



**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  
fève *Vicia faba* L**

**Présenté par:**

**-Madjani youssra**

**-Toumi anissa**

**-Sahli nourelhouda**

**Soutenue devant le jury:**

**Présidente : Laarit sabah**

**M.C.A**

**UNIV SKIKDA**

**Encadreur : Laib Djamel eddine**

**M.C.B**

**UNIV SKIKDA**

**Examineur : Hafsi zakaria**

**M.C.B**

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

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

# *Dédicaces*

*Je dédie cette réussite à ma famille...*

*Ce que j'ai de plus précieux au monde.*

*À ma mère et mon père,*

*Merci du fond du cœur pour votre présence constante à mes côtés et votre soutien inestimable.*

*À mes frères et sœurs : Salah, Sarah, Mariam, Islam et Jennane,*

*Je vous aime énormément et j'espère être toujours une source de fierté et de bonheur pour vous.*

*Aujourd'hui, je suis heureuse de vous avoir avec moi en ce moment si spécial.*

*Je suis fière de moi, car j'ai accompli ce que je désirais depuis longtemps...*

*J'ai été diplômée, oui, je l'ai fait !*

*Et tout cela, grâce à Dieu avant tout, puis à votre encouragement et votre aide.*

*Merci à Dr Laib djamel eddine ,pour votre soutien et vos conseils.*

*Louange à Dieu qui m'a guidée et accordé cette réussite.*

# *Dédicaces*

*Avec une profonde gratitude et un immense respect, je dédie ce modeste travail :*

*À mes chers parents*

*Source inépuisable d'amour, de soutien et de sacrifices, qui n'ont cessé de croire en moi et de m'encourager tout au long de mon parcours. Que ce travail soit l'expression de ma reconnaissance infinie.*

*À mes frères et sœurs*

*Pour leur soutien, leur patience et leurs encouragements constants, vous avez été ma force dans les moments difficiles.*

*À mes enseignants*

*Pour leur précieuse transmission du savoir, leur disponibilité et leurs conseils avisés, qui ont contribué à forger mon parcours académique.*

*À mes amis et collègues*

*Avec qui j'ai partagé des souvenirs inoubliables, des moments de doute et de réussite. Votre soutien a été une véritable source de motivation.*

*À toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire*

*Je vous suis reconnaissant du fond du cœur*

*Anissa*

# *Pédicaces*

*Louange à Dieu qui m'a guidé et aidé jusqu'à ce que j'atteigne ce succès.*

*A mon cher père, tes paroles resteront ma lumière peu importe combien de temps je vivrai, que Dieu ait pitié de toi.*

*A ma chère maman, tes prières sont le secret de ma réussite et ta tendresse est le baume de mon âme.*

*Que Dieu ait pitié de toi.*

*A mes frères bien-aimés, mon soutien et la lumière de mes jours, que Dieu vous protège.*

*À mon fiancé bien-aimé, merci d'être toujours ma force et mon cœur fidèle, ce succès est le vôtre comme le mien.*

*À mon professeur, merci pour votre patience, vos conseils et votre immense bienveillance.*

*youssra*

## Remerciements

## Dédicaces

## Liste de figures

## Liste d'abréviations

Introduction .....	1
1. Description de la plante.....	2
1.1. Système racinaire.....	2
1.2. Tige.....	2
1.3. Feuilles.....	3
1.4. Fleurs.....	3
1.5. Fruits.....	4
1.6. Les graines .....	5
2. Position systématique.....	5
3. Origine.....	5
4. Intérêts de la fève.....	6
4.1. Intérêt agronomique.....	6
4.2. Intérêt alimentaire.....	6
5. Exigences de la culture de la fève.....	6
5.1. Exigences agronomiques.....	6
5.1.1. Préparation du sol.....	6
5.1.2. Installation de la culture.....	7
5.1.3. Fertilisation.....	7
5.1.4. Soins culturaux.....	7
5.2. Exigences pédoclimatiques.....	7
5.2.1. Sol.....	7
5.2.2. Climat.....	8
5.2.2.1. Température.....	8
5.2.2.2. Lumière.....	8
5.2.2.3. Humidité et eau.....	8
1. Historique .....	9
2. Le vermicompost.....	9
2.1. Le stockage de vermicompost.....	9
2.2. Doses d'application de vermicompost .....	10
3. Le thé de vermicompost .....	10
4. Le vermicompostage.....	10
4.1. Définition.....	10
4.2. Le processus de vermicompostage.....	11

4.2.1.Phase de pré-compostage initiale .....	11
4.2.2.Phase mésophile .....	11
4.2.3. Phase de maturation et de stabilisation. ....	11
5.Systèmes de vermicompostage.....	12
5.1.Vermicompostage en bac ou en silos.....	12
5.2. Vermicompostage en andain.....	13
5.3.Vermicompostage en lit.....	13
6. Facteurs influençant le vermicompostage.....	14
6.1.La température.....	14
6.2.L'humidité.....	14
6.3.le PH.....	15
6.4.Aération.....	15
6.5.Teneur en ammoniac.....	16
6.6. Le rapport C/N.....	16
6.7. La conductivité électrique.....	17
7. Intérêt écologique du vermicompostage.....	17
8. Les vers de terres.....	17
8.1. Biologie des vers de terre.....	17
8.2.Écologie des vers de terre.....	18
8.2.1.Les vers épigés .....	18
8.2.3.Les vers endogés .....	18
8.3.Vers de terre appropriés pour le vermicompostage.....	18
9. Rôles bénéfiques du vermicompost .....	22
9.1. Contient un pourcentage élevé de matière organique d'humus ou acides humiques.....	22
9.2. Amélioration de la conductivité électrique et de ph.....	22
9.3. Contient des nutriments facilement assimilables par les plantes.....	22
9.4. Effet bénéfique pour la santé humaine. ....	23
9.5. Lutte contre ravageurs des cultures .....	23
9.6. Contient une microflore bénéfique .....	24
9.7. Lutte contre les agents pathogènes.....	26
10. Composition du thé de vermicompost.....	26
11. Effets bénéfiques du thé de vermicompost.....	26
1.Matériel et Méthodes.....	28
1.1. Semis et entretien de la culture.....	28
1.2. Préparation du vermicompost (vermicompostage) .....	28
1.3. La préparation de thé de vermicompost .....	30

<b>1.4. L'effet de l'emploi de bio fertilisant (Vermicompost ) sur la culture de fève ( Variété Muchaniel ) .....</b>	<b>30</b>
<b>1.5..Extraction et mesure du taux de chlorophylle. ....</b>	<b>32</b>
<b>Résultats et discussion.....</b>	<b>34</b>
<b>Résultats.....</b>	<b>34</b>
<b>Discussion .....</b>	<b>37</b>
<b>Conclusion .....</b>	<b>40</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>41</b>

## *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

---

<b>Figure 1.</b> Racines de la fève .....	<b>2</b>
<b>Figure 2.</b> Tige de la fève .....	<b>3</b>
<b>Figure 3.</b> Feuilles de la fève .....	<b>3</b>
<b>Figure 4.</b> Fleurs de la fève .....	<b>4</b>
<b>Figure 5.</b> Fruits de la fève .....	<b>4</b>
<b>Figure 6.</b> Graines de la fève .....	<b>5</b>
<b>Figure 7.</b> Semis des graines de fève.....	<b>28</b>
<b>Figure 8 .</b> Etapes de Préparation de vermicompost.....	<b>29</b>
<b>Figure 9</b> Préparation du thé de vermicompost.....	<b>30</b>
<b>Figure 10 .</b> Préparation des doses.....	<b>31</b>
<b>Figure 11.</b> Application foliaire.....	<b>31</b>
<b>Figure 12.</b> Application racinaire. ....	<b>31</b>
<b>Figure 13.</b> Extraction et Mesure du taux de chlorophylle.....	<b>33</b>
<b>Figure 14.</b> Effet de l'application de thé vermicompost sur le poids de gousses de la fève (AF :application foliaire,AR :application racinaire).....	<b>34</b>
<b>Figure 15 .</b> Effet de l'application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de la fève (AF :application foliaire,AR :application racinaire).....	<b>35</b>
<b>Figure 16.</b> Effet de l'application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de la fève (AF :application foliaire,AR :application racinaire).....	<b>35</b>
<b>Figure 17.</b> Effet de l'application de thé de vermicompost sur le taux de chlorophylle totale de la fève (AF :application foliaire,AR :application racinaire).....	<b>36</b>

## *Liste de tableaux*

---

<b>Tableau 1.</b> Ecologie de différentes espèces de vers de terres.....	<b>21</b>
<b>Tableau 2 .</b> Concentration des nutriments présents dans le vermicompost .....	<b>23</b>
<b>Tableau 3 .</b> Microflore bénéfique associée aux vers de terre de vermicompostage.....	<b>25</b>
<b>Tableau 4.</b> Doses de thé de vermicompost appliquées aux plants de fève dur par voies foliaire et racinaire. ....	<b>32</b>
<b>Tableau 5.</b> Analyse ANOVA des paramètres étudiés.....	<b>34</b>



# ***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 ; 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 la fève *Vicia faba* L. Elle est structurée en trois parties :

- La première partie propose une revue bibliographique axée sur le vermicompost et la fève *Vicia faba* 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 la fève.
- Enfin, la troisième partie expose et analyse les résultats des différentes expériences menées.



***SYNTHESE***  
***BIBLIOGRAPHIQUE***

## 1. Description de la plante

La fève (*Vicia faba* L.) est une plante herbacée annuelle qui se distingue des autres espèces du genre *Vicia* par ses chromosomes plus larges et moins nombreux. Il s'agit d'une espèce diploïde ( $2n = 12$ , soit  $n = 6$  chromosomes), tandis que la majorité des autres espèces du genre possèdent généralement  $n = 7$  chromosomes (Lawes et *al.*, 1983 ; Peron, 2006).

### 1.1. Système racinaire

La fève développe une racine pivotante robuste, pouvant atteindre une profondeur d'un mètre. Ce système racinaire est fortement ramifié, avec un réseau de racines secondaires bien développé et une abondance de nodosités concentrées dans les premiers centimètres du sol (Laumonier, 1979). (Figure 1).



**Figure 1.** Racines de la fève (Photo personnelle,2025)

### 1.2. Tige

La tige de la fève (*Vicia faba* L.) est robuste, rugueuse et dressée, assurant un port érigé à la plante. Contrairement à d'autres légumineuses, elle est généralement non ramifiée, bien que certaines variétés puissent développer de légères ramifications en fonction des conditions environnementales et du mode de culture. Sa hauteur varie en fonction des variétés, atteignant souvent plus d'un mètre chez certaines d'entre elles (Peron, 2006).



**Figure 2.** Tige de la fève (Photo personnelle,2025)

### **1.3. Feuilles**

Les feuilles de la fève (*Vicia faba* L.) sont de type composé, alternes et pennées. Elles sont formées de 2 à 4 paires de folioles larges, de forme ovale, et présentent une coloration caractéristique allant du vert glauque au grisâtre (Chaux et Foury, 1994).



**Figure 3.** Feuilles de la fève (Photo personnelle,2025)

### **1.4. Fleurs**

Les fleurs de la fève (*Vicia faba* L.) sont de type papilionacé, caractérisées par leur structure typique des légumineuses. Elles présentent une teinte blanche ou légèrement violacée et possèdent une macule noire distinctive sur chaque aile.

L'inflorescence est disposée en grappes regroupant en moyenne 4 à 5 fleurs, situées à l'aisselle des feuilles. (Maoui et *al.*, 1990 ; Chaux et Foury, 1994). (Figure 4).



**Figure 4.** Fleurs de la fève (Photo personnelle,2025)

### 1.5. Fruits

Le fruit de la fève (*Vicia faba* L.) est une gousse de grande taille, épaisse et de couleur verte à maturité. Chaque gousse renferme généralement entre 4 et 8 graines, dont la forme et la taille varient en fonction des variétés cultivées. La gousse joue un rôle essentiel dans la protection et le développement des graines, assurant leur maturation avant la dispersion. Au fil du temps, elle peut changer de couleur, passant du vert au brun à mesure qu'elle sèche, signalant ainsi la fin du cycle de maturation (Chaux et Foury, 1994). (Figure 5).



**Figure 5.** Fruits de la fève (Photo personnelle,2025)

**1.6. Les graines :** sont les plus volumineuses de toutes les espèces légumières, charnues et vert tendre à l'état immature, puis d'un brun-rouge à maturité elles prennent une forme aplatie à contour arrondi (Chaux et Foury, 1994). (Figure 6).



**Figure 6.**Graines de la fève (Photo personnelle,2025)

## 2. Position systématique

Selon Dajoz(2000) la fève est classée comme suit :

Règne.....	Végétal
Sous-règne.....	Cormophyte
Embranchement.....	Spermaphytes
Sous-embranchement .....	Angiospermes
Classe .....	Dicotylédones
Sous classe.....	Dialypétales
Série.....	Caliciformes
Ordre.....	Rosales
Famille.....	Fabacées
Sous-famille .....	Papilionacées
Genre .....	Vicia
Espèce.....	<i>Vicia faba</i> L. (1753)

## 3. Origine

La fève (*Vicia faba* L.) est une légumineuse largement cultivée à travers le monde, mais son origine remonte aux régions méditerranéennes du Moyen-Orient (Péron, 2006 ; Mathon, 1985).

Depuis son centre d'origine, elle s'est progressivement répandue vers l'Europe, s'implantant notamment dans les régions tempérées. Son expansion a également suivi la vallée du Nil

jusqu'en Éthiopie, tandis qu'en parallèle, elle s'est diffusée depuis la Mésopotamie vers le sous-continent indien, favorisée par les échanges commerciaux et les pratiques agricoles anciennes (Mathon, 1985).

Elle est considérée comme l'une des plus vieilles espèces légumières cultivées, des restes de cette culture ont été trouvés à Palestine et qui remontent à 6000 ans (Cuberoj, 2011).

## **4. Intérêts de la fève**

### **4.1. Intérêt agronomique**

La fève présente de nombreux avantages sur le plan agronomique, notamment en tant que légumineuse essentielle dans les rotations culturales grâce à sa capacité à fixer l'azote atmosphérique. Selon Hamadache (2003), cette fixation est rendue possible par la symbiose entre la plante et les bactéries présentes dans les nodosités de ses racines. En conséquence, la fève nécessite peu ou pas d'apports d'engrais azotés, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie, ainsi que les émissions de gaz à effet de serre et de gaz acidifiants.

De plus, la fève contribue à l'amélioration de la structure du sol et favorise la biodiversité microbienne. Sa croissance vigoureuse et son feuillage dense lui confèrent une capacité naturelle à étouffer les adventices, limitant ainsi le recours aux herbicides. Ces caractéristiques font de la fève une culture particulièrement adaptée aux systèmes d'agriculture biologique.

### **4.2. Intérêt alimentaire**

La fève (*Vicia faba* L.) est une légumineuse à haute valeur nutritionnelle, constituant une source importante de protéines végétales et d'énergie. Elle peut être consommée sous différentes formes : fraîche, lorsque les graines sont encore vertes, ou sèche, après maturation. Dans de nombreux pays en développement, elle est considérée comme une alternative viable aux protéines animales en raison de son accessibilité et de sa richesse nutritionnelle (Maatougui, 1996).

Avec une teneur élevée en protéines avoisinant 300 g/kg, la fève est également une excellente source de fibres solubles et insolubles, de glucides complexes, ainsi que de vitamines (notamment B9 et C). Elle apporte également une diversité de minéraux essentiels tels que le potassium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer et le zinc, jouant un rôle clé dans l'équilibre nutritionnel et la prévention des carences alimentaires (Gordon, 2004).

## **5. Exigences de la culture de la fève**

### **5.1. Exigences agronomiques**

#### **5.1.1. Préparation du sol**

Avant le semis, un labour d'été d'une profondeur de 30 à 35 cm suivi d'un désherbage est recommandé. Cette opération permet d'ameublir le sol en profondeur, d'éliminer les obstacles structuraux et d'assurer une meilleure infiltration de l'eau de pluie, favorisant ainsi un bon développement du système racinaire. De plus, une aération adéquate du sol améliore l'activité des bactéries symbiotiques (rhizobiums) responsables de la fixation biologique de l'azote, qui dépend de l'oxygène présent dans le sol (Maoui et al., 1990).

Afin de prévenir l'apparition de maladies et limiter l'impact des ravageurs et parasites, il est déconseillé de cultiver la fève sur la même parcelle avant un intervalle de 4 à 5 ans. De même, la rotation avec d'autres légumineuses telles que le pois chiche, la lentille ou le haricot est à éviter pour minimiser les risques sanitaires (Maoui et al., 1990).

### **5.1.2. Installation de la culture**

Le semis de la fève doit être réalisé entre octobre et début mars, selon les conditions agroclimatiques et les variétés cultivées (Laumonier, 1979). Les semis précoces sont particulièrement adaptés aux zones côtières où les températures sont plus douces (Aït Abdellah et al., 1996), tandis que les semis tardifs conviennent mieux aux plaines intérieures et aux zones montagneuses, qui sont exposées à la sécheresse printanière et aux ravageurs, notamment le puceron noir (*Aphis fabae*).

### **5.1.3. Fertilisation**

En tant que légumineuse, la fève a des besoins en azote limités grâce à sa capacité de fixation symbiotique. Toutefois, elle requiert un apport en phosphore et en potassium pour assurer un bon développement. La fertilisation phospho-potassique doit être ajustée en fonction des cultures précédentes et des teneurs en éléments nutritifs du sol. Les recommandations générales sont d'environ 30 kg d'acide phosphorique ( $P_2O_5$ ) et 100 à 150 kg de potasse ( $K_2O$ ) par hectare (Alioua, 2000).

### **5.1.4. Soins culturaux**

Pour optimiser la croissance de la fève, il est essentiel de réaliser régulièrement des opérations de binage, d'arrosage et de sarclage, notamment lorsque les plants atteignent environ 15 cm de hauteur. Ces interventions permettent de contrôler efficacement les adventices, d'améliorer la structure du sol et d'optimiser la conservation de l'eau.

Le binage est particulièrement recommandé par rapport au hersage, car il permet une action prolongée contre les mauvaises herbes, ce qui est crucial en présence de plantes vivaces envahissantes (Alioua, 2000).

## **5.2. Exigences pédoclimatiques**

### **5.2.1. Sol**

La fève s'épanouit préférentiellement dans des sols profonds, argilo-sableux ou calcaires, riches en potassium et bien drainés. Son développement optimal est observé dans des sols ayant un pH avoisinant 7,1. Toutefois, elle ne tolère pas les excès d'humidité qui peuvent nuire à la croissance des racines et favoriser l'apparition de maladies (Péron, 2006).

### **5.2.2. Climat**

#### **5.2.2.1. Température**

La germination des graines de fève s'effectue à partir d'une température du sol de 5°C, tandis que la température optimale pour la croissance de la plante se situe entre 15°C et 25°C. La fève possède une bonne résistance au froid, pouvant tolérer des températures allant jusqu'à -3°C voire -4°C (Chaux, 1971 ; Matthews et Marcellos, 2003).

En revanche, elle est particulièrement sensible aux températures élevées, qui peuvent entraîner un arrêt de croissance, un jaunissement des feuilles (chlorose) et, dans les cas extrêmes, une destruction totale de la végétation (Chaux et Foury, 1994).

#### **5.2.2.2. Lumière**

La fève est une plante de jour long, ce qui signifie qu'elle requiert une forte intensité lumineuse pour assurer un développement optimal. Une exposition adéquate à la lumière favorise l'allongement de la tige et la formation rapide des nœuds (Bedjaoui, 2000).

#### **5.2.2.3. Humidité et eau**

La fève est une plante exigeante en humidité, particulièrement durant les périodes critiques de son cycle végétatif et de sa floraison. Elle est sensible au stress hydrique, ce qui peut compromettre son rendement et la qualité de sa production.

Sa culture est adaptée aux zones bénéficiant d'une pluviométrie annuelle comprise entre 450 et 500 mm, ce qui lui permet de maintenir un bon niveau d'humidité dans le sol et d'assurer une croissance optimale (Chaux et Foury, 1994).

### **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 ( $\beta$ -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 ;Devi et Prakash 2015 ;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.*, 2005).

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>Dendrodrilus 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  $\mu\text{m}$  et 50-500  $\mu\text{m}$  et à une diminution du nombre de pores supérieurs à 500  $\mu\text{m}$  (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 <sup>-1</sup>
Zn	5.7 à 9.3 mg kg <sup>-1</sup>
Fe	2.0 à 9.3 mg kg <sup>-1</sup>
Cu	2.0 à 9.3 mg kg <sup>-1</sup>
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  $\beta$ -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 N2 <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  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ . 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**

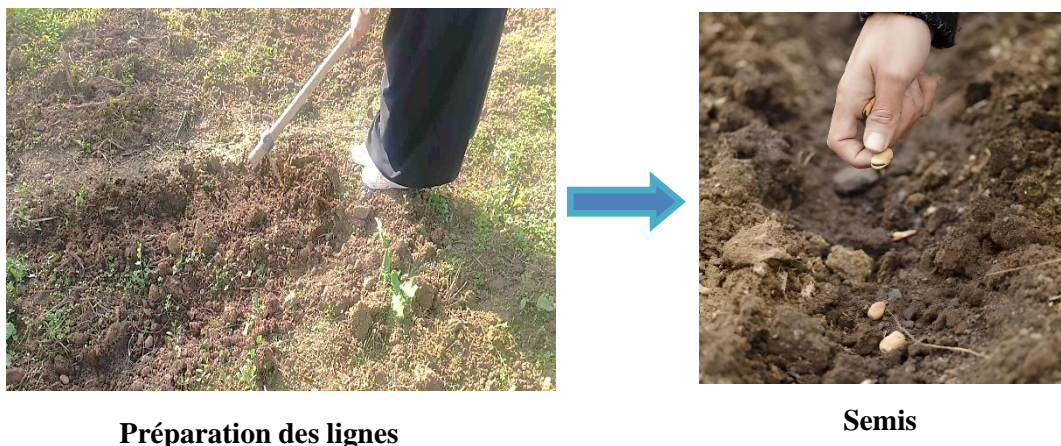
Le semis (Figure 7) a été effectué le 15 octobre 2024, en respectant un espacement de 0,5 mètre entre les lignes.

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 4 à 5 cm.

La densité de semis adoptée était de 8 graines par mètre carré, assurant ainsi une bonne répartition des plants dans la parcelle.

L'entretien de la culture a consisté en un binage léger, réalisé 2 à 3 semaines après un buttage. Ces interventions ont permis d'améliorer l'aération du sol et de favoriser le bon développement des racines.

En complément, 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 fève.



**Figure 7.** Semis des graines de fève

#### **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 (Figure 8) permettant la transformation des déchets organiques en un compost stable et riche en nutriments .

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.

## Matériel et méthodes

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).

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 ( $\text{NO}_3^-$ ) supérieure à celle des ammoniums ( $\text{NH}_4^+$ ) 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).

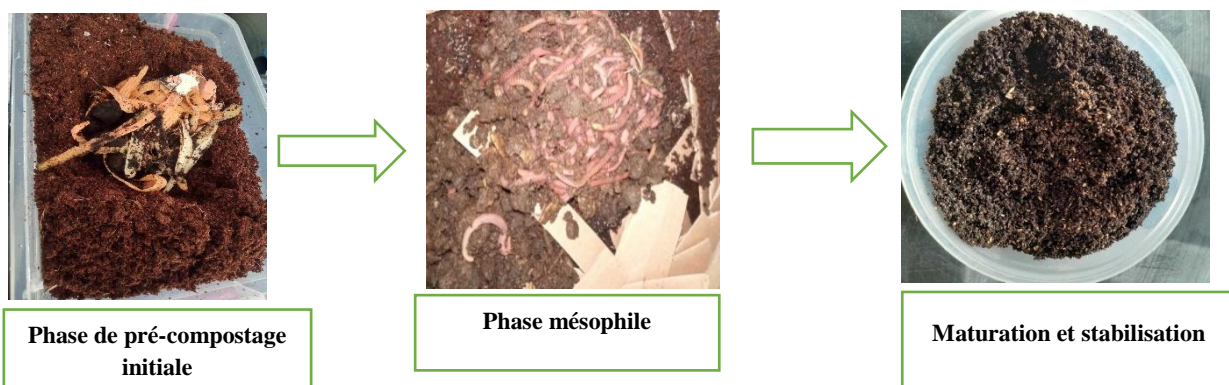
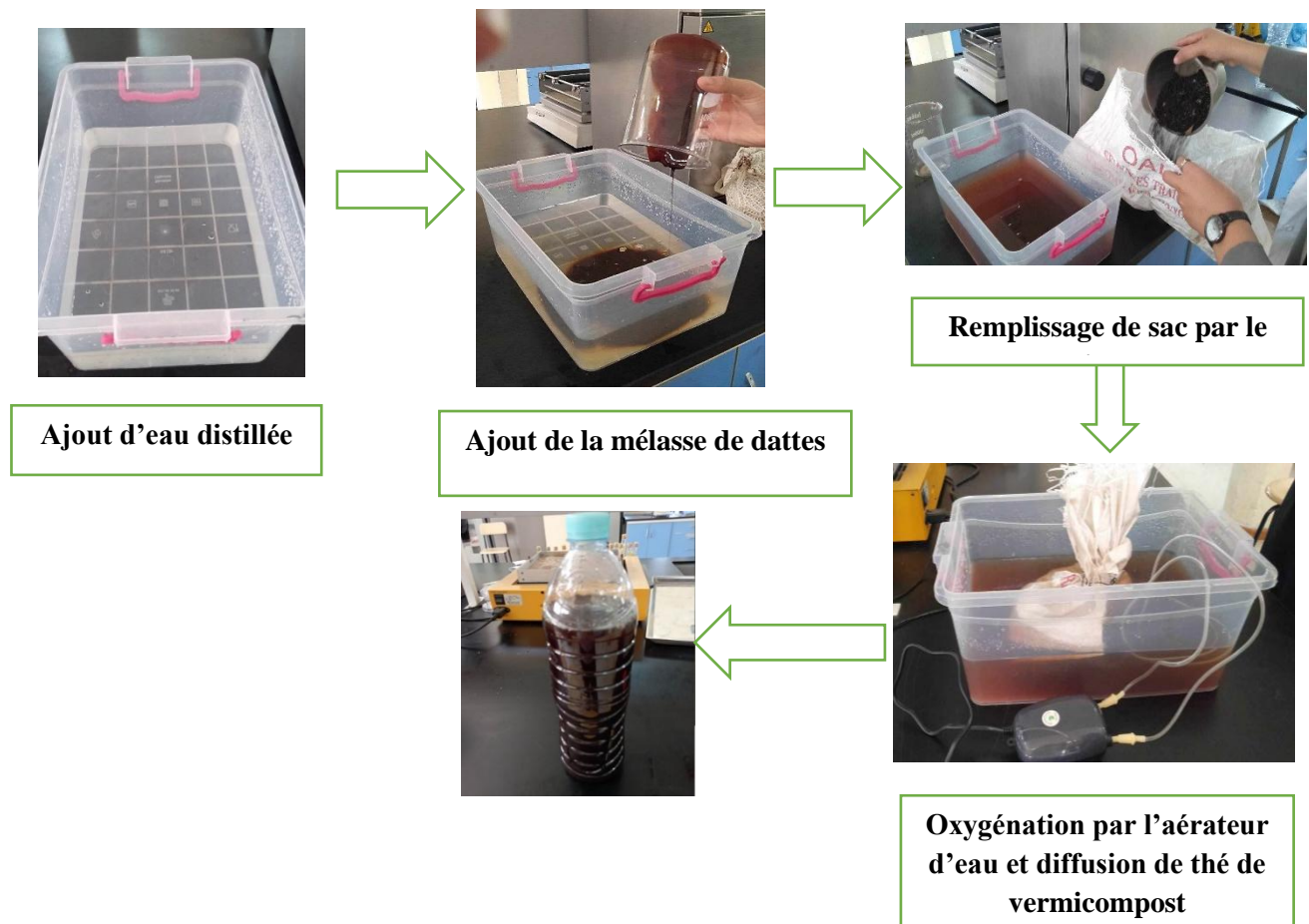


Figure 8 . Etapes de Préparation de vermicompost

### 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 (Natchavatthon et *al.*,2019).(Figure 9 )



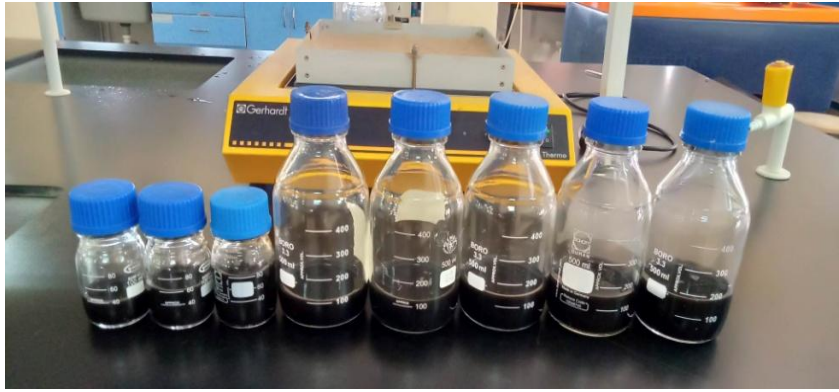
**Figure 9.** Préparation du thé de vermicompost

### 1.4. L'effet de l'emploi de bio fertilisant (Vermicompost ) sur la culture de fève ( Variété Muchaniel )

Pour tester l'effet de thé de vermicompost préparé préalablement en tant que engrais liquide sur la culture de fève plusieurs doses (Figure 10) préparés mentionnées dans le Tableau sont appliquées par voies foliaire (Figure 11) et racinaire (Figure 12 ).

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 et nombre de feuilles.



**Figure 10 .** Préparation des doses



**Figure 11.** Application foliaire



**Figure 12.** Application racinaire.

**Tableau 4** .Doses de thé de vermicompost appliquées aux plants de fève dur par voies foliaire et racinaire.

<b>Application foliaire (%)</b>	<b>Application racinaire (%)</b>
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.**

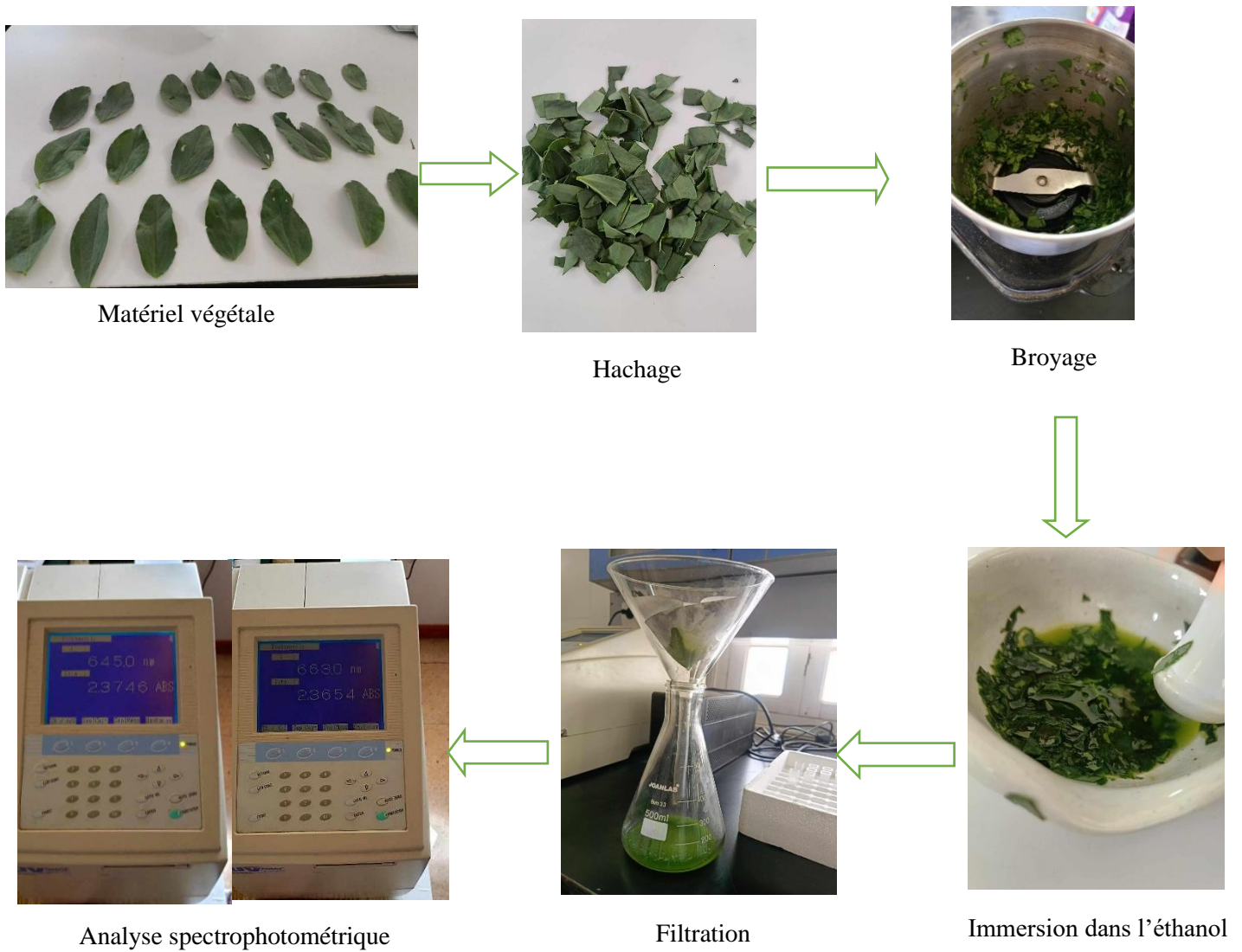
Cette étape est effectuée selon la méthode de Porra (2002) avec quelques modifications mineures. On commence par collecter 1 g de feuilles des plantes en question, qui sont ensuite minutieusement hachées. Ces feuilles hachées sont broyées dans un mortier stérile à l'aide d'un pilon pour obtenir une pulpe 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 : A<sub>663</sub> = Absorbance à 663 nm ; A<sub>645</sub> = 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 13 )



**Figure 13.** 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).

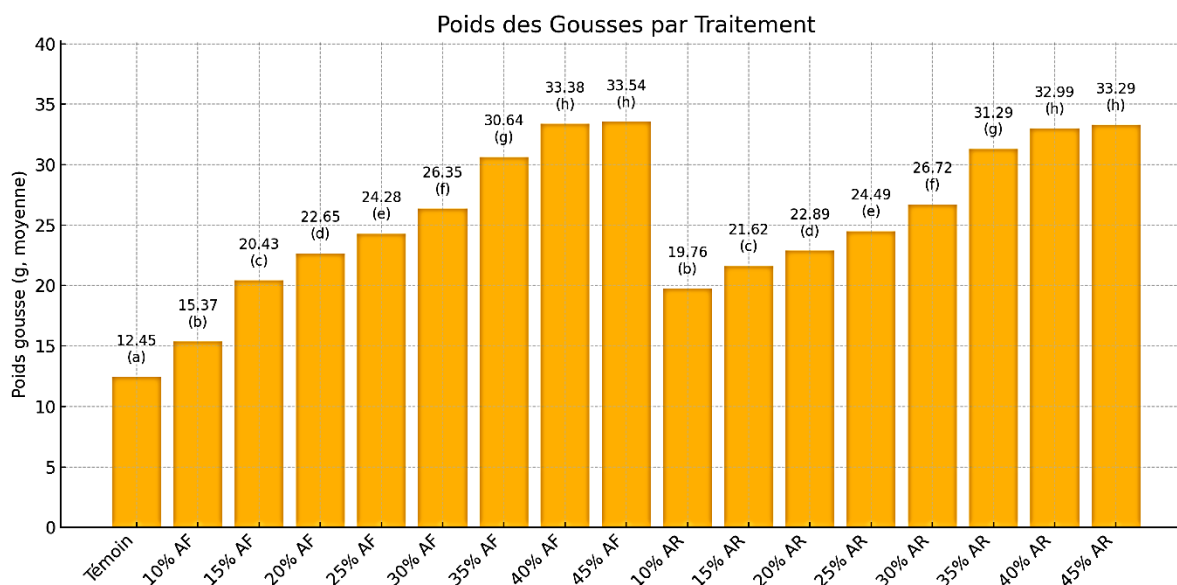


***RESULTATS***  
***ET***  
***DISCUSSION***

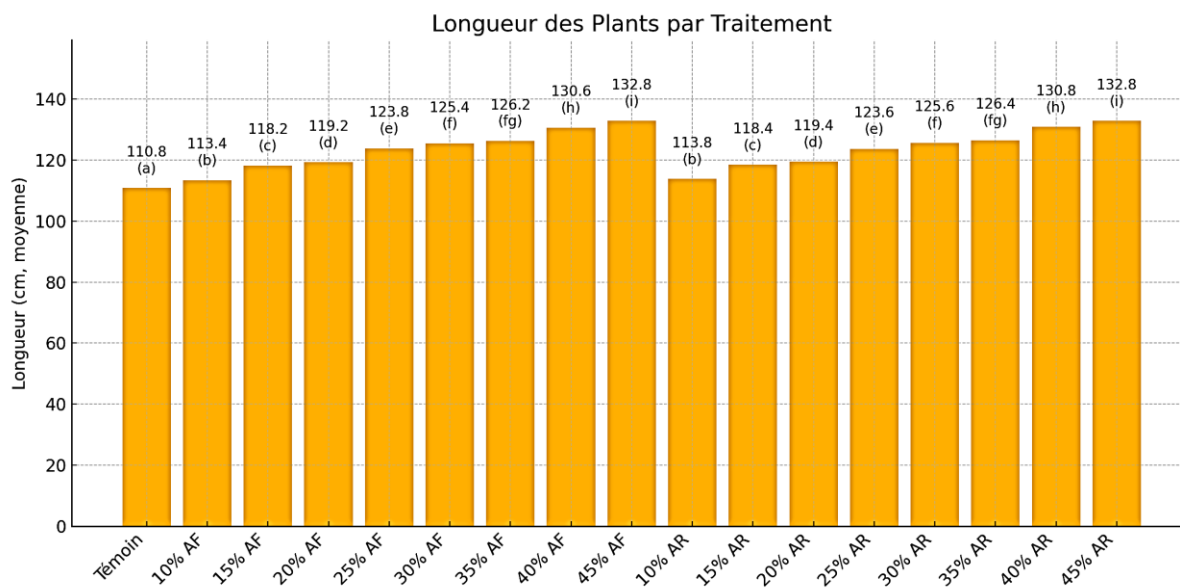
## 1. Résultats

**Tableau 5.** Analyse ANOVA des paramètres étudiés

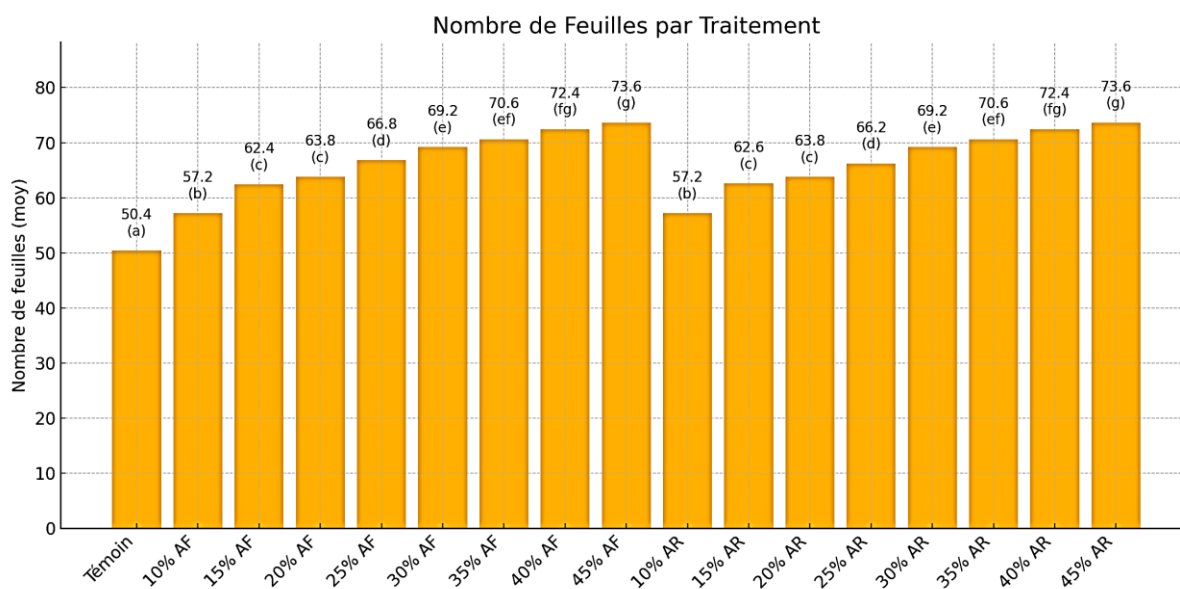
Paramètre	Source de variation	Degrés de liberté (ddl)	Carré moyen	F	p-value	Significativité ( $\alpha=0.05$ )
<b>Chl Total</b>	Traitement	16	250.34	45.67	< 0.001	Significatif
	Résiduel	34	5.48			
<b>Longueur plants</b>	Traitement	16	180.21	38.92	< 0.001	Significatif
	Résiduel	34	4.63			
<b>Nombre de feuilles</b>	Traitement	16	120.56	42.15	< 0.001	Significatif
	Résiduel	34	2.86			
<b>Poids gousses</b>	Traitement	16	210.78	50.23	< 0.001	Significatif
	Résiduel	34	4.20			



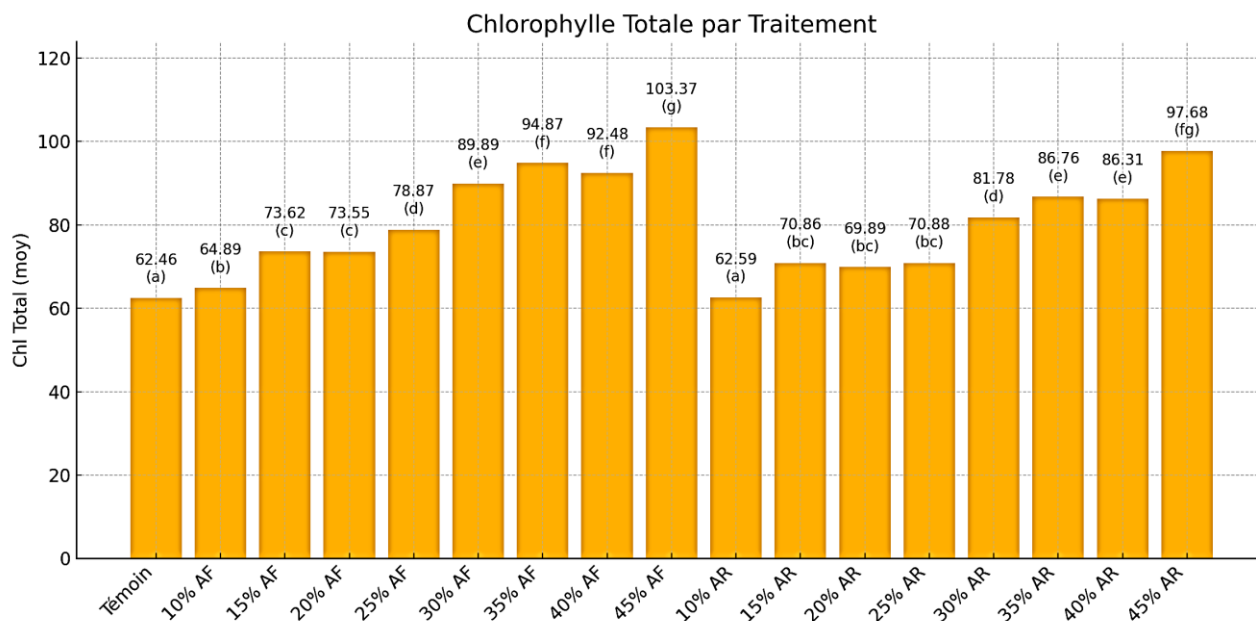
**Figure 14.** Effet de l'application de thé vermicompost sur le poids de gousses de la fève (AF : application foliaire, AR : application racinaire)



**Figure 15** .Effet de l’application de thé de vermicompost sur la longueur des plants de la fève (AF :application foliaire,AR :application racinaire)



**Figure 16**.Effet de l’application de thé de vermicompost sur le nombre de feuilles de la fève (AF :application foliaire,AR :application racinaire)



**Figure 17.** Effet de l'application de thé de vermicompost sur le taux de chlorophylle totale de la fève (AF : application foliaire, AR : application racinaire)

L'analyse des données permet de comparer l'efficacité de deux modes d'application (foliaire AF et racinaire AR) à différentes concentrations sur quatre paramètres physiologiques clés. Les résultats révèlent des tendances intéressantes quant à l'effet de ces traitements.

Pour la teneur en chlorophylle, l'application foliaire (AF) montre globalement une meilleure efficacité que l'application racinaire (AR), particulièrement aux concentrations élevées (45% AF = 103,37 vs 45% AR = 97,68). Cette différence pourrait s'expliquer par une absorption plus directe des nutriments via les stomates foliaires, évitant ainsi les pertes potentielles dans le sol. Cependant, à faible concentration (10%), les deux modes d'application donnent des résultats similaires, suggérant que la voie d'absorption devient déterminante seulement à partir de concentrations intermédiaires.

Concernant la croissance des plants, les deux méthodes montrent des performances comparables, avec des longueurs maximales identiques (132,8 cm) pour les traitements 45% AF et AR. Cette observation indique que pour ce paramètre, la voie d'application importe moins que la concentration utilisée. Néanmoins, on note que l'application foliaire permet d'obtenir des résultats légèrement supérieurs à concentrations égales dans la plage 15-30%, ce qui pourrait refléter une assimilation plus rapide des nutriments par cette voie.

L'analyse du nombre de feuilles révèle un schéma particulier : si les deux modes d'application atteignent le même maximum (73,6 feuilles), l'application foliaire semble induire une réponse plus précoce, avec des différences significatives apparaissant dès 15% AF contre 20% AR. Ce résultat suggère que les nutriments appliqués par voie foliaire pourraient être plus rapidement disponibles pour stimuler la ramification.

Pour le poids des gousses, les deux méthodes montrent à nouveau une efficacité similaire aux concentrations maximales, mais avec des trajectoires différentes. L'application foliaire donne des résultats légèrement supérieurs dans la plage 10-30%, tandis que l'application racinaire semble plus efficace à très haute concentration (35-45%). Cette observation pourrait refléter des mécanismes d'action distincts : action rapide mais peut-être limitée pour l'AF versus action plus lente mais prolongée pour l'AR.

### **2. Discussion**

Les biofertilisants sont des produits riches en nutriments qui jouent un rôle essentiel 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.

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

## ***Résultats et discussion***

---

(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 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 (Ramania 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

## ***Résultats et discussion***

---

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 la fève (variété Muchaniel) 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***  
***ET***  
***PERSPECTIVES***

### **Conclusion**

Cette étude a démontré l'efficacité remarquable du thé de vermicompost comme biofertilisant pour la culture de la fève.

Les résultats ont révélé des améliorations significatives sur tous les paramètres étudiés, avec une augmentation de 65% du poids des gousses, 20% de la longueur des plants et 46% du nombre de feuilles aux concentrations optimales.

Les deux modes d'application, foliaire et racinaire, ont montré des résultats comparables ou supérieurs aux engrais chimiques conventionnels, tout en préservant la qualité des sols.

L'analyse comparative des modes d'application a mis en évidence des avantages spécifiques pour chaque méthode.

L'application foliaire s'est révélée particulièrement efficace pour augmenter la teneur en chlorophylle (+6% à concentration maximale) et a montré une action plus rapide, avec des effets visibles dès 15% de concentration. Cette méthode semble idéale pour les interventions nécessitant une réponse végétative rapide.

À l'inverse, l'application racinaire a démontré une meilleure performance à très haute concentration (35-45%) et une action plus prolongée dans le temps, la rendant particulièrement adaptée pour un effet durable sur la croissance des plantes.

Les résultats prometteurs de cette étude ouvrent plusieurs pistes de recherche futures. Une meilleure compréhension des mécanismes d'action, notamment par l'analyse des voies métaboliques activées et l'étude de la biodisponibilité des nutriments, permettrait d'optimiser l'utilisation du thé de vermicompost.

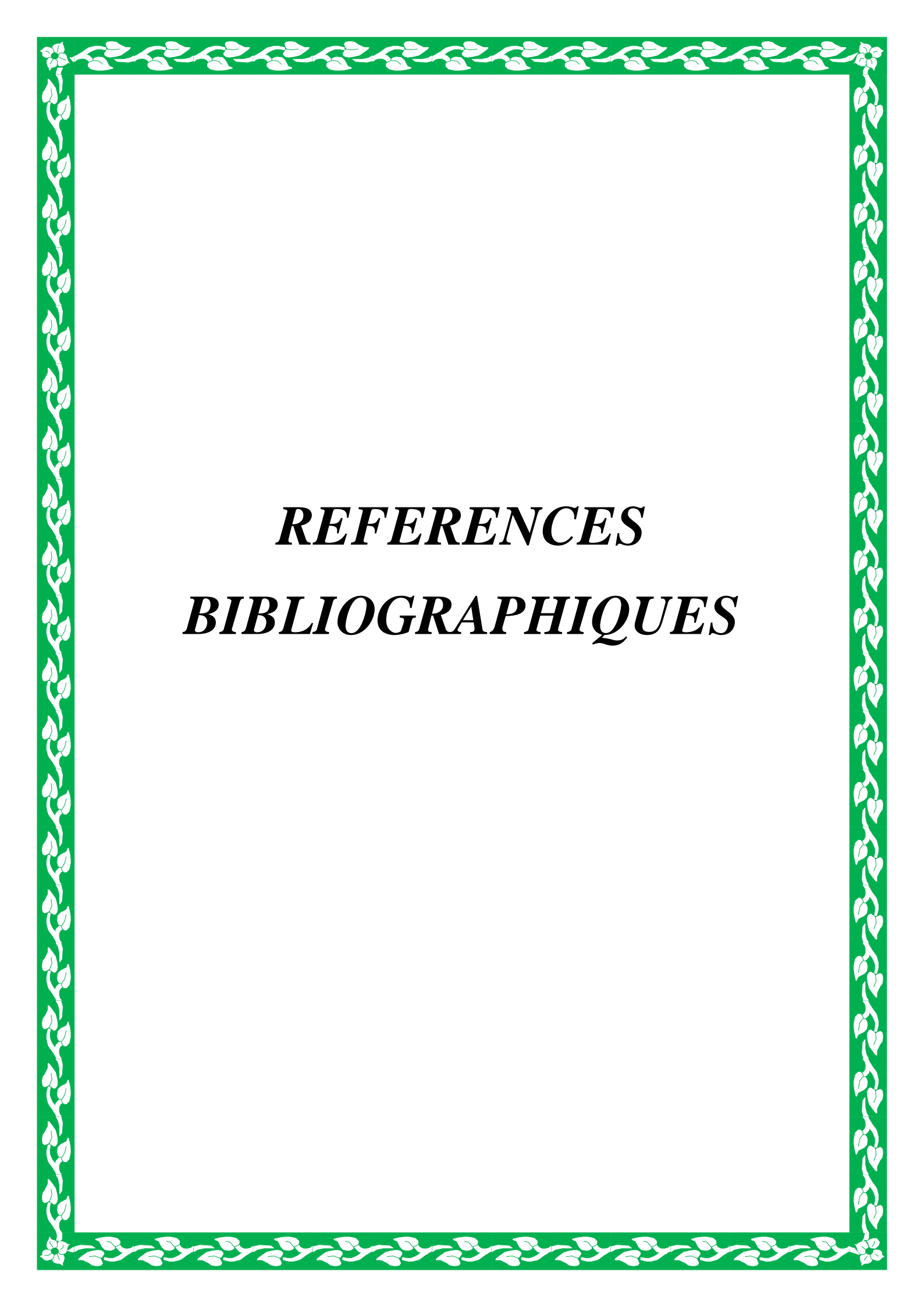
L'évaluation de son impact sur la microflore rhizosphérique constituerait également un axe de recherche pertinent.

D'un point de vue pratique, il serait utile de déterminer les doses idéales pour différentes cultures et types de sol, ainsi que d'étudier les potentialités de combinaison avec d'autres biofertilisants. Des tests sur d'autres espèces végétales et dans différentes conditions environnementales permettraient d'élargir le champ d'application de cette technique.

Enfin, des études économiques pourraient évaluer la rentabilité de cette méthode à grande échelle.

Ces développements pourraient positionner le thé de vermicompost comme une solution durable et performante pour une agriculture plus respectueuse de l'environnement, tout en maintenant des rendements compétitifs.

La flexibilité de ses modes d'application en fait un outil adaptable aux diverses contraintes des systèmes agricoles modernes, offrant une alternative écologique viable aux intrants chimiques traditionnels.



***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## Références bibliographiques

- Aboulam, S. (2005).** Recherche d'une méthode d'analyse du fonctionnement des usines de tricompostage des déchets ménagers. Fiabilité des bilans matière (Thèse de doctorat). ENSAT, Toulouse.
- 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. (2021).** Earthworms and vermicomposting: A review on the story of black gold. *Journal of Innovative Sciences*, 7(1), 167-173. <https://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, C. H. N., Waqas, M., Akram, Y., Jamal, M. A., Ibrahim, M. U., Baig, H. A. T., & Kamal, A. (2021).** 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>
- 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 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 wellbeing. *Food Quality and Preference*, 63, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.07.011>

## Références bibliographiques

- 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 morpho-physiological characteristics of tomato (*Solanum lycopersicum*) in Suleymanpasa District, Tekirdag of Turkey. *Pure and Applied Biology*, 9(4), 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(1), 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.
- 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>
- Bedjaoui, H. (2000).** Réponse de quelques variétés de fève à l'infestation artificielle par les pucerons noirs: *Aphis craccivora* et *Aphis fabae* (Homoptera, aphididae) dans les régions de Biskra et de Batna (Mémoire d'ingénieur). Université de Batna.
- Bertoldi, M., et al. (1984).** Composting of agricultural wastes. In J. K. R. Gasser (Ed.), *Composting of Agricultural Wastes* (pp. 27-40). Elsevier.
- Bouché, M. B. (1972).** Lombriciens de France, écologie et systématiques. INRA.
- 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.

## Références bibliographiques

- Chaoui, H. (2010).** Vermicompostage (ou lombricompostage) : Le traitement des déchets organiques par les vers de terre. *Fiche Technique, 10-010, 8*. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.
- Chaux, C. (1971).** Production légumière "Légumineuses potagères". J-B Baillière.
- Chaux, C., & Foury, C. (1994).** Production légumières, légumineuses potagères légumes, fruits. Technique et documentation Lavoisier.
- Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009).** Natural products in crop protection. *Bioorganic & Medicinal Chemistry, 17(12), 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.
- Dominguez, J., Edwards, C. A., & Subler, S. (1997).** A comparison of vermicomposting and composting. *BioCycle, 38(4), 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*.
- Dominguez, J. (2004).** State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. In C. A. Edwards (Ed.), *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).
- Dominguez, J., Aira, M., & Gomez-Brandon, M. (2010).** Chapter 5: Vermicomposting: Earthworms enhance the work of microbes. In H. Insam, I. Franke-Whittle, & M. Goberna (Eds.), *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. In *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (pp. 27–40). CRC Press.
- Edwards, C. A., & Burrows, I. (1988).** The potential of earthworms in composting organic wastes and their use in soil improvement. SPB Academic Publishing.
- Edwards, C. A. (1998).** Earthworm ecology. CRC Press.

## Références bibliographiques

- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996).** Biology and ecology of earthworms (3rd ed.). Chapman and Hall.
- 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(6), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.02.007>
- 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., & Abbasi, 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(3), 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](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7_24)
- 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), 1-326.
- Gomez-Brandon, M., Lazcano, C., & Domínguez, J. (2008).** The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere*, 70(3), 436-444. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.065>
- Gordon, M. M. (2004).** Haricots secs: Situation Prospectives et Agroalimentaire. Canada.
- Grattepanche, N. (2005).** Le lombricompostage : principe et applications. *Echo-MO*, 55, 3-6.
- Graves, R. E., & Hattemer, G. (2000).** Chapter 2: Composting. In USDA (Ed.), *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.

## Références bibliographiques

- Hamadache, A. (2003).** La féverole. Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC).
- 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(5), 1177-1194. <https://doi.org/10.1038/ismej.2014.210>
- Hendriksen, N. B. (1990).** Leaf litter selection by detritivore and geophagous earthworms. *Biology and Fertility of Soils*, 10(1), 17-21.
- Ismail, S. A. (1997).** Vermicology: The biology of earthworms. Orient Longman.
- 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.
- Kaviraj, & Sharma, S. (2003).** Municipal solid wastes management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworm. *Bioresource Technology*, 90(2), 169-173.
- 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.
- Laumonier, R. (1979).** Cultures légumières et maraîchères, Encyclopédie agricole (Tome III). J-B Baillière.
- Lawes, D. A., Bond, D. A., & Poulsen, M. H. (1983).** Classification, Origin, Breeding methods and objectives, the Faba bean. In P. D. Hebblethwaite (Ed.), *The Faba Bean (Vicia faba L.)*. Butterworths.
- 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>
- Maatougui, M. E. H. (1996).** Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. In *Réhabilitation of faba bean (Actes)*. Rabat, Maroc.
- Maoui, S. B., Elhadj, B., Frikh, A., & Girard, C. (1990).** La culture de la féverole en Tunisie. INRA, ONH, AGROPOL, et ITCF.
- Medany, M. (2011).** Vermiculture in Egypt: Current development and future potential. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for the Near East*.

## Références bibliographiques

- Mia, M. A., & Shamsuddin, Z. H. (2010).** Rhizobium as a crop enhancer and biofertilizer for increased cereal production. *African Journal of Biotechnology*, 9(37), 6001-6009.
- Mitchell, A. (1997).** Production of Eisenia fetida and vermicompost from feed-lot cattle manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(5-6), 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 E. P.-M. P (Ed.), *Guide pratique* (pp. 1–20).
- Munroe, G. (2004).** Guide du lombricompostage et de la lombriculture à la ferme. Centre d’agriculture biologique du Canada, Agri-Réseau (CRAAQ).
- 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*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- 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’, Marriott Waterfront Hotel, Baltimore, USA.
- Nath, G., Singh, K., & Sing, 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(4), 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(3), 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.

## Références bibliographiques

- Peres, 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>
- Peron, J. Y. (2006).** Productions légumières (2e éd.). Lavoisier.
- 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.
- 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- and tropical grassland soils. *International Journal of Biotechnology*, 37, 19-26.
- 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.
- Roos, E., Mie, A., Wivstad, M., Salomon, E., Johansson, B., Gunnarsson, S., Wallenbeck, A., Hoffmann, R., Nilsson, U., Sundberg, C., & Watson, C. A.**

## Références bibliographiques

- (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.
- 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.
- 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 a crop residues through treatment with microorganisms and subsequent vermicomposting. *Bioresource Technology*, 85, 107–111.
- Sinha, R. K., Patel, U., Soni, B. K., & Li, Z. (2014).** 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. (2014).** Sustainable agriculture by vermiculture: Earthworms and vermicompost can ameliorate soils damaged by agrochemicals, restore soil fertility, boost farm productivity and sequester soil organic

## **Références bibliographiques**

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. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_1)

**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.

**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.

**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. In *Tehran: Khaniran*.

**Zucconi, F., Forte, M., Monac, A., & De Beritodi, M. (1981).** Biological evaluation of compost maturity. *Biocycle*, 22, 27-29.

## Résumé

Cette étude démontre l'efficacité remarquable du thé de vermicompost comme biofertilisant pour la culture de la fève. Les résultats révèlent des améliorations significatives : +65% du poids des gousses, +20% de la longueur des plants et +46% du nombre de feuilles aux concentrations optimales. Les applications foliaire et racinaire surpassent souvent les engrais chimiques tout en préservant les sols. L'application foliaire stimule rapidement la chlorophylle (+6%), tandis que l'application racinaire offre des effets durables à haute concentration (35-45%).

**Mots clés :** Thé de vermicompost, La fève

## ملخص

أظهرت هذه الدراسة فعالية شاي الكومبوست الدودي كسماد حيوي لزراعة الفول. كشفت النتائج تحسينات كبيرة: زيادة وزن القرون بنسبة 65%، وطول النباتات بنسبة 20%، وعدد الأوراق بنسبة 46% عند التركيزات المثلى. تفوقت كل من المعالجة الورقية والجذرية على الأسمدة الكيماوية مع الحفاظ على جودة التربة. حقق الرش الورقي زيادة سريعة في الكلوروفيل (+6%)، بينما أظهر التطبيق الجذري تأثيراً طويلاً الأمد عند التركيزات العالية (35-45%).

**الكلمات المفتاحية:** شاي الفرميكومبوست، الفول

## Abstract

This study highlights the remarkable efficacy of vermicompost tea as a biofertilizer for faba bean cultivation. Results show significant improvements: +65% in pod weight, +20% in plant height, and +46% in leaf count at optimal concentrations. Both foliar and root applications outperformed conventional fertilizers while preserving soil quality. Foliar spraying boosted chlorophyll content (+6%) with rapid effects, whereas root application showed prolonged efficacy at high concentrations (35-45%). Future research should explore metabolic pathways, rhizospheric microflora interactions, and dosage optimization for other crops. Vermicompost tea emerges as a sustainable solution for competitive yet eco-friendly agriculture, adaptable to diverse farming systems.

**Keywords:** Vermicompost tea, Fava bean