

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2025

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2025

Skikda le :



Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Laib djamel eddine

Certifie que :

L'étudiant(e) : Bouferrouk nadjia

Spécialité : **Sciences de sol**

Intitulé : **Etude de l'effet de l'application du thé de vermicompost sur la culture de pois *Pisum sativum* L**

A apporter les corrections relatives à son travail de mémoire.

L'encadrant

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2025

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2025

Skikda le :



Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Laib djamel eddine

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Sayoud abir**

Spécialité : **Sciences de sol**

Intitulé : **Etude de l'effet de l'application du thé de vermicompost sur la culture de pois *Pisum sativum* L**

A apporter les corrections relatives à son travail de mémoire.

L'encadrant

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2025

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2025

Skikda le :



Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Laib djamel eddine

Certifie que :

L'étudiant(e) : Boucherka lamia

Spécialité : **Sciences de sol**

Intitulé : **Etude de l'effet de l'application du thé de vermicompost sur la culture de pois *Pisum sativum* L**

A apporter les corrections relatives à son travail de mémoire.

L'encadrant



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



Etude de l'effet de l'application du thé de vermicompost sur la culture de pois *Pisum sativum* L

Présenté par :

Bouferrouk nadjia

Sayoud abir

Boucherka lamia

Soutenu devant le jury:

Président : Hannachi abdelhakim M.C.A

UNIV SKIKDA

Encadreur : Laib Djamel eddine M.C.B

UNIV SKIKDA

Examinatrice : Laarit sabah M.C.A.

UNIV SKIKDA

Année Universitaire :2024-2025

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 **Dr 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 examinatrice de ce travail : **Dr Laarit sabah** et qui **Dr hannachi abdelhakim** nous a fait l'honneur de présider le jury de la soutenance.*

Dédicaces

Avec un énorme plaisir , un cœur ouvert et un joie immense, je dédite ce modeste travail tout d'abord À elle, que m'a donne la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à la lumière de mes jours:à mère À lui, qui s'est toujours présent mon ,soutien moral et ma source de joie :à mon père À mes frères rida et Abd Jalil et Nabila et somia et marwa et toute la famille boucherka À tous mes collègues de promotions qui j'ai eu le plaisir de côtoyer pendant cette période de formation

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect et de gratitude, et avec toute ma reconnaissance,

je dédie mon diplôme et la joie que j'ai attendue pendant des années.

À mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et de mon bonheur, à ma lune et au fil d'espoir qui éclaire mon chemin, celle qui m'a soutenue et n'a jamais lâché ma main, à mon autre moitié, ma mère.

À celui qui a fait de moi une femme, à la source de ma vie, de mon amour et de mon affection. À mon pilier, qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à ma force, à mon prince, mon père.

À mes frères, mon soutien, la lumière de mes yeux et ce que j'ai de plus précieux, Zine

El Abidine, Chouaib et Mouncef.

À mon amie Maryem, ma compagne de route.

Dédicaces

Je remercie Allah, Le Tout-Puissant, qui m'a accordé la force et le courage pour accomplir ce travail et terminer mes études. Louange à Lui en premier et en dernier.

À mes chers parents,

À ma chère et tendre mère Ouar Souraya, qui m'a appris que le don n'a pas de limites, cette bougie qui s'est consumée pour éclairer mon chemin, cette femme qui incarne toutes les significations de la patience et de la tendresse... Je t'aime maman.

À mon cher père Sayoud Djamal, mon soutien et ma force, merci pour tes grands sacrifices... Je t'aime papa.

À ma seule soeur Lina, qui m'a soutenue à chaque étape... Je t'aime ma soeur.

À mes deux frères Yasser et Acheraf, je vous souhaite plein de réussite et que vous restiez toujours mon appui.

À tous les membres de la famille Sayoud et Ouar, tout mon amour et ma gratitude.

À ma compagne de route et seconde soeur, ma chère cousine Amani Bourkab... Je t'aime.

Et à mes chères amies :

Kenza, Iman, Meryam, Abir, Yossra, Hadjar, Dikra, Wissal... Merci à vous pour chaque moment de soutien et d'encouragement.

Un salut particulier à mes amies du Master 2 : Nadja et Lamia.

Merci à vous tous, chacun en son nom, je vous adresse toute ma reconnaissance et mon affection.

Remerciements

Dédicaces

Liste de figures

Liste d'abréviations

Introduction	1
1. Description de la plante.....	2
1.1. Racines.....	2
1.2. Feuilles.....	3
1.3. Tige.....	3
1.4. Fleur	4
1.5. Gousses et graines.....	4
2. Position systématique.....	6
3. Origine et historique.....	6
4. Intérêt de la culture du pois.....	7
4.1. Intérêt nutritionnel.....	7
4.2. Intérêt agronomique.....	7
5. Exigences de la culture du pois.....	8
5.1. Exigences pédoclimatiques.....	8
5.1.1. Température.....	8
5.1.2. Besoins en eau.....	8
5.1.3. Type de sol.....	8
6. Maladies et ravageurs du pois.....	8
6.1. Maladies cryptogamiques.....	8
6.1.1. Ascochytose.....	8
6.1.2. Botrytis ou pourriture grise.....	8
6.1.3. Mildiou.....	9
6.1.4. Oïdium.....	9
6.1.5. Rouille.....	9
6.2. Insectes ravageurs.....	9
6.2.1. Thrips.....	9
6.2.2. Sitone du pois.....	9
6.2.3. Puceron du pois.....	10
6.2.4. Tordeuse du pois.....	10
6.2.5. Bruche du pois.....	10
1. Historique	11
2. Le vermicompost.....	11
2.1. Le stockage de vermicompost.....	11

2.2. Doses d'application de vermicompost	12
3. Le thé de vermicompost	12
4. Le vermicompostage.....	12
4.1. Définition.....	12
4.2. Le processus de vermicompostage.....	13
4.2.1. Phase de pré-compostage initiale	13
4.2.2. Phase mésophile	13
4.2.3. Phase de maturation et de stabilisation.	13
5. Systèmes de vermicompostage.....	14
5.1. Vermicompostage en bac ou en silos.....	14
5.2. Vermicompostage en andain.....	15
5.3. Vermicompostage en lit.....	15
6. Facteurs influençant le vermicompostage.....	16
6.1. La température.....	16
6.2. L'humidité.....	16
6.3. le PH.....	17
6.4. Aération.....	17
6.5. Teneur en ammoniac.....	18
6.6. Le rapport C/N.....	18
6.7. La conductivité électrique.....	19
7. Intérêt écologique du vermicompostage.....	19
8. Les vers de terres.....	19
8.1. Biologie des vers de terre.....	19
8.2. Écologie des vers de terre.....	20
8.2.1. Les vers épigés	20
8.2.2. Les vers anéciques	20
8.2.3. Les vers endogés	20
8.3. Vers de terre appropriés pour le vermicompostage.....	20
9. Rôles bénéfiques du vermicompost	24
9.1. Contient un pourcentage élevé de matière organique ,d'humus ou acides humiques	
9.2. Amélioration de la conductivité électrique et de ph.....	24
9.3. Contient des nutriments facilement assimilables par les plantes.	24
9.4. Effet bénéfique pour la santé humaine.	25
9.5. Lutte contre ravageurs des cultures	25
9.6. Contient une microflore bénéfique	26
9.7. Lutte contre les agents pathogènes.....	28
10. Composition du thé de vermicompost.....	28

11. Effets bénéfiques du thé de vermicompost.....	28
1. Matériel et Méthodes.....	30
1.1. Semis et entretien de la culture.....	30
1.2. Préparation du vermicompost (vermicompostage)	30
1.3. La préparation de thé de vermicompost	32
1.4. L'effet de l'emploi de bio fertilisant (thé de Vermicompost) sur la culture de pois (Variété Onward.....	23
1.5. Extraction et mesure du taux de chlorophylle.	34
2. Analyse des données statistiques.	35
Résultats et discussion.....	36
1. Résultats	36
2. Discussion.....	39
Conclusion.....	42
Références bibliographiques.....	44

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.....	2
Figure 2. Nodules développés sur les racines.....	3
Figure 3. Feuilles de pois.....	3
Figure 4. Tige de pois.....	4
Figure 5. Fleurs de pois	4
Figure 6. Gousses de pois	5
Figure 7. Graines de pois	5
Figure 8. Semis des graines de pois.....	30
Figure 9. Etapes de Préparation de vermicompost.....	31
Figure 10. Préparation du thé de vermicompost.....	32
Figure 11. Préparation des doses.....	33
Figure 12 . Application racinaire.....	33
Figure 13. Application foliaire.....	33
Figure 14. Extraction et Mesure du taux de chlorophylle.....	35
Figure 15. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le poids de gousses de pois (AF :application foliaire,AR :application racinaire).....	36
Figure 16. Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de pois(AF :application foliaire,AR :application racinaire).....	37
Figure 17. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de pois(AF :application foliaire,AR :application racinaire.....	37
Figure 18. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le taux de chlorophylle totale de feuilles de pois(AF :application foliaire,AR :application racinaire.....	38

Liste de tableaux

Tableau 1. Ecologie de différentes espèces de vers de terres.....	23
Tableau 2. Concentration des nutriments présents dans le vermicompost.....	25
Tableau 3 . Microflore bénéfique associée aux vers de terre de vermicompostage.....	27
Tableau 4. Doses de thé de vermicompost appliquées aux plants de fève dur par voies foliaire et racinaire.....	34
Tableau 5 . Analyse ANOVA des paramètres étudiés.....	36



INTRODUCTION

1. Introduction

Selon la FAO, la demande en produits agricoles devrait augmenter de 60 % d'ici 2030 (Mia et Shamsuddin, 2010).

Pour accroître la productivité et améliorer les propriétés physico-chimiques des sols, tout en garantissant des rendements élevés et en répondant aux besoins croissants en denrées alimentaires, l'utilisation d'engrais synthétiques s'avère efficace et rentable. Cependant, leur application intensive entraîne l'accumulation de substances toxiques dans l'eau et les tissus végétaux, réduit la valeur nutritive des légumes, altère la biodiversité microbienne, diminue la capacité de rétention d'eau et la fertilité du sol, compromettant ainsi la durabilité de la production agricole et la santé des écosystèmes (Lori et al., 2017 ; Dayan et al., 2009 ; Surekha et al., 2010 ; Hartmann et al., 2015 ; Ekholm et al., 2017 ; Nygaard Sorensen et Thorup-Kristensen, 2011 ; Nosheen et al., 2021).

Face à ces enjeux et à l'augmentation continue de la population mondiale, l'agriculture biologique apparaît comme une alternative indispensable. Ce mode de production vise à cultiver et améliorer la qualité des aliments sans recourir aux pesticides chimiques, antibiotiques, engrais chimiques ou hormones de croissance. Il privilégie l'utilisation de ressources naturelles, notamment les biofertilisants ou engrais organiques, non toxiques et faciles à appliquer, afin de préserver la structure et la fertilité des sols, la biodiversité, l'équilibre environnemental, la durabilité écologique et la santé humaine (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).

De plus, la consommation d'aliments issus de l'agriculture biologique est souvent motivée par des considérations de santé et de bien-être, ce qui contribue à une demande croissante sur le marché (Apaolaza et al., 2018).

Dans ce contexte, la présente étude s'attache à analyser les effets de thé de vermicompost sur la culture de pois *Pisum sativum* L

. Elle est structurée en trois parties :

- La première partie propose une revue bibliographique axée sur le vermicompost et le pois *Pisum sativum* L
- La deuxième partie détaille le matériel et les méthodes utilisés ainsi que les objectifs de l'étude, notamment l'évaluation de l'impact du thé de vermicompost sur certains paramètres de la culture de pois *Pisum sativum* L
- Enfin, la troisième partie expose et analyse les résultats des différentes expériences menées.



SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Description de la plante

Le pois (*Pisum sativum* L.) est une plante diploïde ($2n = 14$ chromosomes) appartenant à la famille des Fabacées (légumineuses). Il s'agit d'une espèce autogame, annuelle, parfois cultivée en tant que bisannuelle. Sa croissance est indéterminée selon les variétés, ce qui signifie que le nombre de nœuds sur la tige n'est pas génétiquement fixé, mais dépend plutôt de facteurs environnementaux (Prioul et *al.*, 2004 ; Deulvot et *al.*, 2010 ; Krajinski et *al.*, 2011).

1.1. Racines

Le pois développe une racine principale pivotante, accompagnée de racines secondaires latérales. Bien que la racine principale soit peu développée, elle se ramifie fréquemment. Les racines secondaires, quant à elles, sont nombreuses et portent de nombreuses nodosités concentrées dans les 30 premiers centimètres du sol. Dès le début de sa croissance, le système racinaire est colonisé par des bactéries symbiotiques fixatrices d'azote, ce qui entraîne la formation de nodosités qui se développent au fur et à mesure de la croissance racinaire, jusqu'à la floraison (Weeden et *al.*, 1998) (Figure 1).

Les nodules présents sur les racines assurent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, contribuant ainsi à couvrir environ 80 % des besoins de la plante en azote assimilable. Cette activité atteint son maximum au moment de la floraison, avant de chuter rapidement par la suite (Slama, 1998) (Figure 2).



Figure 1. Racines de pois (Photo personnelle, 2024)



Figure 2. Nodules développés sur les racines (Photo personnelle, 2024)

1.2. Feuilles

Les feuilles du pois sont composées et alternes, avec une coloration variant du vert jaunâtre au vert bleu foncé. Les folioles, de forme ovale à elliptique, peuvent être entières ou plus ou moins dentées, avec une extrémité arrondie, pointue ou tronquée. Leur nombre est variable, et le pétiole se prolonge par plusieurs vrilles qui remplacent les dernières folioles (Prioul et *al.*, 2004) (Figure 3).

À la base de chaque feuille se trouvent deux grandes stipules, souvent plus développées que les folioles. Selon la variété, la face supérieure des stipules peut présenter des taches blanches appelées macules, résultant d'un décollement de l'épiderme (Loridon et *al.*, 2005).



Figure 3. Feuilles de pois (Photo personnelle, 2024)

1.3. Tige

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



Figure 4. Tige de pois (Photo personnelle,2024)

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 (Photo personnelle,2024)

1.5. Gousses et graines

Après la floraison, la plante produit une gousse dont la longueur varie généralement entre 6 et 8 cm, renfermant de 4 à 12 graines. La couleur des gousses peut aller du vert jaunâtre au vert foncé. Elles adoptent différentes formes : tronquées ou pointues, arquées ou droites. Selon la variété, les gousses peuvent être solitaires (caractère monocosse), regroupées par deux (caractère bicosse) et parfois même par trois.

Les graines de pois sont particulièrement riches en protéines, qui s'accumulent progressivement tout au long de leur développement. À maturité, la composition protéique

évolue, influencée par les conditions environnementales. Des températures modérément élevées accélèrent la maturation, mais peuvent altérer la qualité des graines et provoquer un éclatement prématuré des gousses, ce qui réduit le rendement et la qualité de la récolte (Nakamura et al., 2008) (Figures 6, 7).

La taille, la forme et la texture des graines varient selon les variétés. Elles peuvent être lisses ou ridées, sphériques ou légèrement aplaties. En plus de leur richesse en protéines, elles contiennent des amidons et des fibres, leur conférant une haute valeur nutritionnelle. Ces caractéristiques influencent leur utilisation, qu'il s'agisse de la consommation humaine, de l'alimentation animale ou de la transformation agroalimentaire.



Figure 6. Gousses de pois (Photo personnelle,2024)



Figure 7. Graines de pois (Photo personnelle,2024)

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 de l'utilisation du pois ont été retrouvées dans de nombreux vestiges archéologiques, datant de 9 000 à 10 000 ans, notamment en Anatolie, en Iran, en Grèce et en Palestine. Ces découvertes suggèrent que le pois serait originaire d'Orient, possiblement de l'Inde ou de la Perse, avant d'être introduit en Asie Mineure et en Europe par les peuples aryens. Son implantation est très ancienne, comme en témoigne la présence de pois datant de l'âge du bronze dans les cités lacustres de Suisse (Fondevilla *et al.*, 2011).

Des restes de pois datant de deux millénaires avant Jésus-Christ ont également été mis au jour à Paris, près de l'Arc de Carrousel du Louvre. Dans l'Antiquité, le pois était déjà connu des Grecs, notamment par le botaniste Théophraste (300 av. J.-C.), ainsi que des Romains, à travers les écrits de Pline et Columelle. Aujourd'hui, plusieurs milliers de variétés de pois existent à travers le monde, résultat de plus d'un siècle de sélection variétale intensive.

Au Moyen Âge, le pois, associé aux céréales, constituait une ressource alimentaire essentielle, particulièrement en période de famine. Il fut ensuite cultivé comme légume frais et devint un aliment printanier très apprécié. Avec le développement des industries de la conserve et de la surgélation, il est devenu un produit disponible toute l'année, prêt à l'emploi pour les consommateurs. Entre 1950 et 1975, la culture du pois a connu une expansion significative : en 25 ans, la production mondiale de pois destinés à la conserverie atteignait 2 700 000 tonnes, tandis que celle du mélange pois-carotte s'élevait à 510 000 tonnes (Collard *et al.*, 2005).

Ainsi, depuis des millénaires, le pois est utilisé aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale, sous différentes formes : plante entière, gousses, grains frais ou secs. Selon leur

usage, on distingue plusieurs types de pois, notamment le pois sauvage, fourrager, potager, destiné à la conserve, au cassage ou encore les variétés protéagineuses (Timmerman et *al.*, 1996).

4. Intérêt de la culture du pois

4.1. Intérêt nutritionnel

Qu'ils soient consommés frais ou secs, les pois sont des aliments à forte valeur énergétique et riches en protéines. Les pois secs, comparables aux autres légumineuses telles que les haricots secs, les lentilles, les fèves ou les pois chiches, possèdent une valeur énergétique d'environ 330 kcal pour 100 g. Leur teneur en glucides est essentiellement constituée d'amidon (50 %) et de sucres (6 %), principalement sous forme de saccharose et d'oligosaccharides (Varela et *al.*, 2004).

Les pois se distinguent également par leur richesse en protéines, avec une teneur élevée en lysine. Toutefois, ils sont déficients en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et le tryptophane. Une complémentarité nutritionnelle peut être obtenue en les associant à des aliments à base de céréales, tels que le pain, qui sont, à l'inverse, pauvres en lysine.

En plus de leurs protéines, les pois constituent une excellente source de minéraux, notamment de potassium, de phosphore, de calcium et de fer. Ils apportent également des vitamines du groupe B, en particulier le folate (vitamine B9), ainsi que de la vitamine C. Leur faible teneur en matières grasses en fait un aliment particulièrement intéressant sur le plan diététique. Les petits pois, plus riches en eau (74 %) et en sucres solubles que les pois secs, sont également appréciés pour leur apport en fibres alimentaires, essentielles au bon fonctionnement du transit intestinal (Holwach et *al.*, 1982).

4.2. Intérêt agronomique

La culture du pois présente un intérêt majeur pour les agriculteurs, en raison de ses avantages agronomiques. Cette légumineuse possède la capacité unique de couvrir une grande partie de ses besoins en azote grâce à un processus de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation est rendue possible par l'association du pois avec des bactéries du genre *Rhizobium*, des bactéries Gram négatif en forme de bâtonnets mobiles. Ces micro-organismes stimulent la formation de nodules racinaires, qui permettent la fixation de l'azote, réduisant ainsi le besoin en fertilisants azotés.

Dans le cadre de la rotation des cultures, le pois est souvent utilisé en tête d'assolement, car il contribue à l'enrichissement du sol en azote, améliorant ainsi la fertilité pour les cultures suivantes. Cependant, malgré ses nombreux avantages nutritionnels et agronomiques, la superficie consacrée à la culture des légumineuses, et en particulier du pois, a connu une

régression. Cette baisse est principalement due à des contraintes biotiques et abiotiques, notamment l'impact des ravageurs et des maladies, qui peuvent limiter le rendement et la rentabilité de cette culture (Broughton et Dilworth, 1971).

5. Exigences de la culture du pois

5.1. Exigences pédoclimatiques

5.1.1. Température

Le pois se développe idéalement sous des températures comprises entre 21°C et 29°C en journée et entre 15°C et 21°C la nuit. Il ne tolère pas l'ombre et ne supporte pas des températures inférieures à -6°C (Varshney, 2011).

5.1.2. Besoins en eau

Bien que le pois présente une certaine tolérance à la sécheresse, il est sensible aux excès d'humidité. Sa culture peut être réalisée en conditions irriguées ou en sec, à condition que la pluviométrie annuelle dépasse 350 mm. Les besoins en eau sont particulièrement élevés à partir de la floraison et atteignent leur maximum lors du remplissage des gousses (Ferdaous, 2015).

5.1.3. Type de sol

Le pois s'épanouit dans des sols légers, frais et bien drainés. Il peine à se développer dans les sols calcaires, où ses graines durcissent, et dans les sols argileux, où il résiste mal aux gelées tardives et risque de pourrir. Les meilleurs rendements sont obtenus dans des sols silico-argileux ou argilo-calcaires, qui assurent une bonne précocité de la culture. Un pH compris entre 6 et 6,6 est optimal pour sa croissance (Ferdaous, 2015).

6. Maladies et ravageurs du pois

6.1. Maladies cryptogamiques

6.1.1. Ascochytose

Les ascochytozes, causées par plusieurs champignons, affectent les cultures de pois partout où elles sont cultivées, notamment en zones tempérées. Les pertes peuvent atteindre 50 % chez le pois destiné à la conserverie, surtout en cas d'infection par *Mycosphaerella pinodes* (Ali et al., 1978).

Ascochyta pisi : provoque des lésions beiges à bords foncés, parsemées de petites ponctuations noires (pycnides).

Ascochyta pinodes (*Mycosphaerella pinodes*) : entraîne l'apparition de petites taches noires qui s'agrandissent pour former des nécroses sombres, particulièrement à la base des tiges.

6.1.2. Botrytis ou pourriture grise

Le *Botrytis cinerea*, présent dans le sol sous forme endémique, se développe principalement en fin de cycle, à partir de la floraison. Il pénètre la plante via des plaies (grêle, piqûres d'insectes) ou des organes sénescents, provoquant l'apparition de pourriture grise sur les feuilles, les tiges et les gousses. En conditions humides, la maladie se propage rapidement à toute la parcelle, entraînant des pertes de rendement importantes par coulure des fleurs, avortement des gousses et mauvais remplissage des grains. L'optimum thermique se situe entre 15 et 20°C, et les cultures denses et mal aérées sont particulièrement vulnérables (Bajji et al., 1998).

6.1.3. Mildiou

Causé par *Peronospora spp.*, le mildiou se développe sous des conditions climatiques froides et humides. Il se manifeste par l'apparition de taches jaunâtres sur la face supérieure des feuilles et d'un duvet blanc puis violacé sur leur face inférieure (Kabir et al., 2012).

6.1.4. Oïdium

L'oïdium du pois, causé par *Erysiphe polygoni*, est fréquent dans les cultures maraîchères et les pépinières, notamment dans les zones où la culture du pois protéagineux est intensive. Il se caractérise par un feutrage blanc poudreux sur les feuilles et les tiges, pouvant entraîner une réduction de rendement de 50 %. La lutte repose sur l'emploi de fongicides spécifiques et sur des pratiques culturales telles que la rotation des cultures (Rengasamy, 2006).

6.1.5. Rouille

La rouille, causée par *Uromyces pisi*, est une maladie courante du pois. Elle se manifeste par l'apparition de petites pustules poudreuses blanches qui envahissent progressivement les feuilles âgées. Son cycle biologique complexe comprend cinq stades reproductifs, mais il ne nécessite pas d'hôte intermédiaire. Une rotation culturale d'au moins deux ans est recommandée pour éviter l'accumulation de l'inoculum fongique (Laundon et Waterston, 1965).

6.2. Insectes ravageurs

6.2.1. Thrips

Les thrips, présents surtout dans les cultures de pois de printemps, perforent les cellules épidermiques avec leurs stylets, entraînant des déformations foliaires, un nanisme des plantes et l'apparition de taches jaunes ou brunes sur les feuilles (Benidire et al., 2015).

6.2.2. Sitone du pois

Sitona lineatus apparaît dès le mois de mars, au moment des semis. Les adultes grignotent les bords des feuilles, laissant des encoches semi-circulaires caractéristiques. Si ces

dégâts foliaires sont généralement bénins, les larves, en revanche, sont nuisibles car elles détruisent les nodosités racinaires, compromettant la fixation de l'azote. Une surveillance régulière et une intervention dès l'observation de 5 à 10 encoches par plante sont recommandées pour limiter leur impact (Bovey et *al.*, 1972).

6.2.3. Puceron du pois

Le puceron du pois accomplit l'ensemble de son cycle sur les Fabacées, notamment le pois. Son installation précoce dans les cultures en fait un ravageur redoutable. Bien que des ennemis naturels contribuent à sa régulation, leur action est souvent insuffisante pour éviter les pertes de rendement. L'application d'un insecticide dans les jours suivant l'infestation est généralement nécessaire pour limiter les dégâts (Lafranchis, 2001).

6.2.4. Tordeuse du pois

Ce ravageur discret se nourrit à l'intérieur des gousses, où la larve hiverne dans le sol. Une intervention chimique en début de floraison permet de limiter la présence des chenilles (Gerber, 1983).

6.2.5. Bruche du pois

Ravageur sporadique dans les régions de culture du pois, la bruche pond ses œufs sur les gousses, et les larves creusent un trou dans les graines, où elles se développent. L'adulte émerge à la fin de l'été et hiverne dans les graines stockées ou restées au champ. Ce cycle rend difficile la lutte contre ce ravageur, d'où l'importance de bonnes pratiques de stockage et de traitements préventifs (Gerber, 1983).

1. Historique

Le ver de terre a capté l'imagination de philosophes tels que Pascal et Thoreau (Adhikary, 2012). Des civilisations, dont la Grèce et l'Égypte, ont valorisé le rôle des vers de terre dans le sol. Les anciens Égyptiens ont été les premiers à reconnaître le statut bénéfique du ver de terre. La pharaonne égyptienne, Cléopâtre (69-30 av. J.-C.), a déclaré : "Les vers de terre sont sacrés." Elle a reconnu le rôle important que jouent les vers dans la fertilisation des terres agricoles de la vallée du Nil après les inondations annuelles. L'enlèvement des vers de terre d'Égypte était passible de la peine de mort.

Les agriculteurs égyptiens n'étaient pas autorisés à toucher un ver de terre par crainte d'offenser le dieu de la fertilité. Les anciens Grecs considéraient que le ver de terre avait un rôle important dans l'amélioration de la qualité du sol. Le philosophe grec Aristote (384-322 av. J.-C.) a qualifié les vers de terre d'intestins de la terre (Medany, 2011).

Sir Surpala (10ème siècle ap. J.-C., ancien scientifique indien) recommandait d'ajouter des vers de terre au sol pour obtenir un rendement suffisant de fruits tels que les grenades (Sinha, 2014b).

Les vers de terre justifient vraiment les croyances et les rêves de Sir Charles Darwin qui les a appelés "soldats méconnus de l'humanité" et "amis des agriculteurs" et a déclaré qu'il n'y avait peut-être pas d'autre créature dans le monde qui ait joué un rôle aussi important dans l'histoire de la vie sur terre (Sinha et al., 2014a).

2. Le vermicompost

Le vermicompost est un engrais biologique hautement nutritif et respectueux de l'environnement, qui ressemble à de l'humus ou la tourbe finement fractionné (Celik et al., 2020).

Il possède une grande capacité de rétention d'eau et une porosité qui fournit des sites adéquats pour la fonctionnalité microbienne et la rétention des nutriments (Ahmad et al., 2021a).

De plus, le vermicompost contient des nutriments et des minéraux essentiels facilement accessibles aux plantes (Aslam et al., 2020).

2.1. Le stockage de vermicompost

Le stockage prolongé du vermicompost peut avoir des effets négatifs sur sa qualité. En effet, le stockage du vermicompost au-delà de 10 semaines peut entraîner une diminution de la biomasse microbienne, de la concentration d'hormones végétales et de l'activité enzymatique de quatre enzymes (β -glucosidase, cellulase, protéase et phosphatase alcaline) (Aira et al., 2007 ; Barik et al., 2011).

la dynamique de vieillissement de la vermicompost ce fait selon 2 étapes .La première étape est caractérisée par une diminution de la population microbienne, entraînant ainsi une réduction de la synthèse de nouvelles enzymes, tandis que la deuxième étape est la dégradation de la réserve d'enzymes restantes(Aira et *al.*, 2007)..

Ainsi, il est important de prendre en compte la durée de stockage du vermicompost pour assurer sa qualité et son efficacité en tant qu'engrais biologique hautement nutritif et respectueux de l'environnement.

2.2. Doses d'application de vermicompost

Le vermicompost peut être appliqué à n'importe quelle culture et à n'importe quel stade de la culture, mais en cas d'application à grande échelle, il devrait être mélangé avec le sol par épandage (Korav et *al.*,2021). Ainsi, il s'agrègera bien avec les particules de sol et libérera des nutriments.

- Les cultures de champs nécessitent 5 à 6 t/ha.
- Les légumes nécessitent 10-12 t/ha.
- Les plantes à fleurs nécessitent 100 à 200 g par plante ou par pied carré.
- Les arbres fruitiers ont besoin de 5 à 10 kg par arbre.

3. Le thé de vermicompost

Est un biofertilisant liquide utilisé par pulvérisation foliaire, biologiquement active ,sans odeur ,obtenu après une macération et filtration d'une faible quantité de vermicompost dans l'eau en présence d'aération et l'ajout de mélasse (Edward et *al.*, 2010 ; Delisle, 2011 ; Natchavatthong et *al.*,2019).

4.Le vermicompostage

4.1.Définition

Le vermicompostage est une biotechnologie innovante,viable et respectueuse de l'environnement qui permet de transformer rapidement des matières biodégradables en produits à valeur ajoutée, principalement composé d'excréments de vers de terre ainsi que de matière organique décomposée. Ce procédé consiste en une bio oxydation non thermophile et stabilisation de la matière organique grâce à l'action combinée des microorganismes mésophiles et des vers de terres, qui produit un compost de haute qualité appelé vermicompost. Contrairement au compostage traditionnel, le vermicompostage ne nécessite pas de phase thermophile. Le vermicompost est apprécié pour sa structure granulaire excellente, qui peut être utilisée pour améliorer la biodisponibilité des éléments nutritifs, la structure et la fertilité du sol en agriculture biologique (Nagavallemaet *al.*,

2004 ;Gajalakshmi et Abassi, 2004 ; Ismail ,2005 ;Aira et al. 2007 ;Garg, Gupta, 2009 ;Olle 2019 ;Aslam et al., 2020; Aslam et Ahmad, 2020 ;Ahmad et al., 2021a)

4.2.Le processus de vermicompostage

Le processus de vermicompostage se déroule en différentes phases comme suit (Garg, Gupta, 2009) :

4.2.1.Phase de pré-compostage initiale :

La combinaison de pré-compostage suivi de vermicompostage réduit le temps global nécessaire pour le vermicompostage et accélère la dégradation des déchets lingo-cellulosiques (Singh et Sharma, 2002).

En dehors des limites de ces paramètres environnementaux, l'activité des vers de terre et le taux de traitement des déchets organiques diminuent considérablement. Pour une efficacité maximale du vermicompostage, les déchets doivent être préconditionnés pour les rendre aptes au vermicompostage (Dominguez, 2004).

Les déchets organiques sont précompostés pendant environ 15 jours avant d'être donnés aux vers de terre.Pendant cette étape une plage de température de 45 à 65 °C est maintenue .Ceci permet la réduction de la masse, l'élimination des substances volatiles potentielles, qui peuvent être toxiques pour les vers de terre ,la gestion de l'humidité,la destruction les germes pathogènes et les graines de mauvaises herbes dans le compost (Dominguez et *al.*, 1997 ;Nair et *al.*, 2006).

4.2.2.Phase mésophile :

Au cours de cette phase, les vers de terre fragmentent, homogénéisent et mélangent avec les microorganismes qui se trouvent dans leurs intestin la matière organique qui passe à travers leur gésier (Bajal et *al.*, 2019).

Ces matières sont également exposées à certaines activités des enzymes digestives telles que la protéase, la lipase, l'amylase, la cellulase et la chitinase, sécrétées par l'intestin des vers.Ces enzymes sont utiles pour la décomposition des biomolécules complexes en composés simples (Bajal et *al.*, 2019).

Finalement,90 à 95 % de la matière ingérée est éliminée de l'intestin sous une forme partiellement digérée d'un diamètre moins de 2 microns ,appelée "moulée", propice à une dégradation ultérieurepar action microbienne (Aslam et *al.*, 2020; Ahmad et *al.*, 2021b).

Dans des conditions appropriées, les vers mangent et réduisent le volume de 40 à 60% des déchets agricoles(Barik et *al.*, 2011)

4.2.3. Phase de maturation et de stabilisation.

La stabilité/la maturité d'un compost est devenue un aspect critique pour l'épandage en champ, car le compost immature peut être préjudiciable à la croissance des plantes et à l'environnement du sol (Wu et *al.*, 2000).

Pour une valorisation agricole du vermicompost, il est crucial de connaître sa composition en éléments fertilisants majeurs et mineurs, ainsi que sa teneur en métaux lourds toxiques (Cd, As, Hg, Cu, Zn, Pb, Ni, Cr) et en pathogènes (salmonelles, Entérocoques, *E. coli*, oeufs d'helminthes) (Jemali et *al.*, 1996). Les changements de pH et de conductivité électrique dus à la décomposition des acides organiques sont également de bons indicateurs de la stabilité du compost. un pH compris entre 7 et 9 indiquant un compost mature et stable (Avnimelech et *al.*, 1996).

Le rapport carbone/azote (C/N) est un autre paramètre essentiel qui détermine le degré de compostage et de maturité du compost (Shanthi, 2018).

En effet, la réduction de ce rapport C:N dans le vermicompost final indique une minéralisation et une décomposition rapide de la matière première initiale (Garg et Gupta, 2011 ; Singh et *al.*, 2014).

La maturité peut également être évaluée en termes de nitrification à travers le rapport $\frac{N-NH_4^+}{(N-NO_3^- + N-NH_4^+)}$.

En effet, pendant la phase de maturation la diminution du NH_4^+ traduit sa conversion en NO_3^- par le processus de nitrification (Raj et Singh, 2012). Par conséquent, la teneur en NO_3^- devrait être supérieure à celle en NH_4^+ (Gomez-Brandon et *al.*, 2008).

D'un autre point de vue, des méthodes biologiques d'estimation du degré de maturité reposent également sur des tests de phytotoxicité. Dans la littérature, le test de germination est principalement utilisé pour évaluer ce paramètre car il fournit une image instantanée de la phytotoxicité du compost (Bernal et *al.*, 2009). La diminution du taux de germination indique la présence de phytotoxines dans les mélanges de déchets lors du compostage, alors qu'une augmentation reflète la disparition de substances phytotoxiques (Antil et *al.*, 2013). Ainsi, Zucconi (1981) a rapporté que le compost avec des taux de germination de 80 % était exempt de phytotoxines et considéré comme étant à maturité complète (Sellami et *al.*, 2008).

La durée de la phase de maturation n'est pas fixe, elle dépend de l'efficacité avec laquelle se déroule la phase active du processus, qui est elle-même déterminée par l'espèce et la densité des vers de terre dans le compost (Dominguez et *al.*, 2010).

5. Systèmes de vermicompostage

5.1. Vermicompostage en bac ou en silos

Le vermicompostage pratiqué à petite échelle se fait dans de petits ou de grands composteurs cylindriques et des conteneurs à quatre ou trois unités (Zazouli et *al.*, 2009).

Cette technique est utilisée pour le compostage domestique, dans la cuisine ou dans le garage, Il permet de répondre au problème de la masse critique que rencontrent fréquemment les jardiniers amateurs avec leurs composts et qui freine le démarrage du compostage (Grattepanche, 2005).

Le bac peut être fait de divers matériaux, mais le bois et le plastique sont populaires.

Les bacs en plastique, en raison de leur légèreté, sont plus appréciés dans le compostage domestique. Un bac de vermicompost peut être de différentes tailles et formes, mais sa hauteur dépasse généralement 30 cm.

Les bacs d'une hauteur de 30 à 50 cm et pas plus sont parfaits (Rostami, 2011).

Pour la réalisation du bac, il est important de percer des trous dans le fond, sur les côtés et sur le couvercle pour l'aération et le drainage du jus de compost.

Environ 10 trous de 1-1,5 cm de diamètre est un bon choix.

Avant de nourrir les vers avec des déchets, il est nécessaire d'appliquer un lit de ver d'une hauteur de 20-25 cm composé d'un mélange de papier déchiqueté, de compost mûr, de vieux fumier de vache ou de cheval et de la terre (Rostami, 2011).

5.2. Vermicompostage en andain

La méthode de vermicompostage en andain est utilisée à grande échelle plutôt que la méthode en bac (Zazouli et *al.*, 2009).

Le vermicompostage est le moyen choisi pour traiter une grande quantité de déchets, par conséquent, l'utilisation des andains est plus rentable. Les piles de compost peuvent être faites sous abris comme une serre ou à un étage avec certaines installations pour le drainage dans les climats chauds. Bien que la largeur et la longueur de la pile soient si variables, elles ne peuvent toutefois pas être très hautes.

Il est préférable de suivre la méthode de hauteur du bac (Rostami, 2011).

5.3. Vermicompostage en lit

Le vermicompostage en lit peut se faire à grande échelle sous serre ou à l'extérieur. Pour sa réalisation, il est important de construire des lits de 40 cm de profondeur, de 1 à 2 m de largeur sur la longueur nécessaire, à l'aide de planches ou de béton.

La surface inférieure du lit doit être isolée du sol pour empêcher les taupes, prédateurs des vers, de pénétrer dans le système.

Dans le fond du lit, une première couche de matières organiquesensemencées de vers est déposée et la matière organique à composter est apportée régulièrement (Grattepanche, 2005).

Pour préparer du vermicompost dans un anneau de ciment de 90 cm de diamètre sur 30 cm de haut, environ 2 kg de phosphate de roche et 500 à 750 vers de terre doivent être ajoutés à 50 kg de déchets organiques secs et 15 kg de lisier de vache.

Il faut également environ cinq litres d'eau à arroser une fois tous les trois jours pendant 60 à 75 jours, moment où le vermicompost sera prêt à être utilisé (Nagavallema et *al.*, 2004).

Chaque système précédemment décrit présente un certain nombre de variantes : en systèmes continus ou discontinus:

Dans le **système continu**, les vers de terre sont introduits dans la litière sur laquelle on ajoute de manière progressive et régulière de la nourriture fraîche et aussi une nouvelle couche de litière. Tandis que dans le **système discontinu** : la litière et la nourriture sont mélangées avant l'ajout des vers. Ainsi, plus aucun travail n'est fait sauf celui des vers de terre jusqu'à la fin du processus (Munroe, 2004).

6. Facteurs influençant le vermicompostage

Les paramètres du vermicompostage doivent respecter les conditions de vie des vers de terre. Ce sont principalement, les paramètres influençant l'activité des lombrics au cours du processus.

La distribution des vers de terre dans l'unité de vermicompostage dépend principalement du pH, de la CE, de la matière organique, de la température, de l'humidité, etc. (Edwards et Bohlen, 1996).

6.1.La température

En vermicompostage, la température est cruciale car elle affecte l'activité du ver de terre, son métabolisme, sa respiration et sa reproduction (Reinecke et *al.*, 1992 ; Dominguez, 2004 ; Rostami, 2011).

Les températures élevées favorisent les processus chimiques et microbiens dans le substrat, mais l'intensité de l'activité microbienne consomme l'oxygène disponible, entraînant des effets négatifs sur la survie des lombrics. donc, une plage de température d'environ 15-25 °C est plus appropriée pour le vermicompostage (Dominguez, 2004).

6.2.L'humidité

La teneur en humidité des déchets organiques est étroitement liée à la croissance des vers de terre, car ces derniers respirent à travers leur peau et ont besoin d'une certaine humidité pour survivre. L'excès d'humidité peut entraîner une baisse de la concentration en oxygène dans le substrat, ce qui nuit à la respiration des vers et des microorganismes aérobies impliqués dans la dégradation de la matière organique (Sierra et al, 2011).

De plus, environ 75 à 90% du poids corporel des vers de terre est constitué d'eau, et ils ont besoin d'un environnement humide pour se déplacer (Ansari et Ismail, 2012).

La gestion de l'humidité est donc cruciale pour la survie et la croissance des vers de terre dans les systèmes de vermicompostage. La plage optimale de la teneur en humidité dans le vermicompost pour la plupart des espèces se situe entre 50 et 90% (Dominguez, 2004).

Il est recommandé de maintenir l'humidité entre 60 et 70% pour éviter un taux de mortalité élevé des vers. En cas d'excès d'humidité, un apport de matière brune sèche peut corriger le niveau d'humidité, tandis qu'en cas de substrat sec, un arrosage est nécessaire (Chaoui, 2010).

Il est important également de noter que la teneur en eau du substrat est considérée comme le principal facteur abiotique qui influence la croissance et la reproduction des vers de terre, car une humidité inadéquate peut entraîner une perte d'efficacité et une diminution des processus biologiques internes des vers (Hallatt, 1992).

6.3.le PH

Le pH initial des substrats est un facteur déterminant dans la distribution, le nombre, l'activité des vers et la durée totale de la vermicompostage (Singh *et al.*, 2006).

La plupart des espèces de vers de terre nécessitent un pH neutre (Singh 1997; Narayan, 2000; Pagaria et Totwat 2007; Suthar 2008; Panday et Yadav, 2009 ;Rostami, 2011).

Une corrélation positive est trouvée entre l'abondance saisonnière de juvéniles et d'adultes et le pH (Reddy et Pasha, 1993).

Les légères augmentations d'acidité causées par l'ajout de déchets frais sur le lit de vermicompostage peuvent être neutralisées par les sécrétions intestinales de calcium des vers de terre et d'ammoniac excrété. La chaux ou les coquilles d'œufs sont couramment ajoutées au lombricompost pour pallier à ce problème d'acidité (Dominguez, 2004).

Les vers migrent dans le mélange de déchets agricoles, ayant un pH neutre de 7,0, seulement après deux jours. Les excréments des vers de terre qui composent environ 90% du compost de bonne qualité sont également neutres (Edwards et Bohlen, 1996; Mitchell, 1997).

6.4.Aération

Les vers de terre n'ont pas d'organes respiratoires spécialisés ; ils obtiennent de l'oxygène par diffusion à travers la paroi du corps et perdent du dioxyde de carbone par le même mécanisme. Par ailleurs, ils sont très sensibles aux conditions anaérobies et leur fréquence respiratoire est réduite lorsque la concentration en oxygène est faible (entre 55 et 65 %). Leurs activités d'alimentation pourraient également être réduites dans ces conditions non optimales (Dominguez, 2004).

Le processus de dégradation de la matière nécessite par conséquent un bon apport en oxygène. Pour cela, un meilleur échange d'air de l'intérieur vers l'extérieur de la compostière est nécessaire (Morin, 2004).

50% de l'aération doivent être maintenus à partir de l'espace total des pores. Si elle est inférieure à la quantité requise, les vers peuvent se sentir étouffés, ce qui conduit à leur mort (Korav et al., 2021).

6.5. Teneur en ammoniac

Les vers de terre sont très sensibles à l'ammoniac. C'est le principal facteur de salinité du compost. Ces invertébrés ne peuvent pas survivre dans les matières organiques contenant un taux élevé de cations ; leur limite de tolérance est de 5 mg/g (Chaoui, 2010). Ils trouvent la mort également dans les déchets riches en sels inorganiques (Dominguez, 2004)..

Toutefois, les déchets organiques contenant de grandes quantités d'ammoniac peuvent devenir acceptables par les vers après leur élimination par une période de pré-compostage (Dominguez, 2004).

6.6. Le rapport C/N

Le rapport C/N, qui représente la proportion de carbone et d'azote disponible dans la matière organique, est un paramètre essentiel dans le processus de décomposition aérobie de la matière organique et la palatabilité de la litière chez les vers de terre (Hendriksen, 1990 ; Aboulam, 2005).

Si le rapport en C-N est faible, la matière première est très azotée, ce qui entraîne une perte d'azote dans l'atmosphère sous forme d'ammoniac par volatilisation (Graves et Hattemer, 2000 ; Aboulam, 2005).

Un rapport initial élevé contribue également à une perte considérable d'azote au cours des 28 premiers jours de vermicompostage grâce à une activité microbienne élevée (Bertoldi et al., 1984 et Edwards et Burrows, 1988). Il est recommandé que le matériau d'alimentation ayant un rapport C/N inférieur à 40 puisse être utilisé avec succès pour le vermicompostage. Un rapport C/N supérieur à 30-40 augmente le temps nécessaire pour le vermicompostage (Ismail, 1997).

Le rapport optimal initial C-N devrait se situer donc entre 25 et 30 pour éviter un pourcentage élevé de volatilisation de l'azote et une décomposition rapide par les microbes (Graves et Hattemer, 2000 ; Aboulam, 2005). Pour optimiser ce rapport C/N il est possible d'apporter de la sciure ou des copeaux de bois, de la paille, du papier carton (Bertoldi et al., 1984 ; Edwards et Burrows, 1988).

6.7. La conductivité électrique

Dépend principalement des minéraux et des ions générés pendant l'excrétion par les vers de terre (Garg et *al.*, 2006) et de la matière première utilisée pour la vermiculture (Atiyeh et *al.*, 2002).

L'augmentation de la CE dans la fosse est due à la perte de poids de la matière organique par la décomposition et à la libération de différents sels sous forme disponible (Wong et al. 1997; Kaviraj et Sharma 2003; Nath et *al.*, 2009).

7. Intérêt écologique du vermicompostage

Le vermicompostage a été reconnu comme une alternative appropriée de stabilisation et d'élimination hygiénique et économique des déchets urbains (Achshah et Lakshmi Prabha, 2013 ; Olle, 2019).

En effet, dans le système de gestion des déchets, le vermicompostage est durable, économiquement viable et sans effets néfastes pour la santé humaine ou pour l'environnement (Dominguez et Gomez-brandon, 2005 ; Pirsahab et *al.*, 2013).

Ainsi, cette technologie verte résout simultanément deux problèmes pesants de la société moderne. Il permet de réduire les coûts de transport des terres et des déchets liés à l'enfouissement et à l'incinération. Cela permet d'éviter les conditions d'insalubrité générées par les détritiques non triés (Silawat et *al.*, 2010).

8. Les vers de terres

Les vers de terre appartiennent taxonomiquement au phylum annelida. Ce sont des invertébrés de forme cylindrique, étroits, segmentés et symétriquement bilatéraux qui habitent le sol et ont un corps brun brillant recouvert d'une couche cuticulaire lisse. Le poids des vers de terre varie de 1400 à 1500 mg après un mois. Leur corps est constitué de protéines (65%), de glucides et de graisses (14%) et de 3% de cendres (Ahmad et al., 2021a).

8.1. Biologie des vers de terre

Les vers de terre sont des organismes macro-invertébrés terrestres appartenant à l'embranchement des Annelides, classe des *Clitellata*, sous-classe des *Oligochaeta* et à l'ordre des *Haplotaxida* (Pearce et *al.*, 1990).

Leurs cycle de vie des vers de terre varie de 3 à 7 ans selon les conditions écologiques (Ahmad et *al.*, 2021a). Ils vivent dans des habitats variés et font preuve d'une activité efficace dans la modification des propriétés physiques et chimiques du sol. Ils comprennent environ 3 700 espèces décrites, mais ce nombre ne représente probablement que la moitié de la diversité mondiale réelle du groupe (Decaëns et *al.*, 2013). Ce sont des animaux hermaphrodites dont la reproduction se fait par une fécondation croisée, à la suite de laquelle chacun des individus

produit des cocons contenant de 1 à 20 ovules fertilisés. Les cocons résistants, minuscules et en forme de citron, de formes différentes selon les espèces, se déposent généralement près de la surface du sol, sauf par temps sec où ils sont posés à des couches plus profondes. Les cocons éclosent après une période d'incubation qui varie en fonction des espèces de ver de terre et des conditions environnementales (Dominguez et Edwards, 2010). Dans les conditions favorables, ils atteignent la maturité sexuelle plusieurs semaines après l'émergence (Dominguez et Edwards, 2010). L'un des caractères le plus visible qui permet de reconnaître les vers adultes est un bourrelet tégumentaire appelée clitellum apparaissant à la maturité sexuelle (Razafindrakoto, 2012).

8.2.Écologie des vers de terre

En fonction de leurs modes d'alimentation et de fouissage, ils sont classés en trois catégories écologiques : épigés, anéciques et endogés (Bouché, 1972).

8.2.1.Les vers épigés sont constitués d'espèces de petites tailles (1-5 cm) et vivent en surface (les premiers centimètres) dans les amas de matières organiques à l'occurrence le fumier, la litière de forêt, les déchets verts etc... (Pérès et *al.*, 2011) ; Ils font peu ou pas de galerie dans le sol et participent ainsi à la dégradation de la matière organique morte (Peres et *al.*, 2012).

8.2.2.Les vers anéciques sont caractérisés par une grande taille (10 à 110 cm) et une couleur allant du rouge au brun, avec généralement un gradient de couleur de la tête vers la queue. Les espèces de ce groupe occupent la couche supérieure du sol autour de 25 cm, ils creusent des galeries verticales et ouvertes à la surface du sol favorisant l'infiltration de l'eau. Leur action consiste à enfouir et à brasser la matière organique avec le sol ingéré (Peres et *al.*, 2012).

8.2.3.Les vers endogés sont caractérisés par une taille comprise entre 1 à 20 cm et sont très peu colorés ou apigmentés (gris, rose ou vert). Ils vivent dans les couches plus profondes (30 cm) du sol. Ils creusent des galeries temporaires horizontales à subhorizontales et se nourrissent essentiellement de matières organiques intégrées à la matière minérale. Ces vers influencent la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol par la création d'une structure grumeleuse (Peres et *al.*, 2012).

8.3.Vers de terre appropriés pour le vermicompostage

Il existe des espèces de vers de terre appropriées pour le vermicompostage : ce sont les espèces épigées. Celles-ci sont caractérisées par la capacité naturelle à coloniser les déchets organiques, avec un taux de consommation, de digestion et d'assimilation de la matière organique élevé ; une tolérance à un large éventail de facteurs environnementaux ; des cycles de vie courts et un taux de reproduction élevé. Leur endurance et la tolérance à la manipulation montrent leur bon potentiel pour le vermicompostage (Dominguez et Edwards, 2010).

Toutefois très peu d'espèces de vers de terre possèdent toutes ces caractéristiques. On compte seulement cinq d'entre elles qui ont été largement utilisées pour le vermicompostage. Il s'agit de *Eisenia andrei* (Savigny), *Eisenia faetida* (Bouché), *Dendrobaena veneta* (Savigny) et dans certains cas, *Perionyx excavatus* (Perrier) et *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Francis et al., 2003 ; Dominguez et Edwards, 2010). Ces espèces sont réparties dans le monde en fonction des régions et des conditions climatiques qui y règnent.

Dans les régions tempérées, les espèces appropriées pour le vermicompostage sont entre autres :

Eisenia faetida (Savigny, 1826) et ***E. andrei*** (Bouché 1972) caractérisés par leur cycle de vie court, leur large plage de tolérance à la température et à l'humidité. Ce sont des vers de terre résilients et faciles à manipuler. La température optimale pour la croissance des deux espèces est de 25 °C bien qu'elles puissent tolérer une large gamme de conditions d'humidité, la teneur en eau optimale pour ces espèces est de 85 % (Dominguez et Edwards, 2010)

Lumbricus rubellus (Hoffmeister, 1843) se trouve généralement dans les sols humides, en particulier ceux auxquels du fumier animal ou des solides d'égouts ont été appliqués. Ce ver est connu pour sa préférence des conditions humides et pour sa survie à des températures froides. La température optimale pour sa croissance est de 18 °C.

L. rubellus a un cycle de vie relativement long (120 à 170 jours) avec un taux de croissance lent et une longue période de maturation (74 à 91 jours). A ces espèces on peut aussi ajoutée *Dendrodrilus rubidus* (Savigny 1826) et *D.veneta* (Rosa 1886). Quelques espèces sont également retrouvées en régions tropicales. Parmi les plus utilisées, il y a :

Eudrilus eugeniae (Kinberg 1867) est originaire d'Afrique, c'est un grand ver de terre qui est raisonnablement prolifique et dans des conditions optimales, peut être considéré comme idéal pour la production de protéines pour l'alimentation animale (Dominguez et Edwards, 2010). Ses principaux inconvénients sont : sa faible tolérance à la température et sa sensibilité à la manipulation. Son taux de reproduction est élevé et il est capable de décomposer rapidement de grandes quantités de déchets organiques et de les incorporer dans la terre arable (Edwards, 1988). Il montre une préférence pour les températures élevées, avec une production maximale de biomasse entre 25 et 30 °C, alors que les taux de croissance sont très faibles à 15 °C (Dominguez et al., 2001). Malgré la grande taille de *E. eugeniae* qui facilite sa manipulation et sa récolte par rapport aux espèces couramment utilisées telles que *E. faetida* et *P. excavatus*, elle est beaucoup plus sensible aux perturbations et à la manipulation et peut parfois migrer des aires de reproduction (Dominguez et al., 2001)

- *Perionyx excavatus* (Perrier 1872) est couramment rencontré dans une grande partie de l'Asie du Sud tropicale (Gates, 1972), bien qu'il ait également été transporté en Europe et en Amérique du Nord. Il s'agit d'une espèce épigée qui vit uniquement dans les déchets organiques. Une teneur élevée en humidité et des quantités adéquates de matière organique appropriée sont nécessaires pour que les populations s'établissent pleinement et pour traiter efficacement les déchets organiques. Ce lombric tropical est très prolifique et est presque aussi facile à manipuler qu'*E. faetida* et très facile à récolter.

Son principal inconvénient est son incapacité à résister aux basses températures, mais dans les conditions tropicales, il semble être une espèce idéale. Bien qu'il ait un temps de maturation et d'incubation plus court qu'*E. eugeniae*. L'espèce *P. excavatus*, ne prolifère pas beaucoup à basses températures, même s'il peut survivre à 4 °C. En revanche, il est moins sensible aux températures élevées de plus de 30 °C qu'*E. eugeniae* (Dominguez et Edwards, 2011).

Tableau 1. Ecologie de différentes espèces de vers de terres

Espèces de vers de terre	Classification écologique	Interaction écologique	Caractéristiques	Avantages écologiques
<i>D. octaedra</i> , <i>Bimastus minusculus</i> , <i>Dendrobaena veneta</i> , <i>Dendrodriulus rubidus</i> , <i>B. eiseni</i> , <i>Lumbricus spp</i> , <i>Eiseniella tetraedra</i> and <i>Eisenia foetida</i>	Espèces épigées	trouvées dans les couches superficielles du sol, le compost et les feuilles mortes.	Elles sont plus petites en taille, ont un corps uniformément pigmenté, un gésier actif, un cycle de vie court, un taux de reproduction élevé et une capacité de régénération, tolèrent les perturbations, sont phytophages.	Elles sont des productrices efficaces de compost, aident à la pulvérisation de la litière et à sa décomposition précoce, sont des biodégradeurs efficaces et libèrent des nutriments.
<i>Aporrectodea. rosea</i> , <i>A. caliginosa</i> , <i>A. trapezoids</i> and <i>Millsonia anomala</i>	Espèces endogées et polyhumiques	. Sol supérieur, type (A1)	Corps non pigmenté, de petite taille, se nourrissant abondamment du sol riche, creusant horizontalement dans le sol.	
<i>Allolobophora chlorotica</i> and <i>Pontoscolex corethrurus</i>	Espèces endogées et mésohumiques.	Couches de sol (horizons A et B).	Corps non pigmenté, de taille moyenne, créent des galeries horizontales intensives dans le sol, se nourrissent de la matière organique du sol (sol de type A1).	
<i>Aminthas</i> sp	Espèces endogées et oligohumiques.	Couches de sol (horizons B et C).	Très grandes en taille, non pigmentées, forment des galeries horizontales intensives, se nourrissent de sols pauvres et profonds.	
<i>A. longa</i> , <i>L. Polyphemus</i> and <i>L. terrestris</i> ,	Espèces anéciques.	Creusent de manière extensive dans le sol.	Pigmentées sur la partie dorsale du corps, plus grandes en taille, avec un taux de reproduction moins élevé, nocturnes, phyto-géophages, forment de manière extensive des trous de creusement permanents verticalement profonds dans le sol.	

9. Rôles bénéfiques du vermicompost

9.1. Contient un pourcentage élevé de matière organique ,d'humus ou acides humiques

L'ajout de vermicompost améliore le taux de la matière organique, la porosité, l'aération, le drainage et la capacité de rétention d'eau des sols (Joshi et *al.*, 2015 ; Kilbacak et *al.*, 2021).

L'humus aide les particules du sol à se regrouper, créant ainsi des canaux pour le passage de l'air et améliorant sa capacité à retenir l'eau et sa porosité (Adhikary, 2012).

L'augmentation de la porosité a été attribuée à une augmentation du nombre de pores dans les plages de tailles de 30-50 μm et 50-500 μm et à une diminution du nombre de pores supérieurs à 500 μm (Lunt et Jacobson, 1994 ; Nighawan et Kanwar, 1952).

Les acides humiques sont des composants majeurs de l'humus formés par la biodégradation de matière organique morte du sol (Stevenson, 1994). Ils augmentent l'absorption des nutriments par les plantes en augmentant la perméabilité de la membrane cellulaire des racines, en stimulant la croissance des racines et en augmentant la prolifération des poils radiculaires (Pramanik et *al.*, 2007).

Le pourcentage élevé d'acides humiques dans le vermicompost contribue également à la santé des plantes en favorisant la synthèse de composés phénoliques tels que les anthocyanines et les flavonoïdes qui peuvent améliorer la qualité de la plante et agir comme un moyen de dissuasion contre les ravageurs et les maladies (Theusnissen et *al.*, 2010).

9.2. Amélioration de la conductivité électrique et de pH

Le sol traité avec du vermicompost présente une conductivité électrique (CE) significativement plus élevée et un pH neutre. Ces deux facteurs jouent également un rôle déterminant dans le rythme du cycle des nutriments dans le sol, la réduction d'éléments influençant la croissance des plantes, l'accroissement de la résistance des plantes ou la tolérance aux maladies et aux attaques des nématodes (Tiwari et *al.*, 1989).

9.3. Contient des nutriments facilement assimilables par les plantes.

Les nutriments présents dans le vermicompost sont disponibles sous forme de phosphates, nitrates, calcium soluble et potassium, ce qui les rend accessibles aux plantes (Jangra et *al.*, 2019). Les nutriments présents dans le vermicompost sont mentionnés dans le Tableau 2

Tableau 2 . Concentration des nutriments présents dans le vermicompost (Garg et Gupta, 2009).

Nutriments	Quantité
S	128.0 à 548.0 mg kg ⁻¹
Zn	5.7 à 9.3 mg kg ⁻¹
Fe	2.0 à 9.3 mg kg ⁻¹
Cu	2.0 à 9.3 mg kg ⁻¹
Ca and Mg	22.67 à 47.6 (Meq/100 g)
Na	0.055 à 0.3 %
P	0.1 à 0.26 %
K	0.15 à 0.256 %
N	0.5 à 0.9 %
C	9.15 à 17.88 %

9.4. Effet bénéfique pour la santé humaine.

Plusieurs études ont montré que les vers de terre accumulent efficacement ou biodégradent plusieurs produits chimiques organiques et inorganiques, y compris les résidus de "métaux lourds", de "pesticides organochlorés" et de "hydrocarbures aromatiques polycycliques" présents dans le milieu dans lequel ils vivent (Sinha et *al.*, 2009).

Les fruits et légumes cultivés de manière biologique, notamment par l'application de vermicompost, sont hautement nutritifs, riches en protéines, antioxydants, minéraux et vitamines, ainsi qu'en antioxydants par rapport à leurs homologues cultivés par l'ajout des engrais chimiques et peuvent être très bénéfiques pour la santé humaine (Sinha, 2012 ; Olle, 2019).

9.5. Lutte contre ravageurs des cultures

Il semble y avoir de fortes preuves que le vermicompost repousse parfois les ravageurs à exosquelette dure (Arancon, 2004).

Edwards et Arancon (2004) rapportent une diminution statistiquement significative des populations d'arthropodes (pucerons, cochenilles farineuses, acariens) et une réduction subséquente des dommages aux plantes, par l'application des doses de vermicompost allant de 20% à 40% sur des plants de tomates, de poivrons et de choux.

Cette activité insecticide est due aux chitinases produites par les vers et contenus dans le vermicompost, décomposant la chitine de l'exosquelette de ces insectes (Munroe, 2007).

9.6. Contient une microflore bénéfique

L'application de vermicompost en tant qu'engrais pour le sol aide à préserver et à restaurer la fertilité (Kumar et *al.*, 2013; Passarini et *al.*, 2014), tout en améliorant considérablement la biomasse microbienne et la biodiversité du sol (Hernandez et *al.*, 2014).

La microflore associée aux vers de terre et aux vermicompost contient des microorganismes essentiels pour la croissance et le développement durable des cultures tel que les bactéries et les actinomycètes (Frankenberger et Arshad, 1995 ; Raimi et *al.*, 2022). (Tableau 3).

Ces bactéries favorisent et stimulent directement la croissance par la fixation de l'azote (N), la solubilisation des nutriments, la production d'hormones ou régulateurs de croissance telles que des auxines, des gibbérellines, des cytokinines, l'éthylène, l'acide ascorbique, et l'aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) déaminase et indirectement en antagonisant les champignons pathogènes par la production de sidérophores, de chitinase, de β -1,3-glucanase, d'antibiotiques, de pigments fluorescents et de cyanure (Frankenberger et Arshad, 1995 ; Han et *al.*, 2005; Raimi et *al.*, 2022).

Suhane (2007) a constaté que le nombre total de bactéries était supérieur à 10^{10} par gramme de vermicompost, incluant des actinomycètes, des *Azotobacter*, des *Rhizobium*, des *Nitrobacter* et des bactéries solubilisants le phosphate, dont les quantités variaient de 10^2 à 10^6 par gramme de vermicompost.

Tableau 3 . Microflore bénéfique associée aux vers de terre de vermicompostage

ver de terre	Noms des bactéries	Traits bénéfiques	References
<i>Eudrilus sp</i>	Libre-vivant Fixateurs de N ₂ <i>Azospirillum</i> , <i>Azotobacter</i> , Autotrophes <i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrobacter</i> , Bactéries ammonifiantes, Solubilisateurs de phosphate, <i>Pseudomonas fluorescents</i>	Promotion de la croissance des plantes par la nitrification, la solubilisation du phosphate et la suppression des maladies des plantes	(Gopal et al.,2009)
<i>Eisenia fetida</i>	Protéobactéries, Bactéroïdètes, Verrucomicrobia, Actinobactéries, Firmicutes <i>Bacillus spp. Bacillus. megaterium, Bacillus pumillus, Bacillus subtilis</i>	Activité antifongique contre <i>Colletotrichum coccodes</i> , <i>R. solani</i> , <i>P. ultimum</i> , <i>P. capsici</i> et <i>Fusarium moniliforme</i> Activité antimicrobienne contre <i>Enterococcus faecalis</i> DSM 2570, <i>Staphylococcus aureus</i> DSM 1104	(Yasir et al.,2009a) (Vaz-Moreira et al., 2008)
<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Pseudomonas fluorescentes</i> , Actinomycètes filamenteux <i>Brodyrhizobium japonicum</i>	Suppression de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. asparagi et <i>Fusarium proliferatum</i> chez l'asperge, <i>Verticillium dahliae</i> chez l'aubergine et <i>Fusarium. oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i> Race 1 chez la tomate Amélioration de la distribution des nodules sur les racines de soja	(Elmer ,2009) Rouelle (1983)
<i>Aporrectodea trapezoides Aporrectodea rosea</i>	<i>Pseudomonas corrugata</i> 214OR	Suppression de <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>Tritid</i> chez le blé	(Doube et al.,1994)
<i>A. trapezoides Microscolex dubius</i>	<i>Rhizobium meliloti</i> L5- 30R	Augmentation de la nodulation racinaire et de la fixation de l'azote chez les légumineuses	(Stephens et al.,1994)
<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	Promotion de la croissance des plantes	(Madsen et Alexander ,1982)
<i>Pheretima sp.</i>	<i>Pseudomonas oxalaticus</i>	Dégradation de l'oxalate	(Khambata et Bhat,1953)

9.7. Lutte contre les agents pathogènes

Le vermicompost est efficace contre les champignons phytopathogènes *Colletotrichum coccodes*, *Fusarium moniliforme*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* et *Pythium ultimum* (Yasir et al., 2009) *Rhizoctonia solani* (Tuitert et al., 1998 ; Vinale et al., 2009), *Fusarium oxysporum* (Sinha et al., 2010), *Sclerotinia sclerotiorum* (Vinale et al., 2009),

Les vers de terre consomment des rhizobactéries antagonistes et promoteurs de la croissance des plantes tels que *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Streptomyces* et les champignons mycorhiziens ainsi que le sol de la rhizosphère. Ces microorganismes peuvent être activés ou amplifiés par le microenvironnement favorable de l'intestin des vers et libérés dans le sol favorisant indirectement la croissance des plantes en inhibant les maladies fongiques et bactériennes grâce à la sécrétion d'antibiotiques, de sidérophores, de chitinases et de glucanases qui dégradent les parois cellulaires des champignons et des bactéries pathogènes (Ananthakrishnasamy, 2019).

10. Composition du thé de vermicompost

Les nutriments et les microorganismes se transfèrent du vermicompost dans la solution liquide, communément appelée thé de vermicompost, ce qui la rend applicable sur les cultures (Ingham 2005; Pant et al., 2009).

Le thé de vermicompost contient des macroéléments nutritifs N.P.K sous forme NO_3 , PO_4 . Il contient 2 à 3% d'azote, 1,85 à 2,25% de potassium et 1,55 à 2,25% de phosphore, des oligo-éléments, des microorganismes bénéfiques au sol comme les bactéries fixatrices d'azote et les champignons mycorhiziens (Singh et al., 2008), et des micronutriments qui présentent des effets bénéfiques sur la croissance et le rendement des plantes, disponibles sous forme de Ca, K, Mg et S. Il contiennent une grande proportion des substances humiques sous forme des acides fulviques et humiques qui fournissent de nombreux sites de réaction chimique aux organismes microbiens, connus d'améliorer la croissance des plantes et la suppression des maladies par les activités des bactéries (*Bacillus*), des levures (*Sporobolomyces* et *Cryptococcus*) et des champignons (*Trichoderma*), ainsi que des antagonistes chimiques tels que des phénols et des acides aminés (Nagavalemma et al., 2004).

Il est également riche en régulateurs de croissance (comme l'acide indole acétique, les gibbérellines et les cytokinines) (Arancon et al., 2005)

11. Effets bénéfiques du thé de vermicompost

Le thé de vermicompost contient des microorganismes bénéfiques, des nutriments et des promoteurs de croissance des plantes, et son application a montré une amélioration de la germination des graines, de la croissance et de l'amélioration des rendements, ainsi que la

suppression des maladies des plantes à la fois par application foliaire ou racinaire (Keeling *et al.*, 2006; Arancon *et al.*, 2007 ; Simsek-Ersahin *et al.*, 2009 ;Pajot, 2010 ;Khattiyaphutthimet *et al.*, 2020; Arancon *et al.* 2020).

Les thés de vermicompost ont également un potentiel significatif pour le contrôle des ravageurs en raison de la présence de substances phénoliques qui rendent les tissus végétaux non appétissants (Pathma et Sakthivel ,2012).Il constitue ainsi un bon insecticide à action préventif (Sloane, 2003). Il contient également l'acide humique qui peut améliorer la qualité du sol (Atiyeh *et al.*, 2001).

Les propriétés physico-chimiques des nutriments et des substances humiques présentes dans le thé de compost peuvent améliorer la teneur nutritionnelle des plantes, induire une résistance systématique contre le pathogènes et/ou être directement toxiques pour les pathogènes des plantes (Kone *et al.*,2010).

L'application foliaire du thé de vermicompost favorise la croissance de micro-organismes bénéfiques, agissant ainsi comme agent de biocontrôle des pathogènes (Dianez *et al.*, 2007).



MATERIEL
ET
METHODES

1. Matériel et Méthodes

1.1. Semis et entretien de la culture

Le semis (Figure 8) a été effectué le 15 novembre 2024, en respectant un espacement de 0,3 mètre entre les lignes.

La profondeur de semis a été adaptée selon la nature du sol (sol argileux), avec une mise en terre des graines à une profondeur de 2 cm.

La densité de semis adoptée était de 1kg de graines /m², assurant ainsi une bonne répartition des plants dans la parcelle.

Des opérations régulières de binage, buttage et désherbage ont été menées tout au long du cycle de culture afin de maintenir la parcelle propre, limiter la concurrence des mauvaises herbes et soutenir la croissance saine des plants de pois.



Figure 8. Semis des graines de pois

1.2. Préparation du vermicompost (vermicompostage)

Le vermicompostage à petite échelle est généralement réalisé à l'aide d'un composteur à trois compartiments (Zazouli et *al.*, 2009).

Ce processus suit plusieurs étapes successives permettant la transformation des déchets organiques en un compost stable et riche en nutriments (Figure 9)

La première étape est la phase de précompostage initiale, qui dure environ 15 jours. Durant cette période, les déchets organiques sont soumis à une température comprise entre 45 et 65 °C, favorisant plusieurs transformations essentielles.

Ce processus permet une réduction de la masse des déchets, l'élimination des substances volatiles potentiellement toxiques pour les vers de terre, ainsi qu'une gestion optimale de l'humidité. De plus, cette phase joue un rôle clé dans la destruction des germes pathogènes et des graines de mauvaises herbes, réduisant ainsi les risques de contamination du compost final (Domínguez et *al.*, 1997 ; Nair et *al.*, 2006).

Matériel et méthodes

La phase mésophile marque le début de l'intervention des vers de terre et des microorganismes. Les vers fragmentent, homogénéisent et mélangent la matière organique avec les microorganismes présents dans leur tube digestif. Lors de son passage à travers leur gésier, la matière organique est exposée à diverses enzymes digestives, telles que la protéase, la lipase, l'amylase, la cellulase et la chitinase, qui facilitent la décomposition des biomolécules complexes en composés plus simples (Bajal et al., 2019).

À l'issue de ce processus, 90 à 95 % de la matière ingérée est rejetée sous forme de granulats biologiques, appelés "moulées", d'un diamètre inférieur à 2 microns. Ces moulées constituent un substrat propice à l'action microbienne, favorisant la poursuite de la décomposition et la stabilisation du compost (Aslam et al., 2020 ; Ahmad et al., 2021).

Enfin, la phase de maturation et stabilisation permet d'obtenir un compost stable et mature, prêt à être utilisé comme amendement organique. Un vermicompost de qualité se caractérise par plusieurs indicateurs, dont un pH compris entre 7 et 9, signe de sa stabilité (Avnimelech et al., 1996). La réduction du rapport C/N indique une décomposition avancée de la matière organique, tandis qu'une concentration en nitrates (NO_3^-) supérieure à celle des ammoniums (NH_4^+) confirme une bonne minéralisation des composés azotés (Singh et al., 2014 ; Gomez-Brandon et al., 2008).

De plus, un vermicompost mature doit garantir un taux de germination d'au moins 80 %, preuve de l'absence de phytotoxines et de son innocuité pour les cultures (Sellami et al., 2008).



Figure 9 . Etapes de Préparation de vermicompost

1.3. La préparation de thé de vermicompost

Le thé de vermicompost est un biofertilisant liquide utilisé par pulvérisation foliaire, biologiquement active, sans odeur, obtenu après une macération et filtration d'une faible quantité de vermicompost dans l'eau en présence d'aération et l'ajout de mélasse (Natchavatthong *et al.*, 2019). (figure 10)

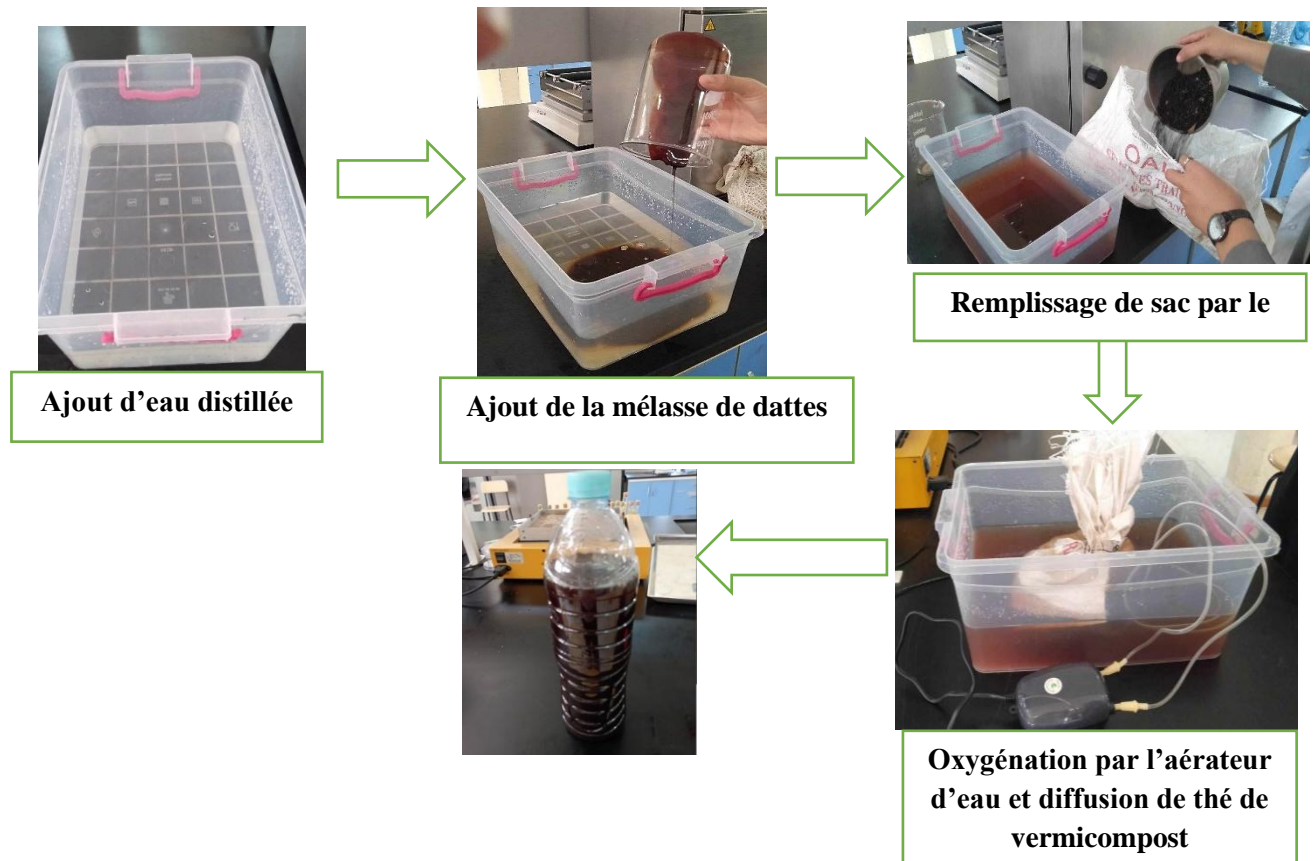


Figure 10. Préparation du thé de vermicompost

1.4. 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 11) sont mentionnées dans le Tableau 4 sont appliquées par voies racinaire (figure 12) et foliaire (figure 13). 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, le taux de chlorophylle des feuilles.

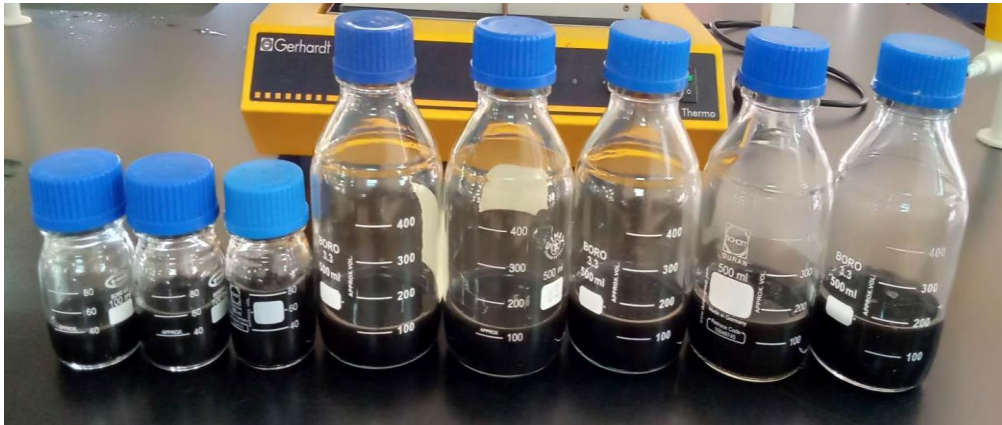


Figure 11. Préparation des doses



Figure12 . Application racinaire.



Figure 13.Application foliaire

Tableau 4 .Doses de thé de vermicompost appliquées aux plants de pois par voies foliaire et racinaire.

Application foliaire (%)	Application racinaire (%)
10	10
15	15
20	20
25	25
30	30
35	35
40	40
45	45

1.5.Extraction et mesure du taux de chlorophylle.

Cette étape est effectuée selon la méthode de Porra (2002) avec quelques modifications mineures. On commence par collecter 1 g de feuilles des plantes en question, qui sont ensuite minutieusement hachées. Ces feuilles hachées sont broyées dans un mortier stérile à l'aide d'un pilon pour obtenir une pulpe fine. Cette pulpe est transférée dans un bocal et immergée dans de l'éthanol pendant une durée de 15 minutes. Pour la phase de filtration, un entonnoir est positionné au-dessus d'un second bocal en verre, et un papier filtre est installé dans l'entonnoir. L'extrait obtenu du premier bocal est alors versé dans l'entonnoir, permettant ainsi la filtration de l'extrait.

L'analyse spectrophotométrique a été réalisée aux longueurs d'onde de 663 nm (pic d'absorption de la chlorophylle "a") et 645 nm (pic d'absorption de la chlorophylle "b") en utilisant une solution blanc(témoin) de 95 % d'éthanol. Les concentrations de chlorophylle "a" et "b" ont été calculées à l'aide des équations suivantes :

$$\text{Concentration de chlorophylle "a" } (\mu\text{g/mL}) = (12.7 * A_{663} - 2.69 * A_{645}) * V / W$$

$$\text{Concentration de chlorophylle "b" } (\mu\text{g/mL}) = (22.9 * A_{645} - 4.68 * A_{663}) * V / W$$

où : A₆₆₃ = Absorbance à 663 nm ; A₆₄₅ = Absorbance à 645 nm ; V = Volume du solvant d'extraction (en mL, généralement 10 mL) ; W = Poids de l'échantillon (en g).Le contenu total en chlorophylle a été déterminé en additionnant les concentrations des deux types de chlorophylle (Figure 14)

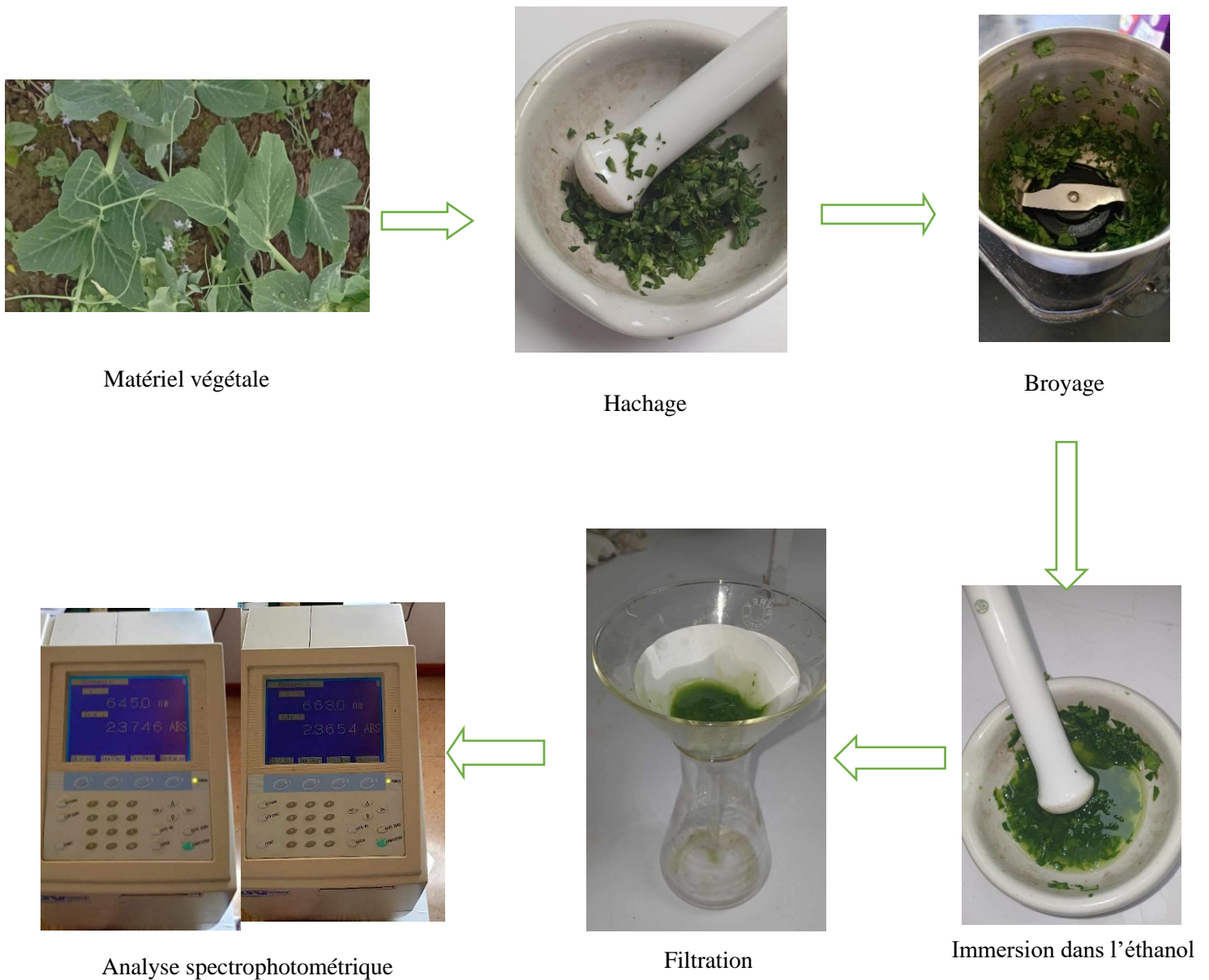


Figure 14. Extraction et Mesure du taux de chlorophylle

2. Analyse des données statistiques.

Une analyse de variance (ANOVA) suivie du test de Tukey (HSD) avec un intervalle de confiance de 95 % a été réalisée afin de comparer les valeurs obtenues pour les différents paramètres étudiés et de les regrouper en classes homogènes. L'ensemble des analyses statistiques a été effectué à l'aide du logiciel XLSTAT 2019 (Addinsoft, 2019, XLSTAT Statistical Data Analysis Solution, Paris, France).



RESULTATS
ET
DISCUSSION

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Résultats

Tableau 5 . Analyse ANOVA des paramètres étudiés

Paramètre	Source de variation	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F-value	p-value	Conclusion
Rendement	Traitements	10	145.32	14.53	85.21	< 0.001	Différences très significatives
	Résidus	88	15.01	0.17			
Longueur de tige	Traitements	10	1024.56	102.46	112.34	< 0.001	Différences très significatives
	Résidus	88	80.23	0.91			
Nombre de feuilles	Traitements	10	678.45	67.85	94.67	< 0.001	Différences très significatives
	Résidus	88	63.12	0.72			
Chlorophylle totale	Traitements	13	18650.6	1434.66	1.03e+06	< 0.001	Différences très significatives
	Résidus	56	0.078	0.0014			

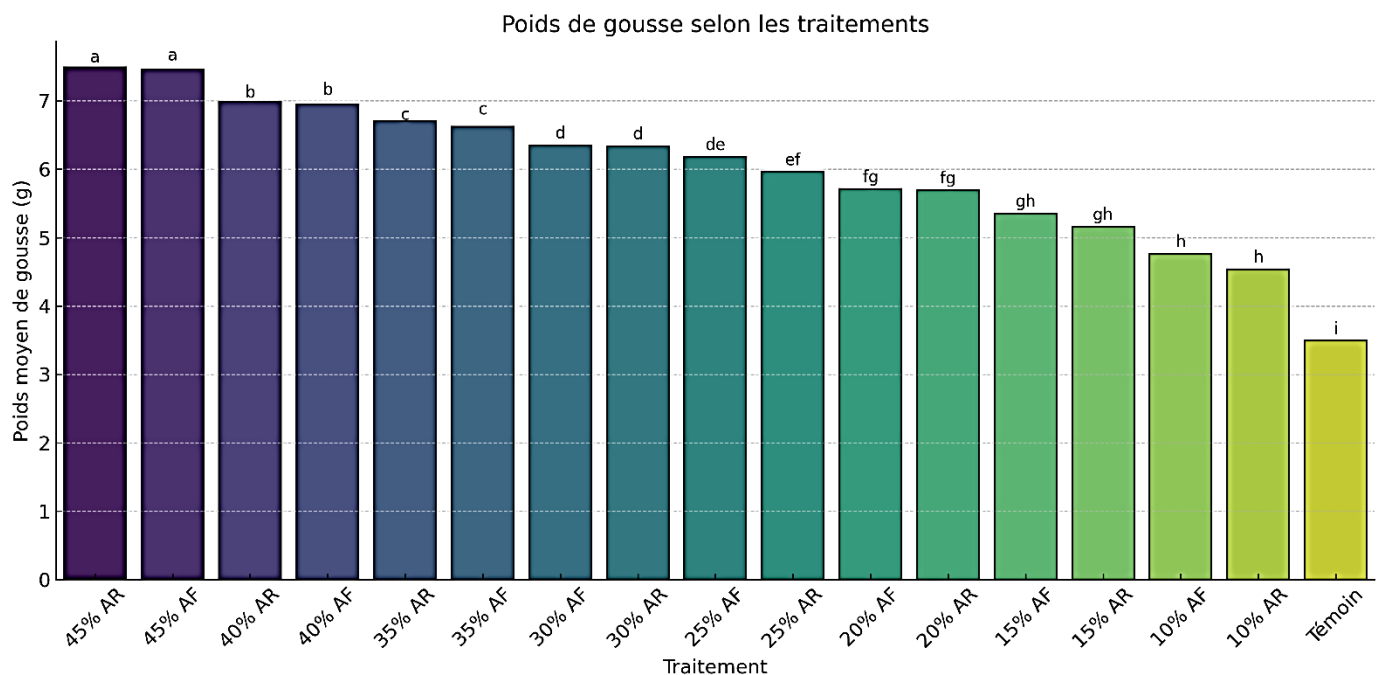


Figure 15. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le poids de gousses de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

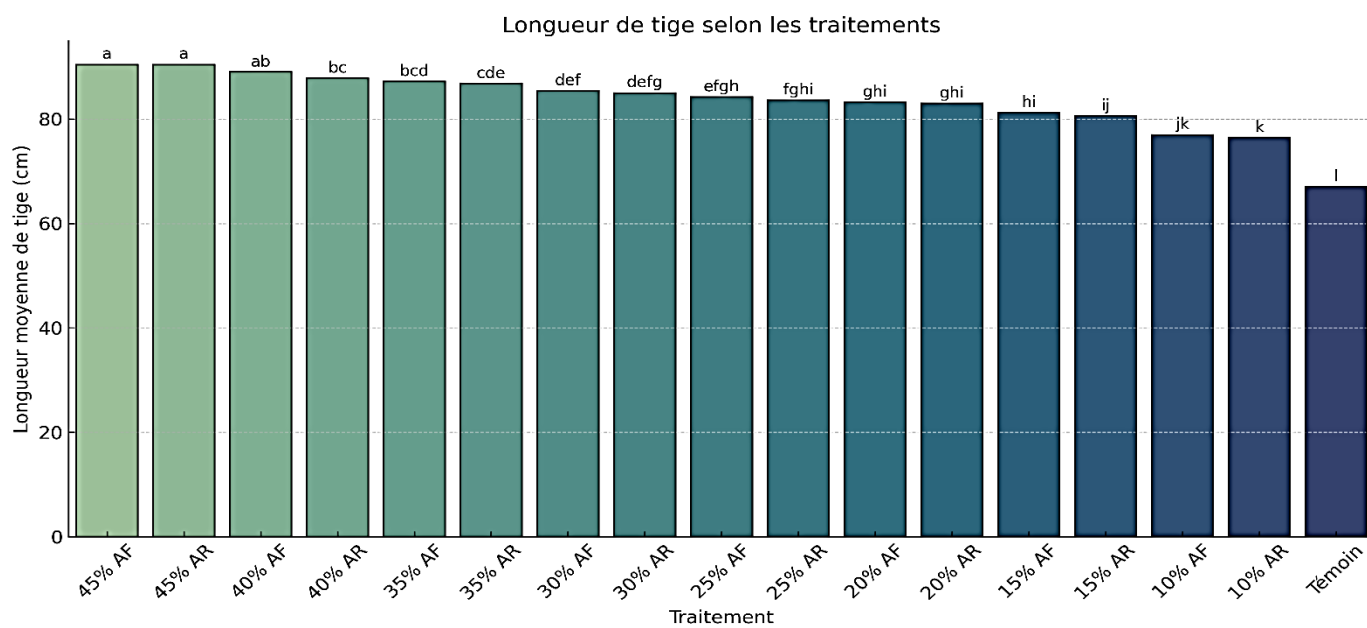


Figure 16. Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

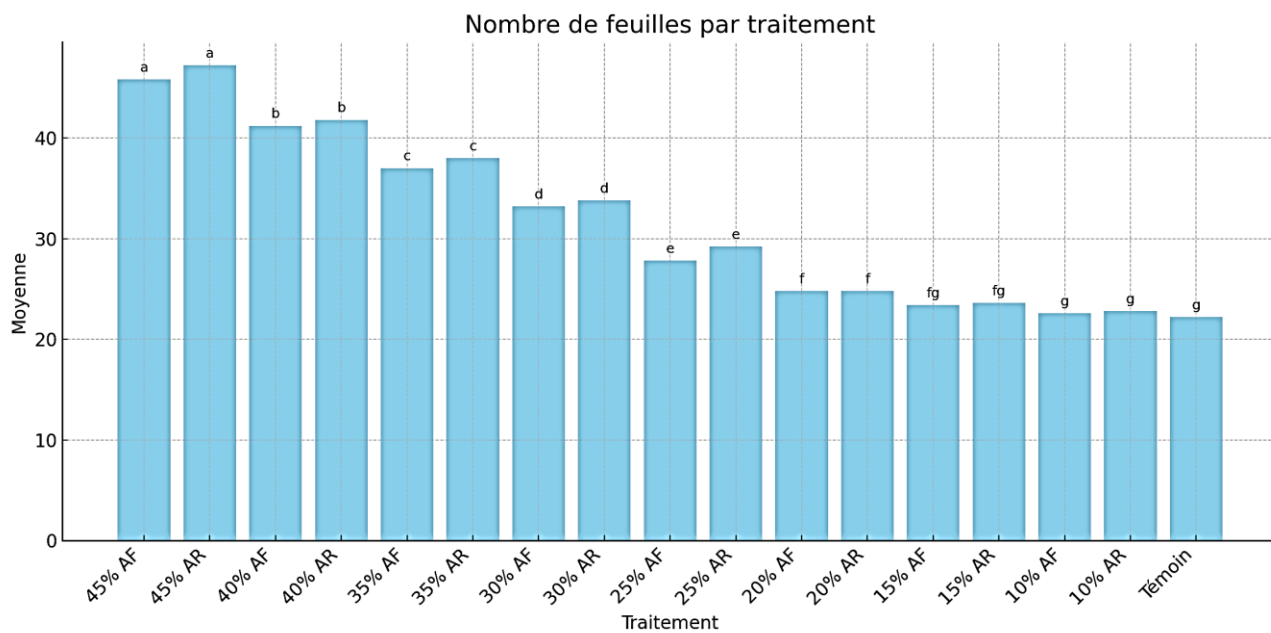


Figure 17. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

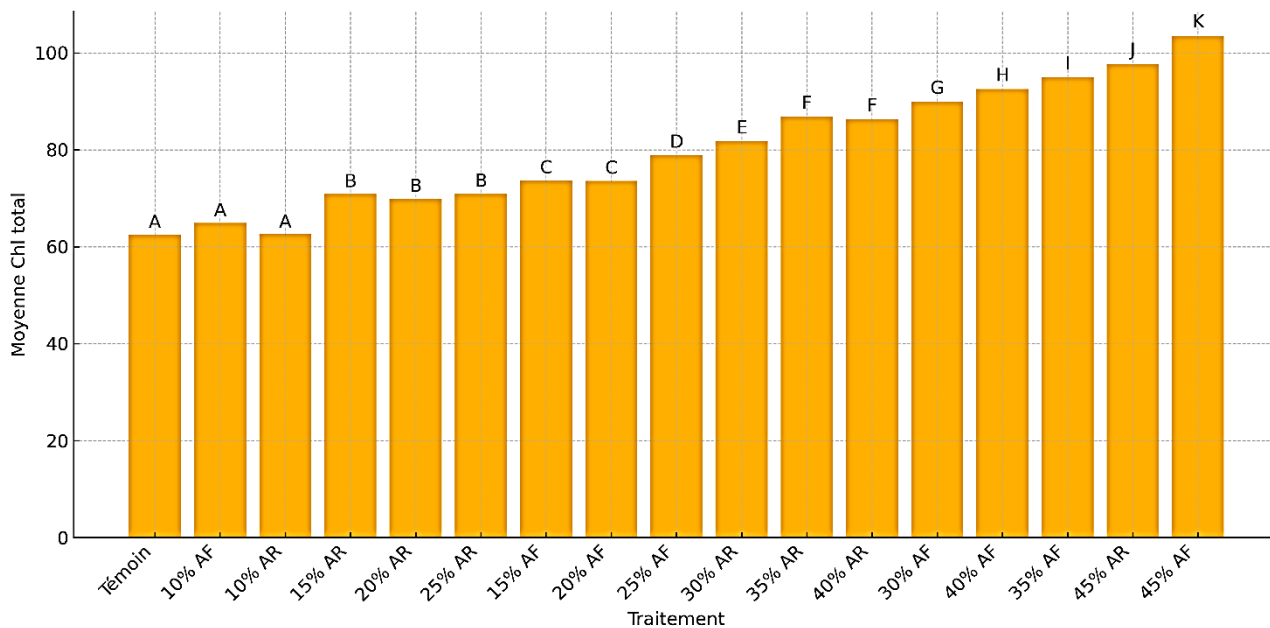


Figure 18. Effet de l'application de thé de vermicompost sur le taux de chlorophylle totale de feuilles de pois (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

Les résultats montrent une tendance claire et cohérente : le poids moyen des gousses, la longueur des tiges et le nombre de feuilles augmentent globalement avec la concentration des traitements, qu'ils soient appliqués par voie foliaire (AF) ou racinaire (AR).

Le poids moyen des gousses diminue progressivement à mesure que la concentration des traitements diminue. Les traitements à 45 %, que ce soit en application foliaire ou racinaire, affichent les valeurs les plus élevées (7,46 g et 7,49 g, groupe homogène "a"), révélant une efficacité maximale à cette concentration. En revanche, le témoin et le traitement à 10 % AR présentent les poids les plus faibles (4,54 g et 3,49 g, groupes "h" et "i"), ce qui indique une absence d'effet stimulant significatif à faible dose.

Cette tendance suggère que des concentrations élevées favorisent la formation de gousses plus lourdes, probablement en raison d'une meilleure assimilation des nutriments ou d'une amélioration des processus physiologiques. La similitude des groupes homogènes entre les deux modes d'application suggère une efficacité globalement comparable.

Une évolution similaire est observée pour la croissance en hauteur. Les traitements à 45 %, aussi bien foliaires que racinaires, enregistrent les longueurs maximales (90,4 cm, groupe "a"). À mesure que la concentration diminue, la longueur des tiges décroît également. Les traitements à 10 % AF (77 cm, groupe "jk") et 10 % AR (76,4 cm, groupe "k") présentent une réduction marquée, tandis que le témoin (67 cm) est relégué au groupe homogène le plus faible ("l").

Résultats et discussion

Ces résultats mettent en évidence une relation dose-dépendante, avec des différences significatives dès 35 %, et une chute marquée en dessous de 25 %. Cela pourrait être attribué à l'effet des traitements sur la division et l'élongation cellulaire, favorisant un développement végétatif accru.

Le nombre de feuilles est également influencé par la concentration et le mode d'application. Les applications à 45 % (AF et AR) présentent les nombres les plus élevés (45,8 et 47,2, groupe "a"), confirmant l'effet stimulant des fortes concentrations. En revanche, le témoin (22,2 feuilles) et les traitements à 10 % se retrouvent dans le groupe "g", enregistrant les valeurs les plus basses.

On constate une réduction progressive du nombre de feuilles avec la diminution des concentrations, ce qui s'aligne parfaitement avec les tendances observées pour les gousses et les tiges. Cette baisse pourrait être liée à une diminution de la photosynthèse et de la croissance générale, en l'absence d'une stimulation suffisante.

L'évolution de la chlorophylle totale renforce cette interprétation. En effet, elle augmente progressivement avec les concentrations croissantes du traitement foliaire (AF), atteignant un maximum à 45 %, ce qui indique une stimulation photosynthétique optimale à cette concentration. Les groupes recevant une application racinaire (AR) présentent également une augmentation de la chlorophylle, bien que leurs valeurs soient légèrement inférieures à celles des traitements foliaires à concentrations équivalentes. En revanche, le témoin affiche systématiquement les niveaux les plus faibles, traduisant une faible activité photosynthétique en l'absence de traitement. Les données révèlent une cohérence remarquable entre tous les paramètres étudiés. Les concentrations élevées (≥ 40 %), qu'elles soient appliquées par voie foliaire ou racinaire, stimulent significativement la croissance végétative et la productivité. Cette réponse positive met en évidence un effet dose-dépendant, suggérant que les substances actives présentes dans les traitements exercent un impact physiologique bénéfique à partir d'un certain seuil.

La proximité des effets entre les deux modes d'application ouvre la voie à une interchangeabilité stratégique, selon les objectifs agricoles et les ressources disponibles.

2. Discussion

Les biofertilisants sont des produits riches en nutriments qui jouent un rôle fondamental dans l'amélioration de l'activité biologique du sol, la stimulation de la croissance et du développement des plantes, ainsi que la protection contre les maladies et les ravageurs (Reganold, 1995 ; Rivera et al., 2012 ; Bozsik, 1996 ; Dabrowski et al., 2007 ; Godlewska et al., 2019 ; Abdalla, 2013 ; Hayat, 2018). Parmi ces biofertilisants, le thé de vermicompost se distingue par son efficacité et sa polyvalence. Il peut être appliqué soit en pulvérisation foliaire, soit en traitement racinaire, offrant ainsi une flexibilité d'utilisation selon les besoins des cultures.

Résultats et discussion

Le thé de vermicompost est un liquide organique riche en nutriments, produit par la décomposition de la matière organique grâce à l'activité des vers de terre (Edwards & Arancon, 2004). Il est largement utilisé comme fertilisant en raison de sa teneur élevée en micro-organismes bénéfiques, en enzymes et en éléments nutritifs essentiels qui favorisent la croissance des plantes et améliorent la qualité du sol (Atiyeh et al., 2001). De nombreuses études ont démontré que son utilisation permet d'augmenter significativement les rendements agricoles, d'améliorer la qualité des fruits et légumes et de réduire l'incidence des maladies végétales (Kavitha & Kumar, 2013). Grâce à son origine organique et à sa capacité à recycler les matières naturelles, le thé de vermicompost constitue une solution écologique et durable pour l'agriculture.

L'analyse de la composition minérale du thé de vermicompost révèle une diversité d'éléments nutritifs indispensables à la croissance des plantes. Ces éléments peuvent être classés en macronutriments et en micronutriments, selon les quantités requises par les végétaux. Parmi les macronutriments, on retrouve l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le magnésium (Mg), le calcium (Ca) et le soufre (S), qui jouent un rôle fondamental dans le métabolisme et le développement des plantes.

L'azote est un élément clé dans la synthèse des protéines, des enzymes et des vitamines. Il est indispensable à la formation des acides aminés et intervient dans la production de chlorophylle, essentielle à la photosynthèse. Il favorise également la division cellulaire et le développement des tissus végétaux. Le phosphore, bien que peu mobile dans le sol, joue un rôle central dans le stockage et le transfert d'énergie sous forme d'ADP et d'ATP. Il est également impliqué dans la photosynthèse, la respiration cellulaire, ainsi que dans la synthèse des acides nucléiques et des phospholipides. Ce macronutriment est essentiel à la germination des graines, à la croissance des racines et à la maturation des fruits et des graines.

Le potassium, sous forme d'ions K^+ , est crucial pour la régulation de nombreuses fonctions physiologiques des plantes. Il intervient dans la synthèse des protéines, la croissance cellulaire et la photosynthèse. De plus, il améliore la résistance des plantes aux conditions environnementales défavorables, notamment les maladies, le froid et la sécheresse, en contribuant à la formation de parois cellulaires robustes. Il régule également la transpiration et facilite le transport des nutriments à travers le xylème et le phloème.

Le magnésium, absorbé sous forme d'ions Mg^{2+} , est un élément essentiel à la croissance des plantes. Il constitue un composant fondamental du chloroplaste et participe à la synthèse des pigments chlorophylliens, indispensables à la photosynthèse. En outre, il joue un rôle clé dans la synthèse des protéines et des acides nucléiques, ainsi que dans le métabolisme des sucres et de l'amidon. Le calcium, quant à lui, est un nutriment immobile disponible sous forme d'ions Ca^{2+} . Il est impliqué

Résultats et discussion

dans le développement des parois cellulaires et des racines, la synthèse des protéines et des enzymes, ainsi que dans la résistance des plantes aux maladies.

Le soufre est un élément indispensable à la structure et à la fonction des protéines végétales. Il est intégré dans des acides aminés soufrés tels que la cystéine et la méthionine, qui sont essentiels à la formation des protéines. De plus, il joue un rôle structurel dans les sulfolipides, qui participent à la stabilité des membranes des chloroplastes et influencent la photosynthèse. Certains facteurs environnementaux, tels que la salinité et la carence en phosphore, peuvent moduler l'accumulation de sulfolipides, suggérant une adaptation des plantes aux conditions de stress (Ramanian et al., 2004 ; Maathuis & Diatloff, 2013).

Les micronutriments, bien que nécessaires en faibles quantités, sont tout aussi essentiels au développement des plantes. Le fer (Fe), par exemple, est un élément immobile présent sous forme de Fe^{2+} ou Fe^{3+} dans les tissus végétaux, avec une concentration moyenne de 100 ppm. Il joue un rôle crucial dans la pigmentation des feuilles, la respiration cellulaire, la synthèse et le maintien de la chlorophylle, ainsi que dans l'activation enzymatique (Uchida, 2000 ; Ronen, 2007 ; Hamdani, 2020). Le silicium (Si), quant à lui, favorise la santé des sols en réduisant la sorption du phosphore, en particulier dans des conditions de pH acide, augmentant ainsi sa disponibilité pour les plantes (Koski-Vähälä et al., 2001 ; Owino-Gerroh & Gascho, 2004).

Les résultats de cette étude confirment que le thé de vermicompost constitue un excellent biostimulant et fertilisant pour la culture des légumineuses, en particulier le pois Variété Onward en Algérie. Son utilisation représente une approche durable et écologique pour l'amélioration de la productivité agricole, tout en préservant la santé des sols et en réduisant la dépendance aux engrais chimiques.

Conclusion

Cette étude a révélé l'effet bénéfique de certains biofertilisants, en particulier le thé de vermicompost, sur la culture du pois. Les résultats montrent une tendance nette et cohérente selon laquelle les paramètres de croissance (poids moyen des gousses, longueur des tiges et nombre de feuilles) augmentent globalement avec la concentration des traitements, qu'ils soient appliqués par voie foliaire (AF) ou racinaire (AR).

Le poids moyen des gousses augmente progressivement avec la concentration des traitements. Les doses les plus élevées, à 45 % (AF et AR), enregistrent les meilleures performances (7,46 g et 7,49 g), témoignant d'une efficacité optimale à cette concentration. En revanche, le témoin et le traitement à 10 % AR affichent les poids les plus faibles (4,54 g et 3,49 g), ce qui indique l'absence d'un effet stimulant significatif à faible dose.

Ces résultats suggèrent qu'une concentration élevée favorise la formation de gousses plus lourdes, probablement par une meilleure assimilation des nutriments ou une amélioration des processus physiologiques. La similitude des valeurs obtenues entre les deux modes d'application témoigne d'une efficacité comparable.

Une tendance similaire est observée pour la longueur des tiges. Les traitements à 45 % (AF et AR) atteignent les longueurs maximales (90,4 cm). À mesure que la concentration diminue, la longueur des tiges décroît également. Les traitements à 10 % AF (77 cm) et 10 % AR (76,4 cm) présentent une diminution notable, tandis que le témoin (67 cm) enregistre la valeur la plus faible. Ces résultats indiquent une relation dose-dépendante, avec des effets significatifs dès 35 %, et une baisse marquée en dessous de 25 %. Cette amélioration de la croissance peut être attribuée à une meilleure division et élongation cellulaires, induites par le traitement.

Le nombre de feuilles est également influencé par la concentration et le mode d'application. Les applications à 45 % (AF et AR) présentent les valeurs les plus élevées (45,8 et 47,2 feuilles), confirmant l'effet stimulant des fortes concentrations. À l'inverse, le témoin (22,2 feuilles) et les traitements à 10 % affichent les résultats les plus faibles.

Une diminution progressive du nombre de feuilles est observée avec la baisse de concentration, ce qui s'aligne avec les tendances relevées pour les gousses et les tiges. Cela pourrait être lié à une réduction de la photosynthèse et de la croissance générale en l'absence d'une stimulation suffisante.

L'évolution de la chlorophylle totale soutient les observations précédentes. Elle augmente de manière progressive avec la concentration des traitements foliaires, atteignant un pic à 45 %, traduisant une activité photosynthétique optimale. Les traitements racinaires montrent également une augmentation notable, bien que légèrement inférieure à celle des traitements foliaires à concentration équivalente. Le témoin, quant à lui, enregistre systématiquement les teneurs les plus faibles, indiquant une faible activité photosynthétique sans apport de biofertilisant.

Conclusion

Les résultats de cette étude démontrent clairement que l'utilisation du thé de vermicompost, en tant que biofertilisant, améliore significativement la croissance végétative et la productivité du pois, en particulier à des concentrations élevées (≥ 40 %). Qu'ils soient appliqués par voie foliaire ou racinaire, les traitements stimulent la formation de gousses plus lourdes, favorisent la croissance en hauteur, augmentent le nombre de feuilles et renforcent la teneur en chlorophylle totale.

La réponse positive des plantes à ces traitements reflète un effet dose-dépendant, indiquant que les substances actives du thé de vermicompost ont un impact physiologique bénéfique à partir d'un certain seuil. En outre, la performance comparable entre les deux modes d'application offre une flexibilité précieuse pour les agriculteurs, selon les contraintes techniques ou les ressources disponibles.

Ainsi, le thé de vermicompost se positionne comme une alternative durable et prometteuse aux engrais chimiques, en contribuant à une agriculture plus écologique et respectueuse de l'environnement.

Références bibliographiques

- Aboulam, S. (2005). Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tricompostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière (ENSAT, Ed.). Toulouse: Thèse de Doctorat.
- Achsah, R. S., & Lakshmi Prabha, M. (2013). Potential of vermicompost produced from banana waste (*Musa paradisiaca*) on the growth parameters of *Solanum lycopersicum*. *International Journal of ChemTech Research*, 5(5), 2141–2153.
- Adhikari, K., Bhandari, S., & Acharya, S. (2020). An overview of *Azolla* in rice production: A review. *Food and Agriculture*, 2, 04-08.
- Ahmad, A., Aslam, Z., Bellitürk, K., Iqbal, N., Idrees, M., Nawaz, M. Y., Nawaz, M., Munir, M. K., Kamal, A., Ullah, E., Jamil, M. A., Akram, Y., Abbas, T., & Aziz, M. M. (2021a). Earthworms and vermicomposting: A review on the story of black gold. *Journal of Innovative Sciences*, 7(1), 167-173. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.jis/2021/7.1.167.173>
- Ahmad, A., Aslam, Z., Bellitürk, K., Iqbal, N., Naeem, S., Idrees, M., Kaleem, Z., Nawaz, M. Y., Nawaz, M., Sajjad, M., Rehman, M. U., Ramzan, H. N., Waqas, M., Akram, Y., Jamal, M. A., Ibrahim, M. U., Baig, H. A. T., & Kamal, A. (2021b). Vermicomposting methods from different wastes: An environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: A review. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 5(1), 58-68. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2021.03.009>
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology*, 54(4), 662–671. <https://doi.org/10.1007/s00248-007-9223-4>
- Ali, S. M., Nishchke, L. F., Dube, A. J., Krause, M. R., & Cameron, B. (1978). Selection of pea lines for resistance to pathotypes of *Ascochyta pinodes*, *A pisi* and *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 841-849.
- Ansari, A. A., & Ismail, S. A. (2012). Earthworms and Vermiculture Biotechnology. In S. Kumar (Ed.), *Management of Organic Waste* (p. 11). INTECH.
- Antil, R. S., Raj, D., Narwal, P. R., & Singh, J. P. (2013). Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from organic wastes and their response to wheat. *Waste and Biomass Valorization*, 4, 95–104. <https://doi.org/10.1007/s12649-012-9141-7>
- 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

Références bibliographiques

- wellbeing. *Food Quality and Preference*, 63, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.011>
- Aslam, Z., & Ahmad, A. (2020). Effects of vermicompost, vermi-tea and chemical fertilizer on morpho-physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.) in Suleymanpasa District, Tekirdag of Turkey. *Journal of Innovative Sciences*, 6, 41–46. <https://doi.org/10.17582/journal.jis/2020/6.1.41.46>
- Aslam, Z., Ahmad, A., Bellitürk, K., Iqbal, N., Idrees, M., Rehman, W. U., Akbar, G., Tariq, M., Raza, M., Riasat, S., & Rehman, S. (2020). Effects of vermicompost, vermi-tea and chemical fertilizer on morphophysiological characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum*) in Suleymanpasa District, Tekirdag of Turkey. *Pure and Applied Biology*, 9, 1920–1931. <https://doi.org/10.19045/bspab.2020.90205>
- Atiyeh, R. M., Lee, S. S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Metzger, J. (2002). The influence of humic acid derived from earthworm-processed organic waste on plant growth. *Bioresource Technology*, 84, 7–14. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00017-2)
- Avnimelech, Y., Bruner, M., Ezrony, I., Sela, R., & Kochba, M. (1996). Stability indexes for municipal solid waste compost. *Compost Science and Utilization*, 4(2), 13–20. <https://doi.org/10.1080/1065657X.1996.10701825>
- Bajal, S., Subedi, S., & Baral, S. (2019). Utilisation des déchets agricoles comme substrats pour le vermicompostage. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 12(8), 79-84.
- Bajji, M., Lutts, S., & Kinet, M. (1998). Salt stress effect on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. and their corresponding callus cultures. *Plant Science*, 137-142.
- Barik, T., Gulati, J. M. L., Garnayak, L. M., & Bastia, D. K. (2011). Production of vermicompost from agricultural wastes. *Agricultural Reviews*, 31(3), 172–183.
- Behera, S., Jyotirmayee, B., Mandal, U., Mishra, A., 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. <https://doi.org/10.3923/sjsres.2020.327.335>
- Benidire, L., Daoui, K., Fatemi, Z. A., Achouak, W., Bouarab, L., & Oufdou, K. (2015). Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(3), 800-851.
- Bertoldi, M., et al. (1984). In: *Composting of Agricultural Wastes* (J. K. R. Gasser, Ed.). Elsevier, London, pp. 27-40.
- Bouché, M. B. (1972). *Lombriciens de France, écologie et systématiques*. INRA, Paris.

Références bibliographiques

- Bovey, R. (1972). *La défonce des plantes cultivées*. Payot, Lausanne, 863p.
- Broughton, W. J., & Dilworth, M. J. (1971). Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. *Biochemical Journal*, 125, 1075-1080.
- Celik, A., Belliturk, K., & Sakin, E. (2020). Agriculture friendly bio fertilizers in waste management: Vermicompost and biochar. In M. F. Baran (Ed.), *New Approaches and Applications in Agriculture* (pp. 19-44). Iksad Publications.
- Chaoui, H. (2010). Vermicompostage (ou lombricompostage): Le traitement des déchets organiques par les vers de terre. *Fiche Technique*, Vol. 10-010, p. 8. Ontario: Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires.
- 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.
- Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 17, 4022-4034. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.01.046>
- Decaëns, T., Porco, D., Rougerie, R., Brown, G. G., & James, S. W. (2013). Potential of DNA barcoding for earthworm research in taxonomy and ecology. *Applied Soil Ecology*, 65, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.01.001>
- Delisle, S. (2011). *Les secrets d'une entreprise biologique durable*. Édition de printemps de Québec Vert.
- 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 Genomics*, 11, 468. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-468>
- Dominguez, J., Edwards, C. A., & Subler, S. (1997). A comparison of vermicomposting and composting. *BioCycle*, 38, 57–59.
- Dominguez, J., Edwards, C. A., & Dominguez, J. (2001). The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Oligochaeta) in cattle waste solids. *Pedobiologia*, 45(4), 341–353.
- Domínguez, J. (2004). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. In *Earthworm Ecology* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420039719>
- Domínguez, J., & Gómez-Brandón, M. (2005). Vermicomposting: Composting with Earthworms to Recycle Organic Wastes. In *Management of Organic Waste* (p. 20).

Références bibliographiques

- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez-Brandon, M. (2010). Chapter 5: Vermicomposting: Earthworms Enhance the Work of Microbes. In *Microbes at Work: From Wastes to Resources* (pp. 1–329). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-04043-6>
- Dominguez, J., & Edwards, C. A. (2011). Chapter 3: Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting.
- Edwards, C. A., & Burrows, I. (1988). *The Potential of Earthworms in Composting Organic Wastes*. SPB Academic Publishing.
- Edwards, C. A. (1998). In: *Earthworm Ecology* (C. A. Edwards, Ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 327-354.
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms* (3rd ed.). Chapman and Hall, London.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.02.007>
- Ferdaous, M. (2005). *Amélioration génétique de quelques génotypes de pois protéagineux*. Universitaires Européennes, France, 91p.
- 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. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-12>
- Francis, F., Haubruge, E., Thang, P. T., Van Kinh, L., Lebailly, P., & Gaspar, C. (2003). Technique de lombriculture au Sud Vietnam. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, 7(3–4), 1-10.
- Gajalakshmi, S., & Abassi, S. A. (2004). Earthworms and Vermicomposting. *International Journal of Biotechnology*, 3, 486–494. <http://hdl.handle.net/123456789/5894>
- Garg, P., Gupta, A., & Satya, S. (2006). Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*, 97, 391-395. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.03.009>
- Garg, V. K., & Gupta, R. (2009). Vermicomposting of agro-industrial processing waste. In *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation* (pp. 431-456). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7_24

Références bibliographiques

- Garg, V. K., & Gupta, R. (2011). Optimization of cow dung spiked pre-consumer processing vegetable waste for vermicomposting using *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(1), 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.09.015>
- Gates, G. E. (1972). *Burmese Earthworms: An Introduction to the Systematics and Biology of Megadrile Oligochaetes with Special Reference to Southeast Asia*. Transactions of the American Philosophical Society, 62, 1-326.
- Gerber, H. S. (1983). *Major Insect and Allied Pests of Vegetables in British Columbia*. British Columbia Ministry of Agriculture and Food Publication, 83-7, 69pp.
- Gomez-Brandon, M., Lazcano, C., & Domínguez, J. (2008). The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*, 70, 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.065>
- Grattepanche, N. (2005). Le lombricompostage: principe et applications. *Echo-MO*, 55, 3–6.
- Graves, R. E., & Hattemer, G. (2000). Chapter 2: Composting. In *USDA National Engineering Handbook* (p. 88).
- Hallatt, L. (1992). Moisture requirements in the life cycle of *Perionyx excavatus* (Oligochaeta). *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1333-1340.
- 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. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.210>
- Hendriksen, N. B. (1990). *Biological Fertility Soils*, 10, 17-21.
- Holwach, L. P. (1982). *Dissertation Abstracts International* (42). Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Ismail, S. A. (1997). *Vermicology: The Biology of Earthworms*. Orient Longman, India.
- 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), 637-642.
- Jemali, B., Soudi, B., & Lhadi, E. K. (1996). Contrôle des paramètres du compostage et appréciation de la qualité du compost des déchets ménagers de la Wilaya de Rabat-Salé. *Actes de l'Institut Agronomique et Vétérinaire*, 16(2), 43–50.
- Kabir, A. H., Paltridge, N. G., Able, A. J., Paull, J. G., & Stangoulis, J. C. (2012). Natural 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. <https://doi.org/10.1007/s00425-012-1643-9>

Références bibliographiques

- Kaviraj, & Sharma, S. (2003). Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworm. *Bioresource Technology*, 90(2), 169-173. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00123-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00123-8)
- Korav, S., Malannavar, A. B., & Sharma, L. (2021). A review: Vermicomposting: An effective option for agriculture waste management. *Biological Forum – An International Journal*, 13(2), 211-219.
- 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. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-12>
- Laundon, G. F., & Waterston, J. M. (1965). *Uromyces viciae-fabae*. *CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria*, No. 60. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England, 2pp.
- Lori, M., Symnaczik, 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180442>
- Mia, M. A., & Shamsuddin, Z. H. (2010). Rhizobium as a crop enhancer and biofertilizer for increased cereal production. *African Journal of Biotechnology*, 9, 6001-6009.
- Mitchell, A. (1997). Production of *Eisenia fetida* and vermicompost from feed-lot cattle manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 763–766. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00022-3](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00022-3)
- Morin, É. (2004). Le lombricompostage, une façon écologique de traiter les résidus organiques. In *Guide pratique* (pp. 1–20). Éditions P.-M. P.
- Munroe, G. (2004). *Guide du lombricompostage et de la lombriculture à la ferme*. Centre d'agriculture biologique du Canada (CRAAQ), 37pp.
- Nagavallema, K. P., Wani, S. P., Lacroix, S., Padmaja, V. V., Babu, Rao, M., & Sahrawat, K. L. (2004). Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Global Theme on Agrecosystems Report no. 8*. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 20pp.
- Nair, J., Mathew, K., & Goen, H. (2007). Earthworms and composting worms—Basics towards composting applications. Paper presented at 'Water for All Life—A Decentralised Infrastructure for a Sustainable Future', March 12-14, 2007, Marriott Waterfront Hotel, Baltimore, USA.

Références bibliographiques

- Nath, G., Singh, K., & Singh, D. (2009). Chemical analysis of vermicomposts/vermiwash of different combinations of animal, agro and kitchen wastes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3671–3676.
- Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13, 1868. <https://doi.org/10.3390/su13041868>
- Nygaard Sorensen, J., & Thorup-Kristensen, K. (2011). Plant-based fertilizers for organic vegetable production. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 321–332. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900321>
- Olle, M. (2019). Vermicompost, its importance and benefit in agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 2019, 93–98.
- Pagaria, P., & Totwat, K. L. (2007). Effects of press mud and spent wash in integration with phosphogypsum on metallic cation build-up in the calcareous sodic soils. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 55(1), 52-57.
- Panday, S. N., & Yadav, A. (2009). Effect of vermicompost amended alluvial soil on growth and metabolic responses of rice (*Oryza sativa* L.) plants. *Journal of Eco-friendly Agriculture*, 4(1), 35–37.
- Pérès, G., Cluzeau, D., Hotte, H., & Delaveau, N. (2012). Fiche indicateur: les vers de terre. *ADEME*, 4.
- Pérès, G., Vandenbulcke, F., Guernion, M., Hedde, M., Beguiristain, T., Douay, F., ... Cluzeau, D. (2011). Earthworm indicators as tools for soil monitoring, characterization and risk assessment. An example from the national Bioindicator programme (France). *Pedobiologia*, 54(SUPPL.), S77–S87. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2011.09.015>
- Pearce, T. G., Oates, K., & Carruthers, W. J. (1990). A fossil earthworm embryo (*Oligochaeta*) from beneath a Late Bronze Age midden at Potterne, Wiltshire. *Journal of Zoology*, 220(4), 537–542.
- Pirsaheb, M., Khosravi, T., & Sharafi, K. (2013). Domestic scale vermicomposting for solid waste management. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-4>
- Raj, D., & Singh, R. (2012). Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from farm wastes. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(8), 817–832. <https://doi.org/10.1080/03650340.2011.588598>

Références bibliographiques

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145079>
- Ramesh, P., Singh, M., & Rao, A. S. (2005). Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Science*, 88(4), 561-568. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyaa018>
- Razafindrakoto, M. (2012). *Etude des Annélides Oligochètes de Madagascar: Taxonomie, Distribution et Ecologie*. Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo.
- Reddy, M. V., & Pasha, M. (1993). Influence of rainfall, temperature and some soil physicochemical variables on seasonal population structure and vertical distribution of earthworms in two semi-arid tropical grassland soils. *International Journal of Biometeorology*, 37, 19-26. <https://doi.org/10.1007/BF01214364>
- Reinecke, A. J., Viljoen, S. A., & Saayman, R. J. (1992). The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of temperature requirements. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(12), 1295–1307. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90147-B](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90147-B)
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0489-3>
- Rostami, R. (2011). Vermicomposting. *Integrated Waste Management*, II(1), 13. <https://doi.org/10.2307/3964883>
- Sellami, F., Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., & Ammar, E. (2008). Maturity assessment of composted olive mill wastes using UV spectra and humification parameters. *Bioresource Technology*, 99, 6900–6907. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.01.055>
- Shanthi, K. (2018). Evaluation of maturity parameters of vermicomposts prepared from different biodegradable wastes. *International Journal of Life Sciences*, 6(2), 487–493.
- Sierra, J., Loranger-Merciris, G., & Solvar, F. (2011). Le vermicompostage en Guadeloupe. *INRA*, 1–5.
- Silawat, N., Chouhan, S., Sairkar, P., Garg, R. K., Vijay, N., & Mehrotra, N. N. (2010). Estimation of bacterial diversity in soil and vermicompost using sole source carbon utilization (SSCU) profile. *African Journal of Microbiology Research*, 4(4), 255–266.

Références bibliographiques

- Singh, J. (1997). Habitat preferences of selected Indian earthworm species and their efficiency in reduction of organic material. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 585–588. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00208-9](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00208-9)
- Singh, N. (2006). Effect of initial substrate pH on vermicomposting using *Perionyx excavatus* (Perrier, 1872). *Applied Ecology and Environmental Research*, 4, 85-97.
- Singh, J., Kaur, A., & Vig, A. P. (2014). Bioremediation of distillery sludge into soil-enriching material through vermicomposting with the help of *Eisenia fetida*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 174(4), 1403–1419. <https://doi.org/10.1007/s12010-014-1116-7>
- Singh, A., & Sharma, S. (2002). Composting of crop residues through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology*, 85, 107–111. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00097-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00097-7)
- Sinha, R. K., Patel, U., Soni, B. K., & Li, Z. (2014a). Earthworms for safe and useful management of solid wastes and wastewaters, remediation of contaminated soils and restoration of soil fertility, promotion of organic farming and mitigation of global warming: A review. *Journal of Environment and Waste Management*, 1(1), 011–025.
- Sinha, R. K., Hahn, G., Soni, B. K., & Agarwal, S. (2014b). Sustainable agriculture by vermiculture: Earthworms and vermicompost can ameliorate soils damaged by agrochemicals, restore soil fertility, boost farm productivity and sequester soil organic carbon to mitigate global warming. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 2(8), 99–114.
- Surekha, K., Jhansilakshmi, V., Somasekhar, N., Latha, P. C., Kumar, R. M., Rani, N. S., Rao, K. V., & Viraktamath, B. C. (2010). Status of organic farming and research experiences in rice. *Journal of Rice Research*, 3(1), 23-35.
- Suthar, S., & Singh, S. (2008). Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5, 99–106. <https://doi.org/10.1007/BF03326002>
- Thomas, L., & Singh, I. (2019). Microbial biofertilizers: Types and applications. In B. Giri, R. Prasad, Q. S. Wu, & A. Varma (Eds.), *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* (pp. 1-19). Springer.
- Wong, J. M. C., Fang, M., Li, G. X., & Wong, M. H. (1997). Feasibility of using coal ash residue as composting materials for sewage sludge. *Environmental Technology*, 18, 563-568. <https://doi.org/10.1080/09593331808616572>

Références bibliographiques

- Wu, L., Ma, L. Q., & Martinez, G. A. (2000). Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality*, 29, 424–429. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900020007x>
- Yadav, S., Singh, S., & Gupta, C. (2022). Environmental benign synthesis of some novel biologically active 7-hydroxy and methyl coumarin derivatives. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100260. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100260>
- Zazouli, M. A., Ardebilian, M. B., Ghahramani, E., & Alahabad, G. M. (2009). *Principles of Compost Production Technology*. Khaniran, Tehran.
- Zucconi, F., Forte, M., Monac, A., & De Beritodi, M. (1981). Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle*, 22, 27-29.

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 et le taux de chlorophylle totale de la culture.

Les meilleurs résultats pour ces 4 paramètres sont enregistrés par l'application foliaire et racinaire de thé de vermicompost à 45 %. avec un poids maximale de gousses de 7,49 g, une longueur maximale de plants de 90,4 cm, un nombre de feuilles maximale de 47,2 feuilles /plant et un taux de chlorophylle totale de 103.3728 µg/mL

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، عدد أوراق أقصى يبلغ 95.4 ورقة لكل نبتة. ومعدل كلوروفيل كلي 103.3728 ميكروغرام/مل"

الكلمات المفتاحية:شاي الفرميكبوست، البازلاء

Abstract

This study examines the effects of vermicompost tea application on pea cultivation. Different concentrations of vermicompost tea were tested on pea plants, demonstrating significant improvements in several growth parameters including pod weight, plant height, leaf count, and total chlorophyll content. The most optimal results across all four measured parameters were obtained with a combined foliar and root application of 45% vermicompost tea solution. This treatment produced maximum yields with pod weights reaching 7.49 g, plant heights of 90.4 cm, leaf counts averaging 47.2 leaves per plant, and a total chlorophyll concentration of 103.3728 µg/mL. The findings highlight the efficacy of vermicompost tea as a biostimulant for enhancing pea crop productivity and physiological characteristics.

Keywords: Vermicompost tea, Pea