mes chers frères, abderaheman , Dya Eeddin , pour leur appui et leur encouragement, A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, Merci d'être toujours là pour moi. Sans oublier bien sûr l'encadreur : laïb djamel Eddine . Et mes binômes : maroua , khawla , hadil

Chaïma

Remerciements	
Dédicaces	
Liste de figures	
Liste d'abréviations	
Introduction.....	1
1.Définition des bio fertilisants.....	3
2. Différents types de bio fertilisants.....	3
2.1.Les biofertilisants d'origine microbienne.....	3
2.1.1.Les bio fertilisants à base de microorganismes fixateurs d'azote.....	4
2.1.1.1. Les bio fertilisants à base des alguesbleus et verts(cyanobactéries) fixateurs d'azote.	4
2.1.1.2. Les bio fertilisants à base des bactéries fixatrices d'azote.....	4
2.1.2.Biofertilisantsà base des bactéries solubilisatrices du phosphore.....	6
2.1.3.Biofertilisants à base des champignons solubilisateurs et mobilisateurs du phosphore.....	7
2.1.4. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisateurs et mobilisateurs du potassium.....	7
2.1.5.Biofertilisants à base des microorganismes oxydants le soufre.....	8
2.1.6. Biofertilisantsà base des microorganismes solubilisant le zinc.....	9
2.1.7. Biofertilisantsà base derhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR)	9
2.2.Les bio fertilisants d'origine animale et végétale et aquatique.....	10
2.2.1.Les fumiers	10
2.2.2.Le vermicompost.....	10
2.2.3.Les algues.....	11
2.2.4. Les engrais verts.....	11
La culture de pois.....	12
1. Description de la plante.....	12
1.1. Racines.....	12
1.2. Feuilles.....	13
1.3. Tige.....	13
1.4. Fleur	14
1.5.Gousse et graines.....	14
2. Position systématique.....	15

Table de matières

3. Origine et historique.....	16
4.Intérêt de la culture de pois.....	16
4.1. Intérêt nutritionnelle.....	16
5. Exigences de la culture de pois.....	17
5.1. Exigences pédoclimatiques.....	17
5.1. Exigences pédoclimatiques.....	17
5.1.1.Température.....	17
5.1.2. L'eau.....	17
5.1.3. Le sol.....	17
6. Maladies et principaux insectes ravageurs de petit pois.....	17
6.1. Maladies cryptogamiques.....	17
6.1.1. Ascochytose	18
6.1.2. Botrytis ou pourriture grise.....	18
6.1.4. Oïdium du pois.....	18
6.1.5. Rouille.....	19
6.2. Les insectes ravageurs.....	19
6.2.2. Sitone du pois.....	19
6.2.3. Le puceron.....	19
6.2.4. Tordeuse.....	19
6.2.5. La bruche du pois.....	19
1. L'effet de l'emploide bio fertilisant (thé de Vermicompost) sur la culture de pois (Variété Onward)	20
2. Analyse des données statistiques.	23
Résultats et discussion.....	24
1. Résultats.....	24
2. Discussion.....	25
Conclusion.....	28
Références bibliographiques.....	29

Liste d'abréviations

% : Pourcentage

µm : micromètre

C° : Celsius

Cm : Centimètre

FAO : food and agriculture organization

g :gramme

Ha : hectare

Kg : kilogramme

L :litre

m : mètre

mg : milligramme

ml : millilitre

mm : millimètre

Ppm :Partie par million

Liste des figures

Figure 1. Racines de pois.....	12
Figure 2. nodules développés sur les racines.....	13
Figure 3. Feuilles de pois.....	13
Figure 4. Tige de pois.....	14
Figure 5. Fleurs de pois.....	14
Figure 6. Gousse de pois.....	15
Figure 7. Graines de pois.....	15
Figure 8. Préparation des doses.....	21
Figure 9. Application racinaire.	21
Figure 10. Application foliaire.....	21
Figure 11. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le poids de gousses de pois.....	24
Figure 12. Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de pois.....	24
Figure 13. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de pois.....	25

Liste de tableaux

Tableau 1. Doses de vermicompost appliquées aux plants de fève dur par voies foliaire et racinaire.....	22
--	----



INTRODUCTION

1. Introduction

Le sol est un composant primordial en agriculture et le constituant le plus important pour la satisfaction de tous les besoins fondamentaux de l'être humain (Kekane et al., 2015).

Selon les estimations de la FAO, la demande de produits agricoles augmentera de 60% d'ici 2030 (Mia et Shamsuddin, 2010).

Afin d'augmenter la productivité et améliorer les qualités physico-chimiques des sols, assurer des rendements élevés et satisfaire les besoins croissants des consommateurs en produits alimentaires, l'emploi des engrais synthétiques est efficace et rentable mais leur application intensive favorise l'accumulation de substances toxiques dans l'eau et dans les tissus végétales, réduit la nutrition et la valeur nutritive des légumes, la biodiversité microbienne la capacité de rétention d'eau et la fertilité du sol et menace la production durable et la santé des écosystèmes (Lori et al., 2017; Dayan et al., 2009; Surekha et al., 2010; Sprent et Sprent, 1990; Hartmann et al., 2015; Ekholm et al., 2017; Nygaard Sorensen et Thorup-Kristensen, 2011; Nosheen et al., 2021).

Pour minimiser ces effets nocifs et répondre à la demande croissante de nourriture résultant de l'expansion continue de la population mondiale, le recours à l'agriculture biologique qui est un système de production agricole visant à faire pousser les cultures et à améliorer la qualité des aliments sans l'emploi des pesticides chimiques, des antibiotiques, des engrais chimiques et des hormones de croissance, en utilisant des ressources naturelles tel que les bio fertilisants ou engrais organiques non toxiques et faciles à appliquer afin de maintenir la structure et la fertilité du sol, la biodiversité, l'équilibre de l'environnement, la durabilité écologique, les ressources non renouvelables et la santé humaine devient une nécessité (Behera et al., 2022; Roos et al., 2018; Yadav et al., 2022; Jaipaul et al., 2011; Ramesh et al., 2005; Ramakrishnan et al., 2021; Deepali et Gangwar, 2010; Thomas et Singh, 2019; Nosheen et al., 2021).

La consommation d'aliments biologiques est associée à des croyances en matière de santé et à un bien être subjectif, ce qui implique des valeurs marchandes et une demande plus élevée (Apaolaza et al., 2018).

Dans ce contexte, la présente étude est focalisée sur l'étude des Effets de certains bio fertilisants sur La culture de pois

Ce travail est structuré en 3 parties :

-La première partie est consacrée à une revue bibliographique mettant l'accent sur les bio fertilisants et le pois.

Introduction

La deuxième partie illustre le matériel et les méthodes utilisés ainsi que les objectifs recherchés par cette étude et qui sont :

-L'effet de l'utilisation de thé de vermicompost sur le rendement des plants de pois

Ainsi qu'une troisième partie qui montre les résultats obtenus dans les différentes expériences effectuées.



Revue
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Définition des bio fertilisants

Les bio fertilisants ou engrais organiques sont des matières naturelles, d'origine végétale ou animale ou microbienne, partiellement ou totalement décomposées, exempts de substances potentiellement nocives ou contaminants de l'environnement, utilisés depuis des siècles et contribuant à protéger du sol de l'érosion, éliminer les polluants environnementaux, dégrader autres matières organiques, favoriser la prolifération de la biomasse bactérienne et améliorer la santé, la structure, les propriétés physico chimiques, la teneur en eau, en matière organique et d'éléments nutritifs du sol (Baswana et Rana, 2007 ; Melero et al., 2007 ; Larney et al., 2011 ; Kumar et Sharma, 2015 ; Tale et al., 2015 ; Reganold et Wachter, 2016 ; Behera et al., 2022).

2. Différents types de bio fertilisants

Plusieurs bio fertilisants naturels sont disponibles pour les agriculteurs pour gérer et améliorer la productivité des cultures (Benfatto et al., 2015).

2.1. Les biofertilisants d'origine microbienne

80 % des microorganismes du sol incluant les bactéries, les champignons et les algues se trouvent dans les premiers 10 à 15 cm de la surface du sol (Michael, 2020 ; Michael, 2021). Dans cette couche de terre on compte environ 10 millions à un milliard de bactéries et 100 à 10 000 champignons et 100 à 10 000 algues par gramme de sol fournissant plusieurs services écologiques (Albiach et al., 2000 ; Raynaud et Nunan, 2014 ; Uysal et al., 2015 ; Michael, 2021).

Les biofertilisants d'origine microbienne, également appelés inoculants microbiens, sont des produits organiques à effet permanent contenant des micro-organismes spécifiques, qui proviennent des racines et des zones racinaires des plantes (Bumandalai et Tserennadmid, 2019 ; Nosheen et al., 2021).

Ces bioinoculants colonisent la rhizosphère et les tissus végétaux améliorant ainsi la fertilité du sol, la survie des semis, la croissance du système racinaire et aérien de la plante, le rendement des cultures de 10 à 40 %, réduisent le temps de floraison, protègent la plante contre les parasites et les maladies et dégradent les substances nocives pour l'environnement (Raghuwanshi, 2012 ; Kawalekar, 2013 ; Youssef et Eissa, 2014 ; Michael, 2021).

Ils sont regroupés en différents types sur la base de leurs fonctions et de leur mode d'action. Les biofertilisants couramment utilisés sont les fixateurs d'azote, les solubilisateurs de potassium, les solubilisateurs de phosphore et les rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR), oxydants le soufre et solubilisants le zinc (Mahdi et al., 2010).

2.1.1. Les bio fertilisants à base de microorganismes fixateurs d'azote

L'azote est le facteur nutritionnel très limitant pour la croissance et le développement des plantes (Gupta et al., 2012).

2.1.1.1. Les bio fertilisants à base des algues bleus et verts (cyanobactéries) fixateurs d'azote.

Les cyanobactéries fixatrices d'azote sont un groupe diversifié de procaryotes comprenant les genres *Nostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Aulosira* et *Lyngbya* spp, impliquées dans la fixation et la réduction de 20-30 Kg/ha d'azote atmosphérique en ammoniac (Mishra et al., 2004 ; Sharma et al., 2011 ; Singh et al., 2016 ; Michael, 2021).

L'application des cyanobactéries dans une variété de biomes et d'environnement terrestre comme bio fertilisants est possible, utile et économique (Bothe, 2010 ; Chittora et al., 2020)

Elles favorisent la production de vitamine B, des hormones végétales comme les auxines, l'acide indole acétique et l'acide gibbérellique, améliorent les propriétés du sol, la germination des graines, la croissance des pousses et des racines, augmentent le rendement des cultures de 10-15% lorsqu'elles sont appliquées à raison de 10 Kg/ha (Venkataraman, 1981 ; Mishra et al., 2004 ; Essa et al., 2015 ; Singh et al., 2016 ; Hasan, 2020).

2.1.1.2. Les bio fertilisants à base des bactéries fixatrices d'azote

Les bactéries du sol peuvent être des cocci (sphère, 0,5 µm), des bacilles (bâtonnet, 0,5-0,3 µm) ou des spirales (1-100 µm) (Nosheen et al., 2021).

Les bactéries fixatrices d'azote augmentent la teneur en azote du sol en fixant l'azote atmosphérique inerte qui contient environ 80 % de l'azote à l'état libre et le rendre disponible sous forme organique utilisable pour les plantes (Reed et al., 2011 ; Nosheen et al., 2021).

La fixation de l'azote peut fournir 300 à 400 kg de N/ha/an et augmenter le rendement des cultures de 10 à 50 % (Nosheen et al., 2021).

Les bactéries du genre *Rhizobium* qui appartient à la famille des *Rhizobiaceae* incluant les genres *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* et *Mesorhizobium* spp sont utilisées en pratiques agricoles comme alternative d'engrais chimiques, elles assurent une quantité suffisante d'azote en fixant jusqu'à 300 kg de N/ha/an pour différentes légumineuses et des non-légumineuses, inhibent plusieurs agents pathogènes, maintiennent la fertilité du sol tout en augmentant le rendement des cultures (Choudhury et Kennedy, 2004 ; Datta et al., 2015 ; Rubio-Canalejas et al., 2016 ; Meena et al., 2017 ; Arora et al., 2017 ; Mabrouk et al., 2018).

Ces bactéries infectent la racine de la légumineuse et forment des nodules, à l'intérieur desquelles elles réduisent l'azote moléculaire en ammoniac, qui est utilisé par la plante pour

produire des protéines, des vitamines et d'autres composés contenant de l'azote (Flores-Félix et al.,2013).

Elles améliorent la croissance des non-légumineuses en induisant des changements dans la morphologie des racines et la physiologie de la croissance en augmentant la hauteur des plantes, le taux de la germination des graines, le taux de chlorophylle des feuilles (Sara et al.,2013 ; Sammauria et al., 2020 ; Nosheen et al.,2021).

Les bactéries qui appartiennent à la famille des *Azotobacteriaceae* comme *A. chroococcum*, *A. vinelandii*, *A. insignis*, *A. beijerinckii*, *A. macrocytogenes* vivent librement dans les sols alcalins et certains sols acides et sont utilisées comme des bio fertilisants pour toutes les cultures grâce à leurs capacité de fixation d'azote (Revillas et al.,2000 ; Sahoo et al., 2014 ;Nosheen et al.,2021).

Elles produisent également des vitamines comme la thiamine et la riboflavine, des composés antifongiques et des antibiotiques qui inhibent la croissance de plusieurs champignons pathogènes dans la zone racinaire aidant ainsi à prévenir la mortalité des semis (Revillas et al., 2000 ;Bhosale et al., 2013 ; Wani et al., 2016)

Le principal facteur limitant la prolifération des bactéries du genre *Azotobacter* est la présence d'une quantité réduite de matière organique dans les sols (Sammauria et al., 2020;Menendez et al., 2017).

L'inoculation des plants ou l'incorporation d'*A. chroococcum* dans le rhizosphère augmente le rendement, la croissance et la germination des semis du concombre et de la tomate, la teneur en sucre de 10-15% et le rendement de 25-50 tonnes/hectares de la canne à sucre en fixant près de 30 kgN/an (Eklund, 1970 ;Dutta et Singh ,2002 ; Wani et al., 2013 ;Romero-Perdomo et al., 2017 ; Nosheen et al.,2021).

La bacterie du genre *Azospirillum sp* forme le plus souvent une association symbiotique avec les plantes ,fixe jusqu'à 20-40 kg N/ha dans les plantes non légumineuses (Isawa et al., 2009).

L'inoculation de cette bactérie améliore la germination des graines inoculés, le rendement des cultures (Skonieski et al., 2017 ; Leite et al., 2019 ; Galindo et al.,2020 ; Oliveira et al., 2018)

Azospirillum brasilense synthétise l'acide phénylacétique (PAA), une molécule semblable à l'auxine ayant une activité antimicrobienne (Somers et al.,2005).

la co-inoculation d'*A. lipoferum* et de *B. megaterium* fournit une nutrition équilibrée en azote et en phosphore à la plante et produit un rendement plus élevé que l'inoculation avec *Azospirillum* seulement (El-Komy,2005).

Anabaena Azollae est une bactérie symbiotique associée à la fougère *Azolla* sp et utilisée comme biofertilisant dans de nombreux pays pour fixer l'azote atmosphérique, principalement dans le riz (Fan,1992 ; Tekle-Haimanot et Doku,1995 ; Qiu et Yu,2003 ; Bocchi et *al.*,2010 ; Yadav et *al.*,2014).

Les feuilles d'*Azolla* contiennent 4 à 5% d'azote par poids sec et 0,2-0,4% par poids humide), se décomposent rapidement et fournissent l'azote à la plante et le système *Azolla-Anabaena* apporte 1,1 kg de N/ha/jour et fourni 20 à 40 kg de N/ha à la culture de riz 20-25 jours (Setiawati et *al.*,2018).

Un autre avantage de l'utilisation de ce biofertilisant est sa capacité de tolérance aux métaux ; il peut donc être appliqué dans les zones polluées par les métaux lourds (Akhtar et *al.*,2020)

2.1.2. Biofertilisants à base des bactéries solubilisatrices du phosphore

Les bactéries solubilisent de 1 à 50 %, tandis que les champignons solubilisent de 0,1 à 0,5 % du phosphore insoluble (Sharma et *al.*, 2013) .

La présence de bactéries dans le sol dépend des propriétés physiques et chimiques du sol, de la matière organique et de la teneur en phosphore, ainsi que des activités culturales (Nosheen et *al.*,2021).

Plusieurs bactéries et champignons solubilisent les formes insolubles du phosphore tel que HPO_4 et $H_2 PO_4$ dans le sol en formes solubles par la production des acides organiques ayant des groupes hydroxyle et carboxyle qui chélatent le cation P et réduisent également le pH du sol dissolvant ainsi le phosphate lié et le rendent disponible aux plantes (Antoun,2012 ; Itelima et *al.*,2018 ;Kalayu,2019 ; Prabhu et *al.*, 2019 ; Nosheen et *al.*,2021).

Ces micro-organismes utilisent également le mécanisme d'extrusion de protons pour solubiliser le phosphate (Park et *al.*,2009 ; Patel et Goswami,2020).

Elles fournissent le phosphate ainsi que d'autres oligo-éléments, comme le Fe et le Zn, ce qui favorise la croissance des plantes, synthétisent certains enzymes contre des agents pathogènes, protégeant ainsi la plante des maladies (Nosheen et *al.*,2021)..

Parmi eux les bacteries *B .subtilis*, *P. striata*, *B. polymyxa* ,*Micrococcus sp* *Agrobacterium sp*, *Aereobacter sp*, *Enterobacter sp* ,*Flavobacterium sp* et les champignons *Penicillium spp*,*Aspergillus awamori*,*Trichoderma sp* (Board, 2004 ; Anand et *al.*,2016 ;Nosheen et *al.*,2021).

Dans une étude récente, le solubilisateur de phosphore *Aspergillus niger* a été évalué pour son efficacité en tant que biofertilisant ; il a augmenté de manière significative la hauteur des plantes, la taille des fruits, la longueur/largeur des feuilles et le nombre de fruits par plante par rapport aux plantes non traitées. Cependant, les plantes co-inoculées avec

L'*Azotobacter* fixant l'azote et *A. niger* solubilisant le phosphore ont montré une meilleure performance que celles traitées avec chaque biofertilisant seul (Din et al., 2019).

L'application de la souche *Pseudomonas fluorescens* dans des sols acides du Cameroun a amélioré de manière significative la longueur des pousses, le rendement en grains, le poids sec des plantes et la teneur en phosphore des graines de maïs (Henri et al., 2008).

Certains champignons forment des associations mycorhiziennes

2.1.3. Biofertilisants à base des champignons solubilisateurs et mobilisateurs du phosphore

Les mycorhizes vésiculo-arbusculaires est l'association symbiotique entre certains champignons phycomycètes et les racines des angiospermes, elles colonisent les racines d'environ 80 % des familles de plantes (Douds et al., 2000 ; Mahdi et al., 2010 ; Bücking et al., 2012 ; Sadhana, 2014 ; DeLuca et al., 2019).

Les six genres de champignons forment des associations mycorhiziennes sont *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Sclerocystis*, *Entrophospora* et *Scutellospora spp* (Sullia, 1991 ; Chang et Yang, 2009).

Les champignons mycorhiziens arbusculaires pénètrent dans les racines et augmentent leur surface, stimulent les processus métaboliques et l'absorption des nutriments en sécrétant des enzymes et des acides organiques, confèrent aux plantes une résistance contre le stress biotique et abiotique des plantes et mobilisent et transfèrent les nutriments moins mobiles (S, Ca, Mg, Zn et Cu) et les formes immobiles du phosphore vers le cortex racinaire des plantes (Chang et Yang, 2009 ; Brahma Prakash et Sahu, 2012 ; Abbasi et al., 2015 ; Dwivedi et al., 2015 ; Pathak et al., 2017 ; Suthar et al., 2017 ; Rai et al., 2020).

Les hyphes de ces champignons absorbent le phosphore insoluble et le transforment en forme solubilisée, qui est absorbée par la plante et, en retour, la plante fournit un abri et d'autres nutriments aux champignons. Dans des conditions optimales, elles ont le potentiel de solubiliser/mobiliser environ 30-50 kg P₂O₅ /ha, ce qui permet d'augmenter le rendement des cultures de 10-20% (Mahdi et al., 2010 ; Asoegwu et al., 2020).

Le traitement par co-inoculation des champignons mycorhiziens arbusculaires, *Glomus fasciculatum* avec *Bradyrhizobium sp.*, *Pseudomonas striata* ou *Penicillium variable*, a augmenté de manière significative l'absorption des nutriments et le rendement des plantes (Khan et al., 2007).

2.1.4. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisateurs et mobilisateurs du potassium

Le potassium (K) est le deuxième élément nutritif le plus abondant et le plus important

pour les plantes après le nitrogène et le phosphore. Bien que le K soit un élément abondant dans le sol, seuls 1 à 2 % sont disponibles pour les plantes, tandis que le reste est présent sous forme de K minéral qui ne peut être absorbé par les plantes. Par conséquent, un réapprovisionnement continu en K de la solution du sol est nécessaire (Meena et al.,2014)

Il joue un rôle vital dans la croissance et le développement des plantes. S'il n'est pas fourni en quantité suffisante, les plantes poussent lentement, ont des racines peu développées, produisent de petites graines et de faibles rendements (Williams et Pittman,2010 ;Prajapati et Modi,2012).

Les microorganismes solubilisateurs de potassium est important pour assurer l'approvisionnement régulier en potassium des plantes cultivées. Ils ont également un impact positif sur la disponibilité d'autres nutriments essentiels dans le sol, et jouent donc un rôle important dans le maintien de la fertilité et la durabilité du sol (Bahadur et al.,2016).

Plusieurs souches bactériennes et fongiques comme *Arthrobacter* spp ,*Bacillus* spp, *B. edaphicus* ,*B. mucilaginosus*, *B. circulanscan* ,*Aspergillus niger*. *Arthrobacter* spp., *Cladosporium*, et *Sphingomonas aminobacter* utilisent divers mécanismes, y compris la production d'acides, la chélation, l'acidolyse, la complexolyse et les réactions d'échange pour solubiliser le potassium insoluble en formes solubles à partir de sources organiques et inorganiques (Xiafang et Weiyi, 2002 ;Sugumaran et al.,2007 ; Etesami et al.,2017;Sindhu et al.,2016 ; Ahmad et al.,2016 ; Etesami et al., 2017 ; Jha,2017) .

L'inoculation de *B. mucilaginosus* dans le sol améliore la disponibilité du K et du P et la teneur en huile et la biomasse de l'arachide de 35,4 % et 25 %, respectivement, (Sugumaran et al.,2007).

Bacillus pseudomycoïdes solubilisant le potassium a amélioré l'absorption de K par les théiers dans un sol traité avec des déchets de mica (Pramanik et al.,2019)

Une autre souche *Bacillus cereus* a augmenté de manière significative la hauteur des plantes, le poids sec des pousses et le nombre de branches de 15%, 26% et 27%, respectivement (Ali et al.,2021)

2.1.5.Biofertilisants à base des microorganismes oxydants le soufre

Le soufre est un micro-élément nécessaire aux plantes et jouant un rôle clé dans l'amélioration de certaines propriétés biologiques et physiques du sol tel que le ph ,il augmente la capacité des cultures à absorber l'azote ,le phosphore et autres micronutriments (El-Halfawi,2010)

Les bactéries *Thiobacillus* spp. ; *Thiobacillus thioparous* et *T. thiooxidans* peuvent oxyder le soufre en sulfates utilisables par les plantes (Vidyalakshmi et al.,2009 ;Itelima et al.,2018 ;Riaz et al.,2020)

L'inoculation de *Thiobacillus* sp augmente l'oxydation du soufre élémentaire, ce qui entraîne une augmentation de la disponibilité des sulfates dans le sol et par conséquent une augmentation de la croissance des plantes (Pourbabae et al.,2020)

Les composés du soufre, surtout sous forme réduite, polluent considérablement l'environnement. Les bactéries oxydant le soufre jouent également un rôle important dans la protection de l'environnement en éliminant biologiquement la pollution par le soufre.(Pokorna et Zabranska,2015)

2.1.6. Biofertilisants à base des microorganismes solubilisant le zinc

Le zinc est l'un des micronutriments essentiels requis à des concentrations relativement faibles (5-100 mg/kg) dans les tissus pour la croissance et la reproduction des plantes. sa carence en zinc chez les plantes entraîne un retard de croissance des pousses, une réduction de la taille des feuilles, une chlorose, une sensibilité accrue à la lumière, à la chaleur et aux infections fongiques, et affecte le rendement des grains, le développement des racines, la formation du pollen, l'absorption et le transport de l'eau (Tavallali et al.,2010 ;Kamran et al.,2017).

La lutte contre la carence en zinc par l'emploi des inoculants microbiens comme les champignons mycorhiziens arbusculaires ,*Saccharomyces* spp. et plusieurs genres de rhizobactéries tels que *Pseudomonas* spp. et *Bacillus* spp. capables de solubiliser la forme complexe du zinc dans le sol par des ligands chélatés et des systèmes oxydoréducteurs devient une priorité (Graham,2008 ; Kumar et al.,2019 ; Hussain et al.,2018 ;Kamran et al.,2017 ;Naz et al.,2016)

Les bactéries solubilisant le Zn produisent également des phytochromes, des antibiotiques, des vitamines et des substances antifongiques (Goteti et al.,2013).

Une amélioration de la croissance et le rendement des plants de riz inoculés avec une combinaison appropriée de souches bactériennes solubilisant le Zn a été enregistré (*Burkholderia* spp. et *Acinetobacter* spp.) (Vaid et al.,2014).

L'emploi des bio fertilisants contenant des bactéries solubilisant le Zn améliorent le rendement de maïs (Hussain et al.,2020).

2.1.7. Biofertilisants à base de rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR)

Un groupe de bactéries libres de la rhizosphère qui colonisent les racines des plantes et

exercer un effet bénéfique sur la croissance des plantes est appelé PGPR ou rhizobactéries (Beneduzi et al.,2012).

Les rhizobactéries comprennent des membres de plusieurs genres, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Acinetobacter*, *Actinoplanes*, *Bacillus*, *Frankia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Micrococcus*, *Streptomyces*, *Xanthomonas*, *Enterobacter*, *Cellulomonas*, *Serratia*, *Flavobacterium*, *Thiobacillus* (Yadav et al.,2017).

Elles contribuent à la fertilité du sol par minéralisation et décomposition de la matière organique, la tolérance au stress biotique et abiotique (sécheresse, salinité), l'amélioration de la germination des graines, la production des hormones (Auxines, AIA, l'éthylène, gibbérellines) qui favorisent la croissance des racines, améliorant ainsi la disponibilité des nutriments la croissance, le rendement et le développement des cultures (Mayak et al.,2004 ; De Vasconcellos et Cardoso,2009 ; Nezarat et Gholami,2009 ;Bharti et al.,2013 ; Almaghrabi et al.,2014 ; Timmusk et al., 2014 ; Islam et al.,2016 ; Kumari et al.,2016 ;Verma et al.,2016 ; Vurukonda et al.,2016 ;Barnawal et al.,2017 ;Jang et al.,2017 ;Tahir et al.,2017 ; Backer et al., 2018 ; Niu et al.,2018 ; Ilyas et al .,2020).

Ils contribuent dans la modulation des métabolites secondaires des plantes et la biorémédiation des métaux lourds et des polluants (Sayyed et al.,2015 ; Ordookhani et al.,2011 ; Pandey et al.,2013 ; Khan et Bano,2016 ; Patel et al.,2016).

2.2.Les bio fertilisants d'origine animale et végétale et aquatique

Les déchets naturels provenant des plantes (matériel végétal frais/séché), des animaux (fumiers) les algues et le vermicompost peuvent être employés pour la fabrication des bio fertilisants organiques (Zhai et al .,2009; Deore et al ., 2010 ; Kavipriya et al ., 2011 ;Mirecki et al .,2011 ;Kim et al .,2015 ; Nabti et al ., 2017 ;Nxumalo et al ., 2019 ; Ronga et al ., 2019 ;Michael ,2021).

2.2.1.Les fumiers

Les fumiers sont le produit de la fermentation d'un mélange de pailles plus ou moins piétinés et de déjection animale qui permet un recyclage efficace des éléments minéraux plus concentré et plus assimilable que dans les résidus de départ. Le fumier le plus courant en Afrique, appelé poudrette de parc, est récolté dans les parcs où les animaux sont gardés la nuit, sans apport de paille. C'est un mélange de terre et des fèces non fermentés. Il contient moins de 50% de matière organique et sa composition est variable suivant la proportion de la terre (Nxumalo et al ., 2019).

2.2.2.Le vermicompost

Le vermicompost est un produit biologique utilisé comme amendement humique et résultant du processus de fermentation lente ou décomposition de la matière organique animale et végétale par les vers de terre (Bernal et al ., 1998 ;Jannoura et Bruns, 2014).

2.2.3.Les algues

Les algues contribuant énormément à la fertilité des sols, la lutte biologique contre les ravageurs, la remise en état des sols et le traitement et des eaux usées (Uysal et al ., 2015 ; Michael ,2021).

Parmi les algues largement utilisées comme engrais organique les algues marines *Ascophyllum nodosum* et *Rhodophyta* spp riches en potassium et les micro algues vertes augmentant la teneur en humus et fabriquant un mucilage améliorant la texture des sols (Marathe et Chaudhari ,1975 ;Michael , 2021) .

2.2.4. Les engrais verts

Un engrais vert est une culture destinée à être enfouie, à l'état vert sur place par un labour, insérés dans les programmes de rotation en tant qu'inter-culture pour améliorer la structure du sol et sa fertilité ,elle peut comporter une ou plusieurs espèces de plantes (Pousset, 2011).

1. Description de la plante

Le pois (*Pisum sativum L*) c'est une plante diploïde : ($2n=14$ chromosome), appartient à la famille des légumineuses (Fabacées), autogame, annuelle, parfois cultivée comme une bisannuelle. Sa croissance est indéterminée suivant les variétés, c'est-à-dire que le nombre de noeuds de la tige n'est pas fixé génétiquement mais reste sous la dépendance de facteurs externes (Prioul *et al.*, 2004 ; Deulvot *et al.*, 2010 ; Krajinski *et al.*, 2011).

La plante de pois est composé de :

1.1. Racines

Le pois forme une racine principale pivotante et des racines secondaires latérales. La racine principale est peu développée, et se ramifie fréquemment, les racines secondaires sont assez nombreuses portant des nodosités abondantes dans les 30 premiers centimètres. Le système racinaire au début de sa croissance est infesté par les bactéries symbiotiques fixatrices d'azote, la racine réagit par la formation des nodosités qui vont croître avec la croissance racinaire jusqu'à la floraison de la plante (Weeden *et al.*, 1998). (Figure 1).

Les nodules développés sur les racines permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable. Cette fixation symbiotique est à son optimum à la floraison et chute très rapidement par la suite (Slama, 1998). (Figure 2).



Figure 1. Racines de pois(Originale ,2023)



Figure 2.Nodules développés sur les racines(Originale ,2023)

1.2. Feuilles

Les feuilles sont composées, alternes et se présentent sous différentes teintes, du vert jaune au vert bleu foncé, les folioles sont entières ou plus au moins dentées, de forme ovale au elliptique, leur extrémité est arrondie, pointue ou tronquée ; leur nombre est variable, le pétiole se termine par plusieurs vrilles qui tiennent la place des dernières folioles (Prioul *et al.*, 2004). (Figure 3).A la base de chaque feuille figurent deux grandes stipules souvent plus amples que les folioles. Selon la variété, la face supérieure des stipules comporte plus au moins de taches blanches appelées macules, correspondant un décollement de l'épiderme (Loridon *et al.*, 2005).



Figure 3.Feuilles de pois(Originale ,2023)

1.3. Tige

La tige de petit pois est herbacée de hauteur variable, creuses et grêles, arrondies ou légèrement anguleuses (Prioul *et al.*, 2004). (Figure 4).



Figure 4. Tige de pois(Originale ,2023)

1.4. Fleur

La fleur est caractéristique des papilionacées : zygomorphe (Symétrie bilatérale), pentamère, hermaphrodite, cyclique (Verticilles successifs de pièces florales) (Xing *et al.*, 2005). (Figure 5).



Figure 5. Fleurs de pois(Originale ,2023)

1.5. Gousse et graines

La fleur se développe en une gousse de longueur variable entre 6 et 8 cm et contient 4 à 12 graines. La couleur des gousses varie du vert jaunâtre au vert foncé, elles peuvent être, tronquées ou pointues, arquées ou droites. Les gousses se présentent soit à l'état isolé (caractère monocosse), ou par deux (caractère bicosse) et parfois même par trois. Les graines de petit pois sont riches en protéines qui s'accumulent au cours de leur développement, à la maturité des graines, les quantités relatives des protéines changent, les températures moyennement élevées accélèrent la maturation des graines, nuisent leur qualité et provoquent l'éclatement prématuré des gousses (Nakamura *et al.*, 2008). (Figures 6,7)



Figure 6. Gousses de pois(Originale ,2023)



Figure 7. Graines de pois (Originale ,2023)

2. Position systématique

Selon Fondevilla *et al.* (2011). Le pois est classé comme suit

Règne : végétal.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous-classe : Dialypitale.

Ordre : Fabales.

Famille : Fabacée.

Sous-famille : Papilionacées.

Genre : *Pisum*.

Espèce : *Pisum sativum* L.

3. Origine et historique

Des traces évidentes d'utilisation du pois ont été retrouvées dans de nombreux vestiges, il y a 9 à 10.000 ans en Anatolie en Iran, en Grèce et en Palestine, d'où l'idée que le pois serait originaire de l'Orient, de l'Inde ou de la Perse, et qu'il aurait ensuite été importé en Asie mineure et en Europe par les peuples aryens, importation très ancienne, puisque des pois ont été trouvés à l'âge de bronze en Suisse dans les cités lacustres (Fondevilla *et al.*, 2011).

Des reste de pois datant de deux millénaires avant Jésus Christ ont également été découverts à Paris autour de l'arc de Carrousel au Louvre. L'antiquité grecque avec le botaniste Théophraste (300 ans avant J.C) connaissait le pois ainsi que l'antiquité latine avec Pline et Columelle. Actuellement il existe plusieurs milliers de variétés de pois dans le monde, qui résultent d'un travail important de sélections entrepris depuis plus d'un siècle.

Au moyen-âge le pois constituait avec les céréales la principale ressource alimentaire pendant les fréquentes famines. Puis il fut cultivé comme légume frais, le pois devient alors une légume printanière très appréciée. Le développement des industries de la conserve et de la surgélation permet de fournir aux consommateurs ce légume cuisiné prêt à l'emploi toute l'année. De 1950 à 1975, la culture du pois fut en pleine expansion. En 25 ans, la conserverie du petit pois atteignait 2700000 tonnes de pois et 510000 tonnes de pois carotte à l'échelle mondiale (Collard *et al.*, 2005).

Ainsi, depuis très longtemps, le pois a été utilisé en alimentation humaine et animale sous différentes formes : plante entière, gousses, grains frais au sec, avec les différents types de pois sauvage, fourrager, potager de conserve, de casserie et protéagineux (Timmerman *et al.*, 1996).

4. Intérêt de la culture de pois

4.1. Intérêt nutritionnelle

Frais ou secs, les pois ont en commun d'être des aliments riches en énergie et en protéines. Les pois secs sont comparables à d'autres légumineuses (haricots secs, lentilles, fèves sèches, pois chiches), et aux céréales par leur valeur énergétique (330 kcal/100g). La partie glucidique des pois est formée essentiellement d'amidon (50 %) et de sucres (6 %) saccharose et oligosaccharides (Varela *et al.*, 2004).

Les pois sont aussi riches en protéines. Celles-ci, à teneur élevée en lysine, sont toutefois déficientes en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et le tryptophane. En les associant avec des aliments à base de céréales tel que le pain, qui sont au contraire déficients en lysine, on obtient une bonne complémentarité. Les pois sont une bonne source de minéraux : potassium, phosphore, calcium et fer ; ainsi que de vitamines B, notamment de folate,

vitamine B9 et vitamine C. Ils se distinguent également par leur très faible teneur en matières grasses. Les petits pois sont plus riches en eau (74 %) et en sucres solubles que les pois secs, Ils sont aussi intéressants pour leurs apports en fibres (Holwach *et al*, 1982)

4.2. Intérêt agronomique

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches de *rhizobium* qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets mobiles. Ces bactéries induisent chez la plante la formation des nodules sur les racines. En grande culture, l'agriculteur peut utiliser le pois en tête de rotation pour profiter de l'enrichissement du sol en azote. Malgré ces caractéristiques nutritionnelles et agronomiques, une régression des superficies des cultures des légumineuses et en particulier le pois a été observée. Cette régression est due à plusieurs contraintes biotique est abiotique, notamment les ravageurs et les maladies (Broughton et Dilworth, 1971).

5. Exigences de la culture de pois

5.1. Exigences pédoclimatiques

5.1.1. Température

Les températures optimales situées entre 21°C et 29°C pendant le jour et entre 15 et 21°C pendant la nuit. Les pois ne vivent pas à l'ombre, ils ne supportent pas les températures à moins 6°C (Varshney, 2011).

5.1.2. L'eau

Le pois tolère un peu à la sécheresse, et ne supporte pas les excès hygrométriques. La culture du pois peut être conduite en irrigué ou en sec dans les régions où la pluviométrie est supérieure à 350mm. Les besoins en eau sont maximaux à partir de la floraison et plus spécialement lors du remplissage des gousses (Ferdaous, 2015).

5.1.3. Le sol

Les pois aiment les sols légers frais et sains. Dans les sols calcaires, ils végètent misérablement et leurs grains durcissent. Dans les sols argileux, ils résistent mal aux gelées tardives et ils pourrissent les sols peu légers qui se réchauffent vite assurant leur précocité, les sols silico-argileux et argilo-calcaire assurent les meilleurs rendements. Le pH du sol convenable est de l'ordre de 6 à 6,6 (Ferdaous, 2015).

6. Maladies et principaux insectes ravageurs de petit pois

6.1. Maladies cryptogamiques

Des nombreuses maladies cryptogamiques sont susceptibles d'affecter les cultures de petit pois.

6.1.1. Ascochytose : Les ascochytooses sont causées par les champignons :

- *Ascochyta pisi* : lésion beiges à bordures foncées, avec au centre de nombreuses ponctuation noires (pyncnides).
- *Ascochyta pinodes* ou *Mycosphaerella pinodes* : petites ponctuation noires pouvant s'agrandir et se rejoindre pour former de larges taches foncées. Attaques fréquentes à la base des tiges (nécroses noirâtres).

On trouve ces maladies partout où le pois est cultivé, particulièrement dans les zones tempérées. Les pertes peuvent atteindre 50% chez le pois de conserverie, surtout s'il est infecté par le *Mycosphaerella pinodes*. Les symptômes diffèrent selon le champignon en cause (Ali *et al.*, 1978).

6.1.2. Botrytis ou pourriture grise

Le botrytis est l'une des principales maladies du petit pois. Il n'apparaît qu'en fin de cycle, à partir de la floraison. Le champignon responsable, *Botrytis cinerea*, est présent dans le sol à l'état endémique, Il pénètre dans les plantes à partir de taches de mildiou, de blessures (grêle, piqures d'insectes..) ou d'organes sénescents tels que les pétales fanés. Une pourriture grise apparaît sous forme de tache sur les feuilles, Les tiges et les gousses. Il y a alors perte de rendement par coulure de fleurs, avortement de gousses et mauvais remplissage des grains. En condition humides, la maladie se propage très rapidement à toute la plante, puis à tous la parcelle. L'optimum thermique se situe autour de 15-20 C°. Les cultures denses mal aérées ou versées sont un terrain de prédilection pour la maladie (Bajji *et al.*,1998).

6.1.3. Mildiou

Le mildiou provoqué par *Péronospora* apparaît quand le climat est froid et humide. Il est caractérisé par des taches jaunâtres sur les feuilles et un duvet blanc puis violacé à leur face inférieure (Kabir *et al.*, 2012).

6.1.4. Oïdium du pois

L'oïdium, causé par *Erysiphe polygoni*, se rencontre surtout dans les cultures maraîchères, et les pépinières. Cette maladie se développe en liaison avec l'intensification des cultures de pois protéagineux. L'oïdium est désigné par un feutrage blanchâtre sur les feuilles et les rameaux. Cette maladie cause des dégâts considérables, elle peut entraîner une réduction de 50 % du rendement. La lutte contre cette maladie peut être préventive sur les variétés sensibles, elle est basée sur l'emploi de plusieurs matières actives anti fongiques, ou menée de façon curative (dès les premiers symptômes) avec du soufre. Les résultats sont généralement

bons dans la mesure où il s'agit d'un mycélium superficiel. De même les pratiques culturales (rotation) sont considérées parmi les moyens de lutte contre l'oïdium du pois (Rengasamy, 2006).

6.1.5. Rouille

La rouille causé par (*Uromyces pisi*) est commune chez le pois. Elle apparait sous forme de petites taches blanches et poudreuses qui colonisent d'abord les feuilles âgées. Le cycle biologique du champignon est complexe avec ses cinq stades reproductifs. Il n'a pas d'hôtes intermédiaires (Mohamed *et al.*, 1983). Une rotation des cultures de deux ans empêche l'accumulation de l'inoculum fongique. (Laundon et Waterston, 1965).

6.2. Les insectes ravageurs

6.2.1. Thrips : Le thrips prolifère principalement dans les parcelles de pois de printemps, et perce les cellules épidermiques à l'aide de ses stylets et vide leur contenu. Les symptômes les plus observés sont : nombreuses ramifications, plante chétive et naine, feuilles gaufrées et couvertes de taches jaunes ou brunes (Benidire *et al.*, 2015).

6.2.2. Sitone du pois : Il apparaît au mois de mars au moment du semis des pois. Cette espèce mordille et sectionne les jeunes pousses, effectuant des coupures marginales très caractéristiques des feuilles. La présence de Sitone dans la parcelle se traduit par celle d'encoches semi-circulaires sur le bord des feuilles. Les prélèvements foliaires liés aux Sitone adultes ne sont pas nuisibles. En revanche, Les larves le sont puisqu'elles détruisent les nodosités. La limitation des attaques larvaires passe par la gestion des adultes avant leur entrée en ponte. Intervenez à partir de 5 à 10 encoches par plante sur les feuilles les plus jeunes, de la levée au stade 5-6 feuilles en pois de printemps, et jusqu'au stade 8-10 feuilles en pois d'hiver (Bovey *et al.*, 1972).

6.2.3. Le puceron : Tout le cycle se déroule sur le pois et les fabacées. La précocité de son installation dans les cultures explique en grande partie sa nuisibilité, chez le pois de nombreux ennemis naturels contribuent à la lutte biologique contre le puceron de pois, mais souvent ils ne réussissent pas à protéger les cultures contre les pertes importantes des rendements et la lutte chimique on recommande d'application un insecticide dans les jours qui suivent (Lafranchis, 2001).

6.2.4. Tordeuse : Cette espèce est un ravageur sporadique qui passe habituellement inaperçu. La larve se nourrit à l'intérieur de la gousse et hiverne dans le sol. Le traitement chimique par un insecticide au début de floraison peut être efficace contre la chenille (Gerber, 1983).

6.2.5. La bruche du pois : est un ravageur sporadique dans les régions de culture du pois. La larve creuse un trou dans le pois et n'y a qu'une larve par graine. L'adulte se développe à

l'intérieure de la graine à la fin de l'été et hiverne dans les pois entreposés ou laissés en champ (Gerber, 1983).



MATERIEL
ET
METHODES

1. L'effet de l'emploi de bio fertilisant (thé de Vermicompost) sur la culture de pois (Variété Onward)

Pour tester l'effet de thé de vermicompost préparé préalablement en tant que engrais liquide sur la culture de pois (variété Onward) dans la région d'Elhadaiek ,wilaya de Skikda plusieurs doses préparés (figure 8) sont mentionnées dans le Tableau 1 sont appliquées par voies foliaire (figure 9) et racinaire (figure 10). 5 répétitions pour chaque type d'application et cinq répétitions arrosées avec de l'eau distillée et considérées comme témoins.

Plusieurs paramètres après l'application de ces différentes doses sont mesurés, incluant le poids de gousse, longueur de la tige, nombre de feuilles.

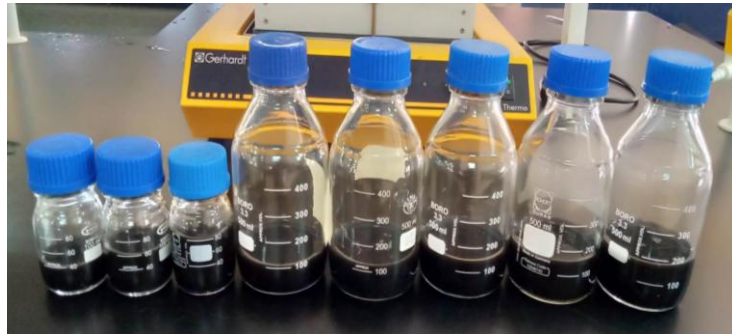


Figure 8. Préparation des doses



Figure 9. Application racinaire.



Figure 10. Application foliaire

Tableau 1. Doses de vermicompost appliquées aux plants de Pois dur par voies foliaire et racinaire.

Application foliaire (ml/L)	Application racinaire (ml/L)	Application foliaire (ml/L) + Application racinaire (ml/L)
10	10	10+10
15	15	10+15
20	20	10+20
25	25	10+25
30	30	10+30
35	35	10+35
40	40	10+40
45	45	10+45
		15+10
		15+15
		15+20
		15+25
		15+30
		15+35
		15+40
		15+45
		20+10
		20+15
		20+20
		20+25
		20+30
		20+35
		20+40
		20+45
		25+10
		25+15
		25+20
		25+25
		25+30
		25+35
		25+40
		25+45
		30+10
		30+15
		30+20
		30+25
		30+30
		30+35
		30+40
		30+45
		35+10
		35+15
		35+20
		35+25
		35+30
		35+35
		35+40
		35+45
		40+10
		40+15
		40+20
		40+25
		40+30
		40+35
		40+40
		40+45
		45+10
		45+15
		45+20
		45+25
		45+30
		45+35
		45+40
		45+45

2. Analyse des données statistiques.

L'analyse de variance (ANOVA) et le test de Tukey (HSD) (avec un intervalle de confiance de 95%) ont été effectués afin de comparer et classer en groupes homogènes les valeurs enregistrés des paramètres étudiés. Toutes les analyses de données statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel XLSTAT 2019 (Addinsoft, 2019. XLSTAT Statistical Data Analysis Solution, Paris, France).



RESULTATS
ET
DISCUSSION

Résultats et discussion

1. Résultats

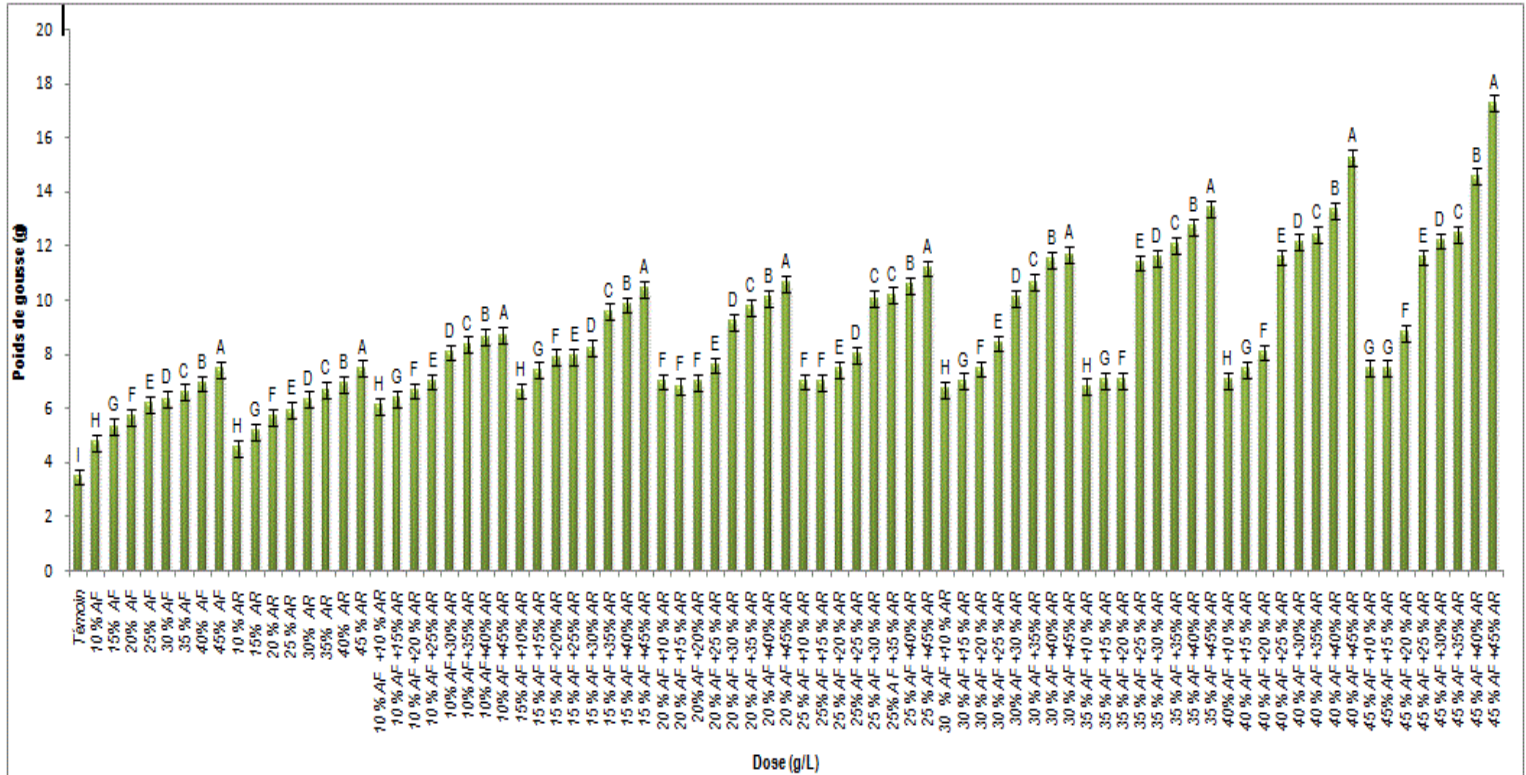


Figure 11. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le poids de gousses de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

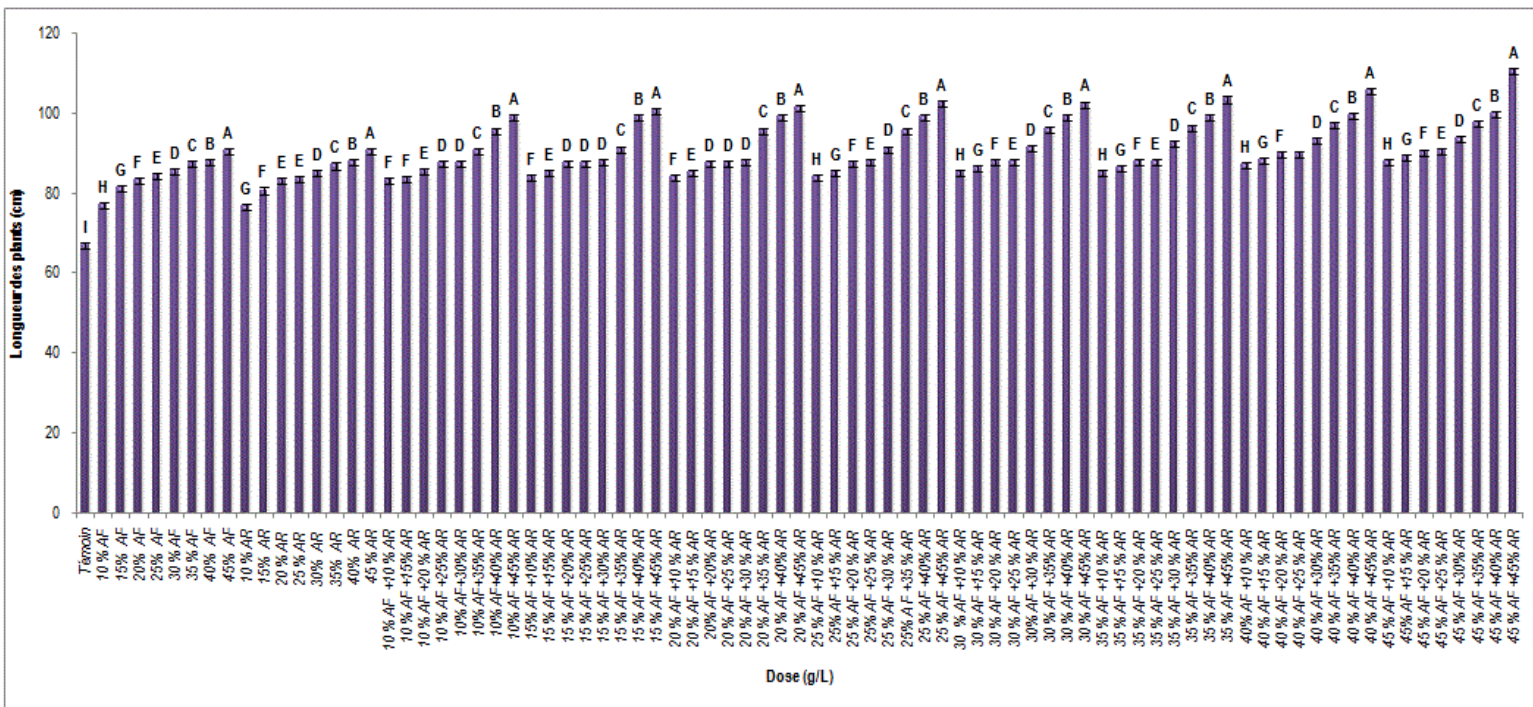


Figure 12. Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

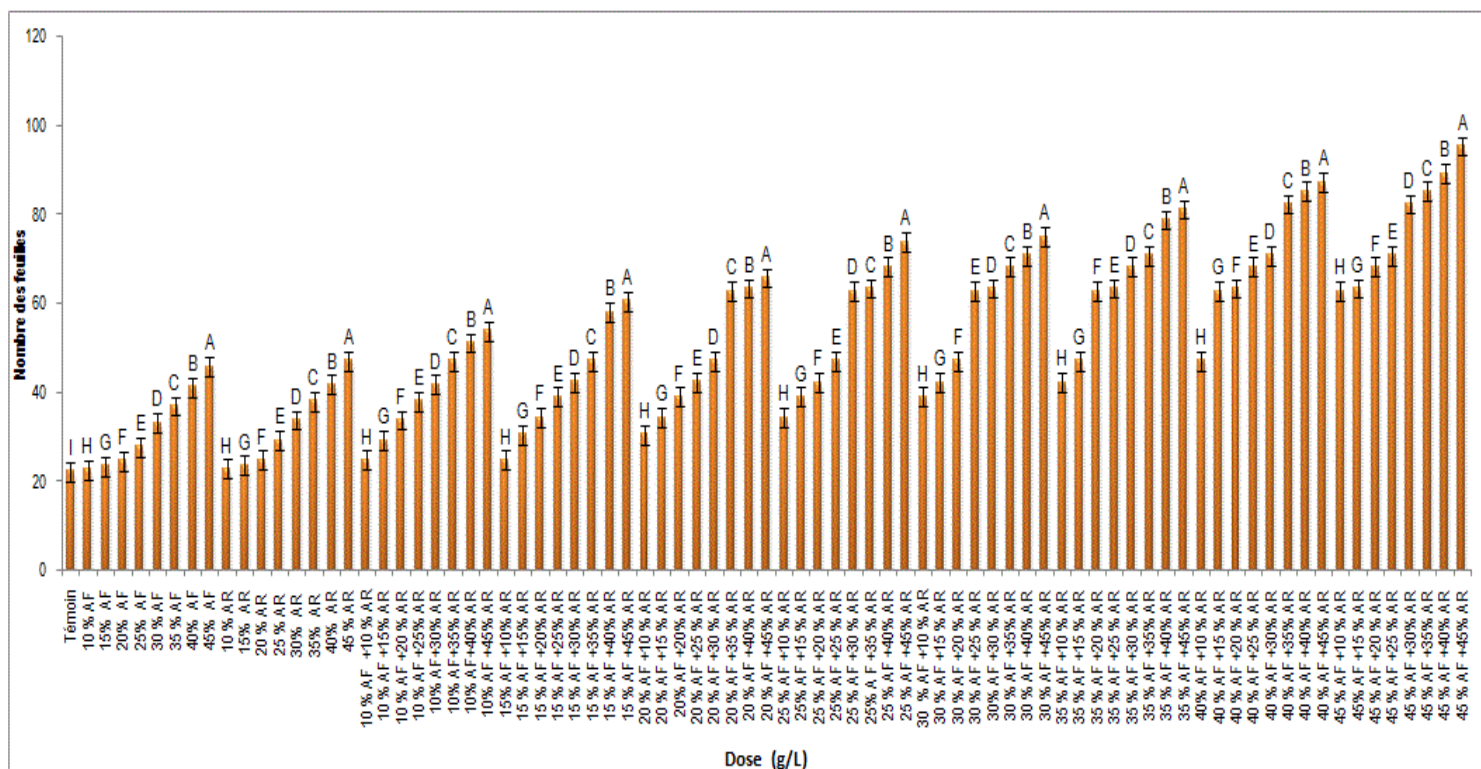


Figure 13. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

Les résultats d'application de thé de vermicompost à différents doses et modes d'application montrent qu'ils améliorent le poids des gousses, la longueur des plants et le nombre de feuilles des plants de pois.

Les meilleurs résultats pour ces 3 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 % avec un poids maximale de gousses de 17,292 g, une longueur maximale de plants de 110,4 cm et un nombre de feuilles maximale de 95,4 feuilles /plant.

Pour l'analyse de variance (ANOVA) et le test de Tukey (HSD) (avec un intervalle de confiance de 95%) les lettres majuscules indiquent une différence significative entre les valeurs du rendement (au niveau de signification de 0,05).

2. Discussion

Les bio fertilisants sont des produits riches en éléments minéraux nutritifs, ont des effets positifs sur l'activité biologique du sol, la croissance, le développement des plantes, sur le contrôle des maladies et des ravageurs des plantes (Reganold, 1995 ; Rivera et al., 2012 ; Bozsik, 1996 ; Dabrowski et al., 2007 ; Godlewska et al., 2019 ; Abdalla, 2013 ; Hayat, 2018).

Les bio stimulants foliaires organiques sont des substances provenant de différentes sources biologiques et pouvant lorsqu'ils sont appliqués en petites quantités d'améliorer la croissance, le développement l'absorption et l'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs par les plantes (Calvo et al., 2014).

Résultats et discussion

Parmi ces biofertilisants qui peuvent être utilisés par application foliaire (biostimulant) ou racinaire le thé de vermicompost qui est un liquide organique riche en nutriments produit à partir de la décomposition des matières organiques par des vers de terre (Edwards et Arancon, 2004). Il est utilisé comme fertilisant pour les plantes car il contient une grande quantité de micro-organismes bénéfiques, de nutriments et d'enzymes qui favorisent la croissance des plantes et améliorent la santé du sol (Atiyeh *et al.*, 2001).

Des études ont montré que l'utilisation du thé de vermicompost peut augmenter la production de cultures, améliorer la qualité des fruits et légumes et réduire les maladies des plantes (Kavitha et Kumar, 2013).

De plus, le thé de vermicompost est écologique car il est produit à partir de matières organiques recyclées. Il est donc considéré comme un fertilisant durable et respectueux de l'environnement.

Les éléments nutritifs contenu dans ce biofertilisant sont divisés en deux groupes en fonction de la quantité demandée par les plantes, les macro-éléments demandés à des niveaux relativement élevés comme l'azote qui est un élément disponible sous forme des ions de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+), fortement assimilé par la plante (5 à 70mg/g de matière sèche) et fondamental pour la formation des acides aminés nécessaires pour la formation du protoplasme et la division cellulaire, des protéines, des vitamines, du chlorophylle nécessaire pour la photosynthèse, des enzymes, des nucléotides, des acides nucléiques. Le phosphore qui est un élément peu mobile dans le sol, disponible sous forme d'ions ortho phosphaté (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-), représente de 1 à 5 % de la matière sèche de la plante et joue un rôle majeur au stockage et transfert d'énergie (ADP, ATP) nécessaire au transport et à l'absorption des ions dans les processus de photosynthèse et de respiration, à la formation des nucléotides, des acides nucléiques des coenzymes, des phospholipides intervenant dans le pouvoir germinatif des semences, la croissance et le développement des racines, l'initiation florale, la formation des grains et des fruits, développement et maturation des fruits. Le potassium disponible pour les plantes sous forme d'ion K^+ , Il joue un rôle de régulateur des fonctions vitales de la plante comme la synthèse des protéines, la croissance des cellules, la photosynthèse en maintenant l'équilibre des charges électriques sur le site de production d'ATP, la résistance aux maladies, au froid et à la sécheresse par la constitution de parois cellulaires résistantes, la régulation de la transpiration, la circulation de la sève ascendante dans le xylème et descendante dans le phloème, le transfert des assimilés (sucres, acides aminés) vers les racines et les organes de réserve (grains, fruits, tubercules), régulation de l'utilisation de l'eau par la plante par le contrôle l'ouverture et la fermeture des stomates. le magnésium qui est un élément nutritif disponible sous forme d'ion Mg^{2+} , très important pendant toutes les phases de développement des plantes où il est absorbé en quantités considérables, il rentre dans la constitution du noyau, la formation des pigments comme le carotène, les xanthophylles et le chlorophylle, la synthèse des protéines et des acides nucléiques, des sucres et de l'amidon, il aide à l'assimilation et la migration du phosphore et des sucres dans la plante, l'augmentation de la teneur en vitamines A et C et la résistance aux sécheresses et aux maladies cryptogamiques et le calcium qui est un élément immobile, disponible sous forme d'ion Ca^{2+} , Il

Résultats et discussion

intervient dans le transfert des glucides, le développement des parois cellulaires et des racines, la synthèse des protéines, des enzymes et de vitamines, la résistance aux maladies (Uchida, 2000 ; Ronen, 2007 ; Hamdani, 2020).

Les micro-éléments ne sont nécessaires qu'à l'état de traces, parmi eux le zinc qui est un micronutriment disponible sous forme d'ion Zn^{+2} avec une concentration moyenne dans les tissus de 20 ppm, il entre dans la synthèse de l'ARN et des protéines, des enzymes déshydrogénases nécessaires pour la formation des acides aminés, du tryptophane qui est un précurseur d'auxine, du tryptophane nécessaire à la formation de l'acide indole acétique. Le bore disponible sous forme de borate H_3BO_3 avec une concentration moyenne dans les tissus de 20 ppm, il joue un rôle important dans la croissance des méristèmes et des racines, la migration des glucides, la synthèse des acides nucléiques, des protéines, des hormones végétales et de la lignine, la formation des graines et des parois cellulaires, favorise la floraison et la maturité des fruits. Le cuivre disponible sous forme d'ion Cu^{+2} avec une concentration moyenne dans les tissus de 3 à 10 ppm, il est requis dans les processus de photosynthèse, reproduction, respiration des plantes, transport des glucides et des protéines et dans la synthèse de la lignine, chlorophylle et des pigments, il sert aussi à l'intensification de la saveur et la couleur, la teneur en sucres des fruits et des légumes et la couleur des fleurs. et le Fer qui est un micro-élément immobile disponible sous forme de Fe^{2+} ou Fe^{3+} avec une concentration moyenne dans les tissus de 100 ppm, contribuant à la pigmentation et à la respiration des feuilles, la formation et le maintien de la chlorophylle, la formation et l'activation des enzymes (Uchida, 2000 ; Ronen, 2007 ; Hamdani, 2020).



CONCLUSION

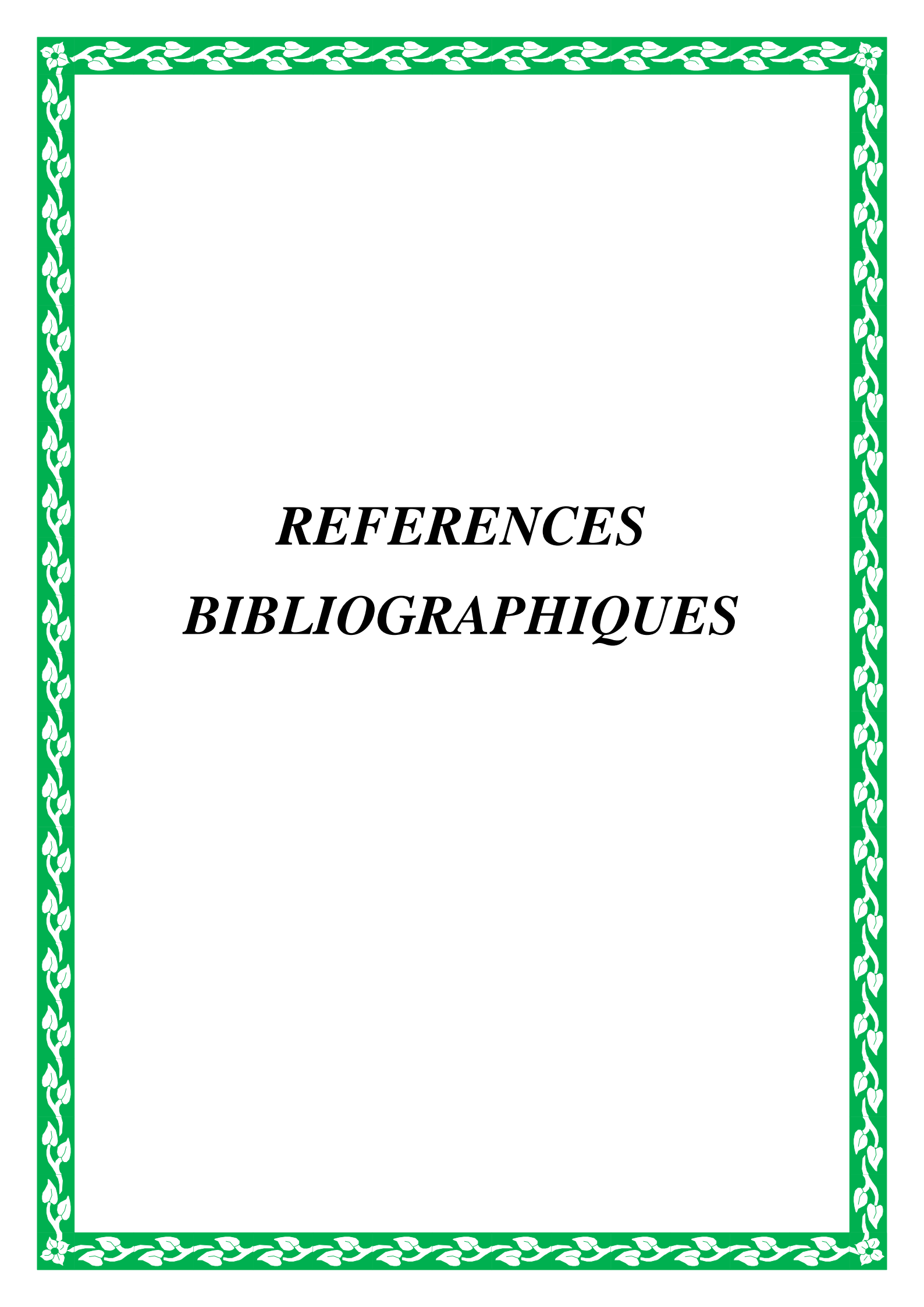
Conclusion

Dans ce travail, nous avons pu mettre en évidence l'effet de certains bio fertilisants (thé de vermicompost) sur La culture de pois

Les résultats d'application de thé de vermicompost à différents doses et modes d'application montrent qu'ils améliorent le poids des gousses, la longueur des plants et le nombre de feuilles des plants de pois

Les meilleurs résultats pour ces 3 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 %. avec un poids maximale de gousses de 17,292 g, une longueur maximale de plants de 110,4 cm et un nombre de feuilles maximale de 95,4 feuilles /plant.

Ces résultats montrent que le thé de vermicompost constitue une bonne alternative aux engrais chimiques.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbasi H., Akhtar A., Sharf R., 2015.** Vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi: A tool for sustainable agriculture. *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology.*, **5**: 40-49. doi: 10.3923/ajpnft.2015.40.49.
- Abdalla M.M., 2013.** The potential of *Moringa oleifera* extract as a biostimulant in enhancing the growth, biochemical and hormonal contents in rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa*) plants. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry.*, **5**: 42-49. doi: 10.5897/ijppb2012.026.
- Ahmad M., Nadeem S.M., Naveed M., Zahir Z.A., 2016.** Potassium-solubilizing bacteria and their application in agriculture. Potassium Solubilizing *Microorganisms in Sustainable Agriculture and Biotechnology* ., 293-313. doi: 10.1007/978-81-322-2776-2_21
- Akhtar M., Sarwar N., Ashraf A., Ejaz A., Ali S., Rizwan M., Science S., . 2020.** Beneficial role of *Azolla* sp. in paddy soils and their use as bioremediators in polluted aqueous environments: Implications and future perspectives. *Archives of Agronomy and soil science*, 1–14. doi :10.1080/03650340.2020.1786885
- Albiach R., Canet R., Pomares F., Ingelmo F., 2000.** Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology.*, **75**: 43-48. doi: 10.1016/s0960-8524(00)00030-4.
- Ali, S.M. Nishchke, L.F. Dube, A.J. Krause, M.R. et Cameron, B. 1978.** Selection of pea lines for resistance to pathotypes of *Ascochyta pinodes*, *A pisi* and *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*. *Aust J. Agric. Res.*, 29: 841-849.
- Ali A.M., Awad M.Y., Hegab S.A., Gawad A.M.A.E., Eissa M.A. 2021.** Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato. *Journal of Plant Nutrition.*, **44**: 411-420. doi :10.1080/01904167.2020.1822399
- Almaghrabi O.A., Abdelmoneim T., Albishri H.M., Moussa T.A., 2014.** Enhancement of maize growth using some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) under laboratory conditions. *Life Science Journal* ., **11**: 764-772.
- Anand K., Kumari B., Mallick M., 2016.** Phosphate solubilizing microbes: An effective and alternative approach as biofertilizers. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.*, **8**: 37-40.
- Antoun H., 2012.** Beneficial microorganisms for the sustainable use of phosphates in agriculture. *Procedia Engineering.*, **46**: 62-67.

- Apaolaza V., Hartmann P., D'Souza C., Lopez C.M., 2018.** Eat organic-feel good? The relationship between organic food consumption, health concern and subjective wellbeing. *Food Quality and Preference* ., **63**:51-62 .doi :10.1016/j.foodqual.2017.07.011.
- Arora N.K., Verma M., Mishra J.,2017.** Rhizobial bioformulations: Past, present and future. In:Mehnaz S. (eds) .Rhizotrophs: Plant Growth Promotion to BioremediationMicroorganisms for Sustainability, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, volume 2;pp: 69-99.
- Asoegwu C.R., Awuchi C.G., Nelson K., Orji C.G., Nwosu O.U., Egbufor U.C., Awuchi C.G.,2020.**A Review on the Role of Biofertilizers in reducing soil pollution and increasing soil nutrients. *Himalayan Journal of Agriculture*., **1**: 34-38.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D.,2001.** Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1), 11-20.
- Backer R., Rokem J.S., Ilangumaran G., Lamont J., Praslickova D., Ricci E., Subramanian., S., Smith D.L., 2018.** Plant growthpromoting rhizobacteria: Context, mechanisms of action, and roadmap to commercialization of biostimulants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science* ., **9**: 1473.doi :10.3389/fpls.2018.01473 .
- Bahadur I., Maurya B.R., Kumar A., Meena V.S., Raghuwanshi R., 2016.**Towards the soil sustainability and potassium-solubilizing microorganisms. In: Meena V., Maurya B.,Verma J.,Meena R. (eds).Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture, Springer, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 255-266.
- Bajji, M. Lutts, S. and Kinet, M. 1998.** Salt stress effect on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. And their cooresponding callus cultures. *Plant science*. 137-142.
- Barnawal D., Bharti N., Pandey S.S., Pandey A., Chanotiya C.S., Kalra, A.2017.** Plant growth-promoting rhizobacteria enhance wheat salt and drought stress tolerance by altering endogenous phytohormone levels and TaCTR1/TaDREB2 expression. *Journal of Plant Physiology*., **161**: 502-514. doi: 10.1111/ppl.12614.
- Baswana K.S.,Rana M.K. 2007.**Effect of organic sources and bio- fertilizers on growth and yield of garden pea (*Pisum sativum* L.). *Haryana Journal of HorticulturalSciences*., **36 (3/4)**: 326-330.
- Behera S ., Jyotirmayee B., UMandal., A Mishra., Mohanty P., Mahalik G.,2022.**Effect of Organic Fertilizer on Growth, Yield and Quality of *Pisum sativum* L.A Review. *Ecology, Environment and Conservation*., **28** : 233-241.doi: 10.3923/sjsres.2020.327.335.

- Beneduzi A., Ambrosini A., Passaglia L.M., 2012.** Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genetics and Molecular Biology* ., **35**:1044-1051. doi: 10.1590/s1415-47572012000600020.
- Benfatto D., Matteo R., Di Franco F., San Lio R.M., Ugolini L., Lazzeri L., 2015.** The use of bio-based liquid formulations in pest control of citrus groves. *Industrial Crops and Products* ., **75**:42-47 .doi: 10.1016/j.indcrop.2015.05.039.
- Benidire, L. Daoui, K. Fatemi, Z.A. Achouak, W. Bouarab, L. Et Oufdou, K. 2015.** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *J Mater Environ. Sci* 6 (3): 800-851.
- Bernal M.P., Paredes C., Sánchez-Monedero M.A., Cegarra J. 1998.** Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*., **63**:91-99. doi :10.1016/S0960-8524(97)00084-9.
- Bharti N., Yadav D., Barnawal D., Maji D., Kalra A., 2013.** *Exiguobacterium oxidotolerans*, a halotolerant plant growth promoting rhizobacteria, improves yield and content of secondary metabolites in *Bacopa monnieri* (L.) Pennell under primary and secondary salt stress. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*., **29**: 379-387. doi :10.1007/s11274-012-1192-1
- Bhosale H., Kadam T., Bobade A., 2013.** Identification and production of *Zotobacter vinelandii* and its antifungal activity against *Fusarium oxysporum*. *Journal of Environmental Biology*., **34**: 177-182.
- Board N., 2004.** The Complete Technology Book on Bio-Fertilizer and Organic Farming; National Institute of Industrial Research, Delhi, India, 620 p.
- Bocchi S., Malgioglio A., 2010.** *Azolla-Anabaena* as a biofertilizer for rice paddy fields in the Po Valley, a temperate rice area in Northern Italy. *International Journal of Agronomy*., 1-5. doi:10.1155/2010/152158.
- Bothe H., Schmitz O., Yates M.G., Newton W., 2010.** Nitrogen fixation and hydrogen metabolism in cyanobacteria. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*., **74**: 529-551. doi :10.1128/MMBR.00033-10.
- Bovey, R.. 1972.** La défonce des plantes cultivées -Ed. Payot, Lausanne, 863p. **-Bozsik A., 1996.** Studies on aphicidal efficiency of different stinging nettle extracts. *Anz. Schadlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* ., **69**:21-22 .doi: 10.1007/BF01905863.
- Brahmaprakash G., Sahu P.K., 2012.** Biofertilizers for sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science*., **92**:37-62.

- Broughton, W.J. et Dilworth, M.J. 1971.** Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. *Biochemistry Journal*, 125: 1075-1080.
- Bücking H., Liepold E., Ambilwade P.,2012.**The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. *Plant Science* ,4: 108-132.doi:10.5772/52570.
- Bumandalai O., Tserennadmid R. 2019.**Effect of *Chlorella vulgaris* as a biofertilizer on germination of tomato and cucumber seeds.*international Journal of Aquatic Biology.*,7: 95-99.doi: 10.22034/ijab.v7i2.582
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W.,2014.** Agricultural uses of plant biostimulants.*Plant and Soil.*,383(1-2), 3-41. doi:10.1007/s11104-014-2131-8
- Chang, C.H., Yang S.S., 2009.**Thermo-tolerant phosphate-solubilizing microbes for multi-functional biofertilizer preparation.*Bioresource Technology.*, 100: 1648-1658. doi: 10.1016/j.biortech.2008.09.009
- Chittora D., Meena M., Barupal T., Swapnil P., Sharma K., 2020.** Cyanobacteria as a source of biofertilizers for sustainable agriculture.*Biochemistry and Biophysics Reports* ., 22:100737.doi :10.1016/j.bbrep.2020.100737.
- Choudhury A., Kennedy I., 2004.**Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. *Biology and Fertility of Soils.*,39:219-227. doi :10.1007/s00374-003-0706-2
- Collard, B.C.Y. Jahufer, M.Z.Z. Brouwer, J.B. Pang, E.C.K. 2005.** An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement : the basic concepts. *Euphytica*, 142: 169-196.
- Dabrowski Z.T., Sereczynska U., 2007.** Characterisation of the Two-Spotted Spider Mite (*Tetranychus Urticae* Koch, Acari: Tetranychidae)Response to Aqueous Extracts from Selected Plant Species. *Journal of Plant Protection Research.*,47: 113-124.
- Datta A., Singh R.K., Tabassum S., 2015.**Isolation, characterization and growth of Rhizobium strains under optimum conditions for effective biofertilizer production.*International Journal of Pharmaceutical Sciences.*,32: 199-208.
- De Vasconcellos R.L.F., Cardoso E.J.B.N., 2009.**Rhizospheric *streptomycetes* as potential biocontrol agents of *Fusarium* and *Armillaria* pine rot and as PGPR for *Pinus taeda*.*Biocontrol.*,54: 807-816. doi :10.1007/s10526-009-9226-9.
- Deepali et Gangwar,2010;
DeLuca et al., 2019).

- Deore G.B., Limaye A.S., Shinde B.M., Laware S.L., 2010.**Effect of Novel Organic Liquid Fertilizer on Growth and Yield in Chilli (*Capsicum annum* L.).*Asian journal of experimental biological sciences.*,**1**: 15-19.doi :10.13005/bbra/2434.
- Deulvot, C. Charrel, H. Marty, A. Jacquin, F. Donnadieu, C. Lejeune-Hénaut, I. Burstin, J. Auber, T.G. 2010.** Highly-multiplexed SNP genotyping for genetic mapping and germplasm diversity studies in pea BMC Genomic, 11: 468.
- Din M., Nelofer R., Salman M., Khan F.H., Khan A., Ahmad M., Jalil F., Din J.U., KhanM.,2019.** Production of nitrogen fixing *Azotobacter* (SR-4) and phosphorus solubilizing *Aspergillus niger* and their evaluation on *Lagenaria siceraria* and *Abelmoschus esculentus*. *Biotechnology Reports* .,**22**, e00323. doi :10.1016/j.btre.2019.e00323.
- Douds D.D., Gadkar V., Adholeya A., 2000.** In: Mukerji K.G.,Chamola B.P., Singh J. (eds) .Mass production of VAM fungus biofertilizer. In Mycorrhizal Biology; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 197-215.
- Dutta S. ,Singh M.S., 2002.** Mustard and Rapeseed response to *Azotobacter* .*Indian Journal Hill Farming* .,**15**: 44-46 .
- Dwivedi S., Sangeeta G.R., Gopal R., 2015.** Role of mycorrhizae as biofertilizer and bioprotectant.*International Journal of Pharmacy and Biological Sciences.*, **6**: 1014-1026.doi:10.3389/ffunb.2022.723892.
- Edwards, C.A. and Arancon, N.Q. (2004).** Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. CRC Press.
- Ekholm P., Reinivuo H., Mattila P., Pakkala H., Koponen J., Happonen A., Hellstrom, J., Ovaskainen M.L. 2007.**Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland.*Journal of Food Composition and Analysis* ., **20**: 487-495. doi :10.1016/j.jfca.2007.02.007
- Eklund E., 1970** .Secondary effects of some *Pseudomonads* in the rhizosphere of peat grown cucumber plant. Suppl. *Acta Agriculturae Scandinavica.*, **3**: 613.
- El-Halfawi M., Ibrahim S., Kandil H., Niculita M., Rusu C., 2010.**Influence of elemental sulphur, organic matter, sulfur oxidizing bacteria and cabronite alone or in combination on cowpea plants and the used soil. *Factori Procese Pedogenetice Zona Temperatã 9 S. nouã*, 13–29.
- El-Komy H., 2005.**Coimmobilization of *Azospirillum lipoferum* and *Bacillus megaterium* for successful phosphorus and nitrogen nutrition of wheat plants.*FoodTechnology and Biotechnology* ., **43**: 19-27.

- Essa A.M., Ibrahim W.M., Mahmud R.M., ElKassim N.A.,2015.**Potential impact of cyanobacterial exudates on seed germination and antioxidant enzymes of crop plant seedlings.*International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*,**4**:1010-1024.
- Etesami H., Emami S., Alikhani H.A., 2017.** Potassium solubilizing bacteria (KSB): Mechanisms, promotion of plant growth, and future prospects A review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**17**:897-911.doi:10.4067/S0718-95162017000400005 .
- Fan C., 1992.**The Biological Nitrogen Fixation Systems Adopted in Rice Paddy Fields in China. In: Hong G.F. (eds) . The Nitrogen Fixation and Its Research in China; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 423-437.
- Ferdaous, M. 2005.** Amélioration génétique de quelques génotypes de pois protéagineux. Universitaires Européennes. France, 91p.
- Flores-Félix J.D., Menéndez E., Rivera L.P., Marcos-García M., Martínez-Hidalgo P.,Mateos P.F., Martínez-Molina E.,Velázquez M.D.L.E., García-Fraile P., Rivas R., 2013.**Use of *Rhizobium leguminosarum* as a potential biofertilizer for *Lactuca sativa* and *Daucus carota* crops.*Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*,**176**: 876-882. doi :10.1002/jpln.201300116.
- Fondevilla, S. Kuter, H. Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011.** Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. *BMC Genomics*, 13: 12 -28.
- Galindo F.S., Teixeira Filho M.C.M., Buzetti S., Rodrigues W.L., Fernandes G.C., Boleta E.H.M., Neto M.B.,De Azambuja Pereira, M.R.; Rosa, P.A.L.; Pereira, Í.T.2020.**Influence of *Azospirillum brasilense* associated with silicon and nitrogen fertilization on macronutrient contents in corn.*Open Agriculture.*, **5**: 126-137.doi:10.1515/opag-2020-0013
- Gerber, H.S. 1983**Major Insect and Allied Pests of Vegetables in British Columbia. British Columbia Minist. Agric. Food Pulb., 83-7. 69pp.
- Godlewska K., Biesiada A., Michalak I., Pacyga P. 2019.** The Effect of Plant-Derived Biostimulants on White Head Cabbage Seedlings Grown under Controlled Conditions.*Sustainability.*,**11(19)**:5317. doi:10.3390/su11195317
- Goteti P.K.; Emmanuel, L.D.A., Desai, S., Shaik, M.H.A.,2013.**Prospective zinc solubilising bacteria for enhanced nutrient uptake and growth promotion in maize (*Zea mays* L.).*International Journal of Microbiology*, 1–7. doi :10.1155/2013/869697

- Graham R.D., 2008.** Micronutrient deficiencies in crops and their global significance. In Alloway, B.J. (eds). *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 41-61.
- Gupta G., Panwar J., Akhtar M.S., Jha P.N., 2012.** Endophytic nitrogen-fixing bacteria as biofertilizer. In: Lichtfouse E. (eds). *Sustainable Agriculture Reviews*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp. 183-221.
- Hamdani F. Z, 2020.** Nutrition minérale et maladies physiologiques des plantes Première édition Al-Kafi Publishing, Distribution & Translation, Algérie. 84 pp.
- Hartmann M., Frey B., Mayer J., Mäder P., Widmer F. 2015.** Distinct soil microbial diversity under long-term organic and conventional farming. *ISME Journal.*, **9**:1177-1194. doi :10.1038/ismej.2014.210.
- Hasan M.A., 2020.** Cyanobacteria from Rice Field and Comparative Study of Their Performances as Biofertilizer on Rice Plants. *Journal of Global Biosciences.*, **9**:8078-8087. doi :10.1016/j.bbrep.2020.100737
- Hayat S., Ahmad H., Ali M., Hayat K., Khan M.A., Cheng Z.H. 2018.** Aqueous garlic extract as a plant biostimulant enhances physiology, improves crop quality and metabolite abundance, and primes the defense responses of receiver plants. *Applied Sciences.*, **8(9)**:1505. doi: 10.3390/app8091505.
- Henri F., Laurette N.N., Annette D., John Q., Wolfgang M., Franccedil E., Dieudonne N., 2008.** Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. *African Journal of Microbiology Research.*, **2**:171-178. doi :10.5897/AJMR.9000660.
(Holwach *et al*, 1982)
- Hussain A., Zahir Z.A., Asghar H.N., Ahmad M., Jamil M., Naveed M., Akhtar M.F.U.Z. 2018.** Zinc solubilizing bacteria for zinc biofortification in cereals: A step toward sustainable nutritional security. In: Meena V. (eds) *Role of Rhizospheric Microbes in Soil*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 203-227.
- Hussain A., Zahir Z.A., Ditta A., Tahir M.U., Ahmad M., Mumtaz M.Z., Hayat K., Hussain, S. 2020.** Production and implication of bio-activated organic fertilizer enriched with zinc-solubilizing bacteria to boost up maize (*Zea mays* L.) production and biofortification under two cropping seasons. *Agronomy* , **10**, 39. doi :10.3390/agronomy10010039.
- Ilyas N., Mumtaz K., Akhtar N., Yasmin H., Sayyed R., Khan W., Enshasy H.A.E., Dailin D.J., Elsayed E.A., Ali Z. 2020.** Exopolysaccharides Producing Bacteria for the Amelioration of Drought Stress in Wheat. *J Sustain.*, **12**, 8876. doi :10.3390/su12218876.

- Isawa T., Yasuda M., Awazaki H., Minamisawa K., Shinozaki S., Nakashita H.2009.** *Azospirillum* sp. strain B510 enhances rice growth and yield. *Microbes and environments.*,**25(1)**:58-61.doi: 10.1264/jsme2.me09174.
- Islam S., Akanda A.M., Prova A., Islam M.T., Hossain M.M., 2016.** Isolation and identification of plant growth promoting rhizobacteria from cucumber rhizosphere and their effect on plant growth promotion and disease suppression.*Frontiers in Microbiology.*,**6**: 1360.
- Itelima J., Bang W., Onyimba I., Oj E., 2018.** A review: Biofertilizer; a key player in enhancing soil fertility and crop productivity. *Journal of Microbiology and Biotechnology Reports.*,**2**: 22-28.doi:10.26765/drjafs.2018.4815.
- Jaipaul S.S., Dixit A.K.,Sharma A.K., 2011.**Growth and yield of capsicum (*Capsicum annum*) and garden pea (*Pisum sativum*) as influenced by organic manures and biofertilizers. *Indian Journal of Agricultural Sciences .*, **81(7)**: 637-42.
- Jang J.H., Woo S.Y., Kim S.H., Khaine I., Kwak M.J., Lee H.K., Lee T.Y., Lee W.Y. ,2017.** Effects of increased soil fertility and plant growth-promoting rhizobacteria inoculation on biomass yield, energy value, and physiological response of poplar in short-rotation coppices in a reclaimed tideland: A case study in the Saemangeumarea of Korea. *Journal of Biomass .*,**107**: 29-38.doi:10.1016/j.biombioe.2017.09.005.
- Jannoura R., Joergensen R.G.,Bruns C. 2014.**Organic fertilizer effects on growth, crop yield, and soil microbial biomass indices in sole and intercropped peas and oats under organic farming conditions. *European Journal of Agronomy.*, **52**: 259-270.doi: 10.1016/j.eja.2013.09.001.
- Jha Y., 2017.** Potassium mobilizing bacteria: Enhance potassium intake in paddy to regulates membrane permeability and accumulate carbohydrates under salinity stress.*Brazilian Journal of Biological Sciences .*,**4**:333-344. doi: 10.21472/bjbs.040812
- Kabir, A.H. Paltridge, N.G. Able, A.J. Paull, J.G. Stangoulis, J.C. 2012.** Naturel variation for Fe-efficiency is associated with upregulation of Strategy I mechanisms and enhanced citrate and ethylene synthesis in *Pisum sativum L.* *Planta*, 235: 1409-1419.
- Kalayu G.,2019.** Phosphate solubilizing microorganisms: Promising approach as biofertilizers. *International Journal of Agronomy*, 1-7. doi :10.1155/2019/4917256
- Kamran S., Shahid I., Baig D.N., Rizwan M., Malik K.A., Mehnaz S., 2017.**Contribution of zinc solubilizing bacteria in growth promotion and zinc content of wheat.*Frontiers in Microbiology.*,**8**: 2593.doi :10.3389/fmicb.2017.02593

- Kavipriya R., Dhanalakshmi P.K., Jayashree S., Thangaraju N., 2011.** Seaweed extract as a biostimulant for legume crop, green gram. *Journal of Ecobiotechnology.*,**3**: 16-19.doi: 10.1515/chem-2015-0132
- Kavitha, B. and Kumar, R.,2013.** Vermicompost tea: an effective tool for sustainable agriculture-a review. *International Journal of Research in Agricultural Sciences*, 1(1), 1-5.
- Kekane S.S., Chavan R.P., Shinde D.N., Patil C.L., Sagar S.S.,2015.** A review on physico-chemical properties of soil. *International Journal of Chemical Studies.*, **3(4)**: 29-32.
- Khan M.S., Zaidi A.,Wani P.A., 2007.** Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture A review. *Agronomy for Sustainable Development.*,**27**:29-43. doi:10.1051/agro:2006011
- Khan N., Bano A., 2016.**Role of plant growth promoting *rhizobacteria* and Ag-nano particle in the bioremediation of heavy metals and maize growth under municipal wastewater irrigation. *International Journal of Phytoremediation.*, **18**: 211-221. doi: 10.1080/15226514.2015.1064352.
- Kim M.J., Shim C.K., Kim Y.K., Hong, S.J., Park J.H., Han E.J., Kim J.H., Kim S.C.2015.**Effect of aerated compost tea on the growth promotion of lettuce, soybean, and sweet corn in organic cultivation. *Plant Pathology journal* ., **31**: 259-268.doi: 10.5423/ppj.oa.02.2015.0024
- Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011.** Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. *BMC Genomics*, 13: 12-28.
- Kumar A., Dewangan S., Lawate P., Bahadur I., Prajapati S., 2019.**Zinc-Solubilizing Bacteria: A Boon for Sustainable Agriculture. In:Sayed R.,Arora N.,Reddy M. (eds) . *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 139-155.
- Kumar S., Sharma M. K. 2015.**Effect of zinc and farmyard manure on yield and nutrient content of Vegetable Pea (*Pisum sativum* L.).*Progressive Horticulture.*,**47 (1)**: 112-115.doi : 10.5958/2249-5258.2015.00019.6
- Kumari B., Mallick M., Hora A.,2016,**Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential for development of sustainable agriculture. *Bioexploitation of sustainable agriculture.*1-19.
- Lafrenchis, T. 2003.** Les papillons de jour-Coll. Parthénope, Ed. Biotope, Mèze 448p.

- Larney F.J., Janzen H.H, Olson A.F.,2011.**Residual effects of one-time manure, crop residue and fertilizer amendments on a desurfaced soil.*Canadian Journal of Soil Science.*,**91**:1029-1043. doi : 10.4141/cjss10065.
- Laundon, G.F. et Waterston, J.M. 1965.** *Uromyces viciae-fabae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 60. Commonw. Mycol. Inst, Kew, Surrey, Angleterre, 2pp.
- Leite R.D.C., Dos Santos J.G.,Silva E.L., Alves C.R., Hungria M., Leite R.D.C., Dos SantosA.C., 2019.**Productivity increase, reduction of nitrogen fertiliser use and drought-stress mitigation by inoculation of Marandu grass (*Urochloa brizantha*) with *Azospirillum brasilense*.*Crop and Pasture Science* ., **70(1)**: 61-67.doi: 10.1071/cp18105.
- Lori M., Synnyczik S., Mäder P., De Deyn G., Gattinger A., 2017.**Organic farming enhances soil microbial abundance and activity-A meta-analysis and meta-regression. *PloS one*. **12 (7)**: e0180442.doi : 10.1371/journal.pone.0180442.
- Loridon, K. McPhee, K. Morin, J. Dubreuil, P. Pilet-Nayel, M.L. Aubert, G. Rameau, C. Baranger, A. Coyne, C. Lejeune-Hènaut, I. Burstin, J. 2005.** Microsatellite merker polymorphism and mapping in pea (*Pisum sativum* L.). *Theor Appl Genet*, 111: 1022-1031.-
- Mabrouk Y., Hemissi I., Salem I.B., Mejri S., Saidi M., Belhadj O. 2018.**Potential of rhizobia in improving nitrogen fixation and yields of legumes.*Symbiosis*: 107-122. doi: 10.5772/intechopen.73495.
- Mahdi S.S., Hassan G., Samoon S., Rather H., Dar S.A., Zehra B., 2010.**Bio-fertilizers in organic agriculture.*Journal of Phytology.*, **2**: 42-54.
- Marathe et Chaudhari ,1975 ;
- Mayak S., Tirosch T., Glick B.R.,2004.** Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry* .,**42**: 565-572. doi: 10.1016/j.plaphy.2004.05.009.
- Meena V.S., Maurya B., Verma J.P., 2014.** Does a rhizospheric microorganism enhance K⁺ availability in agricultural soils? *Microbiological Research.*,**169**: 337-347. doi :10.1016/j.micres.2013.09.003
- Meena V.S., Mishra P.K., Bisht J.K., Pattanayak A. 2017.** Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Applications in Crop Production and Protection; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; Volume 2,356p.
- Melero S., Madejón E., Ruiz J.C., Herencia J.F.2007.** Chemical and biochemical properties of a clay soil under dryland agriculture system as affected by organic fertilization. *European Journal of Agronomy.*,**26**:327-334. doi:10.1016/j.eja.2006.11.004.

- Menendez E., Garcia-Fraile P.,2017.Plant probiotic bacteria: Solutions to feed the world. *AIMS Microbiology*, **3**, 502.doi: 10.3934/microbiol.2017.3.502
Mia et Shamsuddin,2010).
- Michael P.S.2020. Roles of *Leucaena leucocephala* on sandy loam soil pH, bulk density, water-holding capacity and carbon stock under humid lowland tropical climatic conditions. *Bulgarian Journal of Soil Science.*,**4**:33-45. doi: 10.5281/zenodo.3250845
- Michael P.S.,2021.Role of organic fertilizers in the management of nutrient deficiency, acidity, and toxicity in acid soils a review. *Journal of Global Agriculture and Ecology.*,**12(3)**: 19-30.
- Mirecki N., Wehinger T.W., Repiřc P.,2011. Additional fertilizers and soil improvers. In: Mirecki, N.,Wehinger, T., Repiřc, P(Eds). Manual for Organic Production, Biotehniřki Fakultet: Podgorica, Montenegro, pp: 26-34.
- Mishra U., Pabbi S., 2004. Cyanobacteria: A potential biofertilizer for rice. *Resonance.*,**9**:6-10. doi :10.3389/fmicb.2016.00529Mohamed *et al.*, 1983).
- Nabti E., Jha B., Hartmann A., 2017. Impact of seaweeds on agricultural crop production as biofertilizer.*International Journal of Environmental Science and Technology.*,**14**: 1119-1134. doi: 10.1007/s13762-016-1202-1.
- Nakamura, Y. Sato, S. Kaneko, T. Asamizu, E. Kato, T. Nakao, M. Sasamoto, S. Watanabe, A. One, A. Kawashima, K. Fujishiro, T. 2008. Genome structure of the legume. *Lotus japonicus DNA Res*, **15**: 227-239.-Naz I., Ahmad H., Khokhar S.N., Khan K.,Shah A.H. 2016.Impact of zinc solubilizing bacteria on zinc contents of wheat.*American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences .*, **16**: 449-454.doi: 10.5829/idosi.aejaes.2016.16.3.12886
- Nezarat S., Gholami A., 2009.Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving seed germination, seedling growth and yield of maize. *Pakistan Journal of Biological Sciences .*,**12**: 26. doi: 10.3923/pjbs.2009.26.32.
- Niu X., Song L., Xiao Y., Ge W., 2018.Drought-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria associated with foxtail millet in a semi-arid agroecosystem and their potential in alleviating drought stress. *Frontiers in Microbiology.*,**8**, 2580. doi:10.3389/fmicb.2017.02580.
- Nosheen S., Ajmal I.,Song Y., 2021.Microbes as Biofertilizers, aPotential Approach for SustainableCrop Production.*Sustainability .*,**13**,1868.doi:10.3390.
- Nxumalo K.A., Masarirambi M.T., Wahome P.K.,Zwane M.,Fadiran A.O., 2019. Effects of Organic Fertilizers on Growth, Yield and Nutritional Content of Snow Peas (*Pisum sativum* var. *saccharatum*).*Uneswa Journal of Agriculture.*, **20** : 22-28.

- Nygaard Sorensen, J.; Thorup-Kristensen, K. 2011.** Plant-based fertilizers for organic vegetable production. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*, **174**: 321-332. doi :10.1002/jpln.200900321.
- Oliveira I.J., Fontes J.R.A., Pereira B.F.F., Muniz A.W., 2018.** Inoculation with *Azospirillum brasiliense* increases maize yield. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture.*, **5**:1-9. doi :10.1186/s40538-018-0118-z.
- Ordookhani K., Sharafzadeh S., Zare M., 2011.** Influence of PGPR on growth, essential oil and nutrients uptake of sweet basil. *Advances in Environmental Biology.*, **5**:672-677.
- Pandey S., Ghosh P.K., Ghosh S., De T.K., Maiti T.K., 2013.** Role of heavy metal resistant *Ochrobactrum* sp. and *Bacillus* spp. Strains in bioremediation of a rice cultivar and their PGPR like activities. *Journal of Microbiology.*, **51**:11-17. doi: 10.1007/s12275-013-2330-7.
- Park K.H., Lee C.Y., Son H.J., 2009.** Mechanism of insoluble phosphate solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities. *Letters in Applied Microbiology*, **49**: 222-228. doi: 10.1111/j.1472-765X.2009.02642.x.
- Patel D., Goswami D., 2020.** Phosphorus Solubilization and Mobilization: Mechanisms, Current Developments, and Future Challenge. In Yadav A., Rastegari A., Yadav N., Kour D (eds). *Advances in Plant Microbiome and Sustainable Agriculture*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 1-20.
- Patel D., Goswami D., 2020.** Phosphorus Solubilization and Mobilization: Mechanisms, Current Developments, and Future Challenge. In Yadav A., Rastegari A., Yadav N., Kour D (eds). *Advances in Plant Microbiome and Sustainable Agriculture*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 1-20.
- Pathak D., Kumar M., Rani K., 2017.** Biofertilizer application in horticultural crops. In *Microorganisms for Green Revolution*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 215-227.
- Pourbabaee A.A., Koohbori Dinekaboodi S., Seyed Hosseini H.M., Alikhani H.A., Emami S., 2020.** Potential application of selected sulfur-oxidizing bacteria and different sources of sulfur in plant growth promotion under different moisture conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* ., **51**: 735-745. doi :10.1080/00103624.2020.1729377.
- Pousset J., 2011.** Engrais verts et fertilité des sols ,Principes agronomiques, Pratiques agricoles , Productions végétales et grandes cultures, Agriproduction, Editions France Agricole, 3^{eme} édition, France, 398pp.

- Prabhu N., Borkar S., Garg S., 2019. Phosphate solubilization by microorganisms: Overview, mechanisms, applications and advances. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* ., 161-176. doi: 10.1016/b978-0-12-817497-5.00011-2
- Prajapati K., Modi H., 2012. The importance of potassium in plant growth-a review. *Indian Journal of Plant Sciences*.,1: 177-186.
- Pramanik P., Goswami A., Ghosh S., Kalita C., 2019. An indigenous strain of potassium-solubilizing bacteria *Bacillus pseudomycooides* enhanced potassium uptake in tea plants by increasing potassium availability in the mica waste-treated soil of North-east India. *Journal of Applied Microbiology* ., 126: 215-222. doi.org/10.1111/jam.14130.
- Prioul, S. Frankewitz, A. Deriot, G. Morin, G. Baranger, A. 2004. Mapping of quantitative trait loci for resistance to *Mycosphaerella pinodes* in pea (*Pisum sativum*), at the seedling and adult plant stage. *Theor Appl Genet*, 108: 1322-1344.
- Qiu Y.L., Yu J., 2003. *Azolla* a model organism for plant genomic studies. *Journal of Genomics, Proteomics and Bioinformatics*.,1: 15-25. doi: 10.1016/S1672-0229(03)01004-0
- Raghuwanshi, R., 2012. Opportunities and challenges to sustainable agriculture in India. *Nebio* .,3: 78-86.
- Rai S., Shukla N., 2020. Biofertilizer: An Alternative of Synthetic Fertilizers. *Journal of Plant Archives* .,20: 1374-1379.
- Ramakrishnan B., Maddela N.R., Venkateswarlu K., Megharaj M., 2021. Organic farming: Does it contribute to contaminant-free produce and ensure food safety?. *Science of the Total Environment* .,769: 145079. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.145079.
- Ramesh P., Singh M., Roa A.S. 2005. Organic Farming: Its relevance to the Indian Context. *Current Science*.88 (4) : 561-568. doi :10.1093/fqsafe/fyaa018.
- Raynaud, X., Nunan N., 2014. Spatial ecology of bacteria at the microscale in soil. *PLoS ONE*, 9, e87217. doi: 10.1371/journal.pone.0087217. g001 Reed et al., 2011;
- Reganold J.P. Wachter J.M., 2016. Organic Agriculture in the Twenty First Century. *Nature Plants*.2(2):1-8. doi :10.1038/nplants.2015.221
- Reganold J.P., 1995. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems: A review. *American Journal of Alternative Agriculture*.,10(1): 36-45. doi:10.1017/S088918930000610X.
- Rangasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *J Exp Bot.*, 57: 1017-1023.
- Revillas J., Rodelas B., Pozo C., Martínez-Toledo M., González-López J., 2000. Production of B-group vitamins by two *Azotobacter* strains with phenolic compounds as

sole carbon source under diazotrophic and adiazotrophic conditions. *Journal of Applied Microbiology.*, **89**: 486-493. doi: 10.1046/j.1365-2672.2000.01139.x.

-Riaz U., Mehdi S.M., Iqbal S., Khalid H.I., Qadir A.A., Anum W., Ahmad, M., Murtaza G., 2020. Bio-fertilizers: Eco-Friendly approach for plant and soil environment. In .Hakeem, K., Bhat R., Qadri H. (eds). *Bioremediation and Biotechnology*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp:189-213.

-Rivera M.C., Wright E.R., Salice S., Fabrizio M.C. 2012. Effect of plant preparations on lettuce yield. *Acta Horticulturae.*, **933**: 173-179. doi :10.17660/actahortic.2012.933.20.

-Romero-Perdomo F., Abril J., Camelo M., Moreno-Galván A., Pastrana I., Rojas-Tapias D., Bonilla R., 2017. *Azotobacter chroococcum* as a potentially useful bacterial biofertilizer for cotton (*Gossypium hirsutum*): Effect in reducing N fertilization. *Revista Argentina de Microbiología*, **49**: 377-383. doi :10.1016/j.ram.2017.04.006

-Ronen E., 2007. Micro-elements in agriculture micro-elements in agriculture the importance of micro-elements. *Practical Hydroponics & Greenhouses .*, **39** :40-48

-Ronga D., Biazzi E., Paratu K., Carminati D., Carminati E., Tava A., 2019. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Agronomy.*, **9(4)**:192. doi : 10.3390/agronomy9040192.

-Roos E., Mie A., Wivstad M., Salomon E., Johansson B., Gunnarsson S., Wallenbeck A., Hoffmann R., Nilsson U., Sundberg C., Watson C.A. 2018. Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development.*, **38** (2): 1-21. doi : 10.1007/s13593-018-0489-3.

-Rubio-Canalejas A., Celador-Lera L., Cruz-González X., Menéndez E., Rivas R., 2016. *Rhizobium* as potential biofertilizer of *Eruca Sativa*. In Radicetti E (eds). *Biological Nitrogen Fixation and Beneficial Plant-Microbe Interaction*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 213-220.

-Sadhana B., 2014. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) as a biofertilizer-a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.*, **3**: 384-400. doi :10.3389/fmicb.2015.01559.

-Sahoo R.K., Ansari M.W., Dangar T.K., Mohanty S., Tuteja N. 2014. Phenotypic and molecular characterisation of efficient nitrogenfixing *Azotobacter* strains from rice fields for crop improvement. *Protoplasma.*, **251**: 511-523. doi: 10.1007/s00709-013-0547-2.

-Sammauria R., Kumawat S., Kumawat P., Singh J., Jatwa T.K., 2020. Microbial inoculants: Potential tool for sustainability of agricultural production systems. *Archives of Microbiology*, **202**: 677-693. doi:10.1007/s00203-019-01795-w.

- Sara S., Morad M., Reza C.M., 2013.** Effects of seed inoculation by *Rhizobium* strains on chlorophyll content and protein percentage in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Biosciences* ., **3**: 1-8. doi : 10.12692/ijb/3.3.1-8.
- Sayyed R., Patel P., Shaikh S., 2015.** Plant growth promotion and root colonization by EPS producing *Enterobacter* sp. RZS5 under heavy metal contaminated soil. *Indian Journal of Experimental Biology*.,**53**: 116-123
- Setiawati M.R., Damayani M., Herdiyantoro D., Suryatmana P., Anggraini D., Khumairah F.H., 2018.** The application dosage of *Azolla pinnata* in fresh and powder form as organic fertilizer on soil chemical properties, growth and yield of rice plant. AIP Conf. Proc., 1927, 030017.
- Sharma S.B., Sayyed R.Z., Trivedi M.H., Gobi T.A., 2013.** Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springer Plus*, **2**: 587. doi:10.1186/2193-1801-2-587.
- Sharma N.K., Tiwari S.P., Tripathi K., Rai A.K., 2011.**Sustainability and cyanobacteria (blue-green algae): Facts and challenges. *Journal of Applied Phycology*., **23**: 1059-1081. doi:10.1007/s10811-010-9626-3
- Sindhu S., Parmar P., Phour M., Sehrawat A.,2016.**Potassium-solubilizing microorganisms (KSMs) and its effect on plant growth improvement. In .Meena V., Maurya B., Verma J., Meena R. (eds). Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 171-185.
- Singh J.S., Kumar A., Rai A.N., Singh D.P., 2016.** Cyanobacteria: A precious bio-resource in agriculture, ecosystem, and environmental sustainability. *Frontiers in Microbiology*.,**7**: 529.
- Skonieski F.R., Viégas J., Martin T.N., Nörnberg J.L., Meinerz G.R., Tonin, T.J.,Bernhard P., Frata M.T. 2017.**Effect of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization rates on maize plant yield and silage quality. *Brazilian Journal of Animal Science* .,**46**: 722-730. doi :10.1590/S1806-92902017000900003.
- Slama, F. 1998.** Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed centre de diffusion Universitaire Tunisie : 300p.
- Somers E., Ptacek D., Gysegom P., Srinivasan M., Vanderleyden J. 2005.***Azospirillum brasilense* produces the auxin-like phenylacetic acid by using the key enzyme for indole-3-acetic acid biosynthesis. *Applied and Environmental Microbiology* .,**71(4)**:1803-1810. doi: 10.1128/AEM.71.4.1803-1810.2005.

- Sugumaran P., Janarthnam B.,2007.**Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. *World Journal of Agriculture and Soil Science.*,**3**: 350-355.doi :10.1016/j.aaspro.2016.02.134
- Sullia S.,1991.**Use of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) as biofertilizer for horticultural plants in developing countries. In:Prakash J., Pierik R.L.M. (eds). *Horticulture New Technologies and Applications*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp: 49-53.
- Surekha F.E., Cantrell C.L., Duke S.O.,2009.**Natural products in crop protection.*Bioorganic & Medicinal Chemistry .*, **17**: 4022-4034. doi: 10.1016/j.bmc.2009.01.046.
- Suthar H., Hingurao K., Vaghashiya J., Parmar J., 2017.** Fermentation: A process for biofertilizer production. In :Panpatte D., Jhala Y., Vyas R., Shelat, H. (eds). *Microorganisms for Green Revolution*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany;pp: 229-252.
- Tahir H.A., Gu Q., Wu H., Raza W., Hanif A., Wu L., Colman M.V., Gao X.,2017.**Plant growth promotion by volatile organic compounds produced by *Bacillus subtilis* SYST2.*Frontiers in Microbiology.*, **8**: 171. doi :10.3389/fmicb.2017.00171.
- Tale K. S., Ingole S.,2015.**A Review on Role of Physico-Chemical Properties in Soil Quality.*Chemical Science Review and Letters.*,**4(13)**:57-66.
- Tavallali D., Zabranska J., 2015.**Sulfur-oxidizing bacteria in environmental technology.*Biotechnology Advances.*,**33**: 1246-1259.doi:10.1016/j.biotechadv.2015.02.007
- Tekle-Haimanot, A., Doku E., 1995.**Comparison of *Azolla mexicana* and N and P fertilization on paddy taro (*Colocasia esculenta*) yield.*Tropical Agriculture London Trinidad.*, **72**, 70.
- Thomas L.,Singh I.,2019.** Microbial Biofertilizers : Types et applications. In: Giri B.,Prasad R.,Wu Q.S.,Varma A. (eds).*Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* ;Springer:Berlin/Heidelberg,Germany;pp:1-19.
- Timmerman et al., 1996).**
- Timmusk S., Abd El-Daim I.A., Copolovici L., Tanilas T., Kännaste A., Behers L., Nevo E., Seisenbaeva G., Stenström E., Niinemets Ü., 2014.** Drought-tolerance of wheat improved by rhizosphere bacteria from harsh environments: Enhanced biomass production and reduced emissions of stress volatiles. *PLoS ONE.*, **9**: e96086. doi :10.1371/journal.pone.0096086.
- Uchida R., 2000.**Essential Nutrients for Plant Growth:Nutrient Functions and Deficiency Symptoms.In: Silva J. A.,Uchida R (eds).*Plant Nutrient Management in Hawaii's*

Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa; pp: 31-55.

-Uysal O., Ozge F., Ekinci K., 2015. Evaluation of microalgae as microbial fertilizer. *European Journal of Sustainable Development.*, **4**: 77-82. doi: 10.4161/psb.22655 .

-Vaid S.K., Kumar B., Sharma A., Shukla A., Srivastava P., 2014. Effect of Zn solubilizing bacteria on growth promotion and Zn nutrition of rice. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science.*, **14**: 889-910.

Varela *et al.*, 2004).

Varshney, 2011).

-Venkataraman G.S., 1981. Blue-Green Algae for Rice Production: A Manual for Its Promotion; Food & Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy, 99p.

-Verma P., Yadav A.N., Khannam K.S., Kumar S., Saxena A.K., Suman A., 2016. Molecular diversity and multifarious plant growth promoting attributes of Bacilli associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) rhizosphere from six diverse agro-ecological zones of India. *Journal of Basic Microbiology.*, **56**: 44-58. doi: 10.1002/jobm.201500459.

-Vidyalakshmi R., Paranthaman R., Bhakyaraj R., 2009. Sulphur Oxidizing Bacteria and Pulse Nutrition- A Review. *World Journal of Agricultural Sciences.*, **5**: 270-278.

-Vurukonda S.S.K.P., Vardharajula S., Shrivastava M., SKZ A., 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Journal of Microbiology Research.*, **184**: 13-24. doi: 10.1016/j.micres.2015.12.003.

-Wani S.A., Chand S., Ali T., 2013. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: An overview. *Current Agriculture Research Journal.*, **1**: 35-38. doi:10.12944/CARJ.1.1.04.

-Wani S.A., Chand S., Wani M.A., Ramzan M., Hakeem K.R. 2016. *Azotobacter chroococcum* A potential biofertilizer in Hakeem K.R., Akhtar J., Sabir M(eds). agriculture: An overview in :Soil Science: Agricultural and Environmental Perspectives; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany; pp:333-348.

-Weeden, N.F. Ellis, T.H.N. Timmerman-Vaughan, G.M. Swiecicki, W.K. Rozov, S.M. Berdnikov, V.A. 1998. A consensus linkage map for *Pisum sativum*. *Pisum Genet.*, **30**: 1-4.

-Williams L., Pittman J., 2010. Cell Biology of Metals and Nutrients, Plant Cell Monographs; Springer: Berlin, Germany, pp: 95-117.

-Xiafang S., Weiyi H., 2002. Mechanism of potassium release from feldspar affected by the sprain Nbt of silicate bacterium. *Acta Pedologica Sinica.*, **39**: 863-871.

- Xing, C. Schumacher, F.R. Xing, G. Lu, Q. Wang, T. Elston, R.C. 2005.** Comparaison of microsatellites, signale-nucleotide polymorphisms (SNPs) and composite markers derived from SNPs in linkage analysis. *BMS Genet*, 6: S29.
- Yadav A., Verma P., Singh B., Chauahan V., 2017.** Plant growth promoting bacteria: Biodiversity and multifunctional attributes for sustainable agriculture. *Advances in Biotechnology & Microbiology*., 5: 1-16.doi: 10.19080/aibm.2017.05.555671
- Yadav R., Abraham G., Singh Y., Singh P., 2014.**Advancements in the utilization of *Azolla Anabaena* system in relation to sustainable agricultural practices.*Proceedings of the Indian National Science Academy*.,**80**: 301-316.doi: 10.16943/ptinsa/2014/v80i2/55108
- Yadav S., Singh S., Gupta C.,2022.** Environmental benign synthesis of some novel biologically active 7 hydroxy and methyl coumarin derivaties.*Current Research in Green and Sustainable Chemistry*.,**5** : 100260.doi :10.1016/j.crgsc.2022.100260.
- YoussefEissaJ.S.,2013.**Roleofbiofertilizersandbiopesticidesforsustainableagriculture.*Journal of Bioinnoation*.,**2**:73-78.
- Zhai Z., Ehret D.L., Forge T., Helmer T., Lin W., Dorais M., Papadopoulos A.P.2009.**Organic Fertilizers for Greenhouse: Productivity and Microbiology. *HortScience*.,**44**: 800-809.

Résumé

Le présent travail a pour objet l'étude de l'effet de thé de vermicompost sur la culture de pois. Plusieurs doses de thé de vermicompost sont appliquées aux plants de pois et nous avons constaté une amélioration de poids des gousses, la longueur des plants et le nombre des feuilles de la culture.

Les meilleurs résultats pour ces 3 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 %. avec un poids maximale de gousses de 17,292 g, une longueur maximale de plants de 110,4 cm et un nombre de feuilles maximale de 95,4 feuilles /plant.

Mots clés :Thé de vermicompost,Le pois

ملخص

العمل الحالي يهدف إلى دراسة تأثير شاي الفرميكبوست على زراعة البازلاء. تم تطبيق جرعات متعددة على نباتات البازلاء ولوحظ تحسن في وزن الباقلاء، طول النباتات، وعدد أوراق البازلاء. أفضل النتائج لهذه الثلاثة معايير تم تسجيلها من خلال تطبيق مركب شاي الفرميكبوست بنسبة 45% بواسطة الرش على الأوراق والتطبيق الجذري. وتشمل هذه النتائج الحصول على وزن أقصى للقرون يبلغ 17.292 غرام، وطول نبات أقصى يبلغ 110.4 سم، وعدد أوراق أقصى يبلغ 95.4 ورقة لكل نبتة.

الكلمات المفتاحية:شاي الفرميكبوست، البازلاء

Abstract

The present work aims to study the effect of vermicompost tea on the cultivation of peas. Several doses of vermicompost tea were applied to pea plants, and we observed an improvement in pod yield, plant length, and number of leaves in the crop.

The best results for these three parameters were recorded with foliar and root application of vermicompost tea at 45%.

The best results for these 3 parameters are recorded by the foliar and root application of vermicompost tea at 45%. With a maximum pod weight of 17.292 g, a maximum plant length of 110.4 cm, and a maximum number of 95.4 leaves per plant.

Keywords: Vermicompost tea, Pea