

RÉPUBLIQUE ALGÉRIÈNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB – BLIDA 1



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA
VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-
ÉCOLOGIE



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en
Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Apport du vermicompost dans la conduite culturale des
végétaux : Évaluation de la biofourniture sur le Haricot vert**

Présenté par :

Melle : BELGAT Taous

Melle : SANOUN Nesrine

Devant le Jury :

Mme BRAHIMI L.	M.C.A.	U. Blida 1	Présidente
Mme CHAICHI W.	M.C.A.	U. Blida 1	Examinatrice
Mr. DJAZOULI Z.E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
Mme BELKHOUMALI S.	Doctorante	U. Blida 1	Co-promotrice

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

Nous tenons à remercier tous d'abord DIEU de nous avoir donné la patience et le courage pour accomplir ce travail et cueillir le fruit d'un long cursus scolaire et universitaire.

Nous exprimons aussi notre très profonde gratitude à notre promoteur le professeur Mr DJAZOULI Z.E. Pour son aide, sa patience, ses précieuses conseils ses efforts et sa gentilles.

Nous remercions également notre Co-promotrice Mme BELKHOUMALI S. pour son aide, ses conseils et son soutien.

Remerciements sont également adressés aux membres du jury :

La présidente Mme BRAHIMI. qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Notre examinatrice Mme CHAICHI W. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier tous nos enseignants de phytopharmacie et protection des végétaux.

Il nous serait agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos plus vifs remerciements envers toute personne qui de loin ou de près a contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents qui ont consacré leur vie pour mon éducation et ma réussite.

Mes chers parents vous étés les plus beaux visages que j'ai eu dans ma vie, mes meilleurs mots que j'ai prononcé, vous êtes la source de l'espoir et la tendance.

Je vous aime ♥

Que Dieu les garde.

A mes chères sœurs Hayat et Kahina.

A mon cher frère abd errazek et sa femme.

A mon oncle, sa femme et ses enfants :

Abd ullah, Amine, Abd errahmane et Ania.

Mes petits anges : Akram, Younes, Amir et Iyad.

Ma chère Anfel.

Mon chère ami Oussama pour son soutien et encouragements, merci infiniment.

A mes très chers amis et à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Dédicataire spécial à mon professeur monsieur Djazouli.

Sans oublier mes collègues de ma promotion.

Taous

Dédicaces

Ceux à qui je dois mon éducation et ma réussite ,ce qui sont les plus chères au monde , mes parents nourddin et kenza pour leur amour et leur sacrifice.

Et à mon futur marié Badrou qui m'a tout encouragé dans mon travail.

à mes frères houssin et Mohamed.

Mes sœurs lamise et darine.

Ma grand mère mes tantes et mes cousine que dieu me les gardés.

Et surtout à ma belle famille mon beau père et ma belle mère pour votre soutien morale.

Dedicative special à mon professeur monsieur djazouli et mes collègues de ma promo.

Nesrine

Apport du vermicompost dans la conduite culturale des végétaux : Évaluation de la biofourniture sur le Haricot vert

Résumé

La fertilisation organique est une technique fondamentale dans la nutrition des végétaux. Elle permet de performer l'activité physiologique et de stimuler les paramètres de croissance et de production.

L'objectif de notre travail est d'estimer la capacité des engrais organiques à couvrir les exigences nutritionnelles de la culture du haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. sous serre. Les changements opérés sur la qualité phytochimique et les paramètres de croissances seront évalués après l'apport du vermicompost par comparaison aux extraits aqueux de *Moringa oleifera* et de la Prêle des champs.

Les principaux résultats montrent que le vermicompost (VLC) et l'extrait aqueux de Moringa (EAM) ont un effet positif marquant sur la croissance de la partie aérienne (LPA) et la surface foliaire (SF). En revanche l'extrait aqueux de la Prêle des champs (EAP) stimule la croissance de la partie racinaire (LPR). L'étude de l'activité photosynthétique montre que l'application du vermicompost (VLC) et de l'extrait aqueux de Moringa (EAM) influencent positivement l'expression de la chlorophylle b (Chb) et la chlorophylle totale (ChT), alors que l'extrait aqueux de la prêle des champs (EAP) permet l'expression de la chlorophylle a (Cha).

Le recourt an l'utilisation des différents biofertilisants dans un programme de nutrition végétale, permet une production végétale durable sans impact négatif sur les équilibres fondamentaux

Mots clés : Activité photosynthétique, Biofertilisants, Extrait aqueux de Moringa, Extrait aqueux de Prêle des champs, Paramètres de croissance, Vermicompost,

Contribution of vermicompost in the cultivation of plants: Evaluation of the biofood on green bean

Abstract

Organic fertilization is a fundamental technique in plant nutrition. It allows to perform the physiological activity and to stimulate the parameters of growth and production.

The objective of our work is to estimate the capacity of organic fertilizers to cover the nutritional requirements of the green bean crop *Phaseolus vulgaris* L. under greenhouse. The changes in phytochemical quality and growth parameters will be evaluated after the application of vermicompost in comparison with aqueous extracts of *Moringa oleifera* and Horsetail.

The main results show that vermicompost (VLC) and aqueous extract of *Moringa* (EAM) have a significant positive effect on the growth of the aerial part (LPA) and the leaf area (SF). On the other hand, the aqueous extract of Horsetail (EAP) stimulates the growth of the root part (LPR). The study of photosynthetic activity shows that the application of vermicompost (VLC) and aqueous extract of *Moringa* (EAM) positively influence the expression of chlorophyll b (Chb) and total chlorophyll (ChT), while the aqueous extract of Horsetail (EAP) allows the expression of chlorophyll a (Cha).

The use of different biofertilizers in a plant nutrition program, allows a sustainable plant production without negative impact on the fundamental balances

Key words: Photosynthetic activity, Biofertilizers, Aqueous extract of *Moringa*, Aqueous extract of Horsetail, Growth parameters, Vermicompost,

ملخص

مساهمة الفيروكومبوست في السيرورة الزراعية للنباتات : تقييم التوفير العضوي للفاصوليا الخضراء

تعد تقنية التخصيب العضوي أساسية في تغذية النباتات, حيث تساهم في تحفيز النمو و الإنتاج لهاته الأخيرة.

الهدف من هذه الدراسة هي تقييم قدرة السماد العضوي في تغطية الاحتياجات الغذائية لزراعة الفاصوليا الخضراء Phaseolus vulgaris L في البيوت البلاستيكية . التغيرات المسجلة على النوعية الكيميائية النباتية و معايير النمو, قمنا بقياسها بعد إضافة الفيروكومبوست بالمقارنة مع المستخلصات النباتية Moringa و La prêle des champs النتائج الأساسية المتحصل عليها من خلال هذه التجربة أظهرت بأن (VLC) و المستخلص النباتي للمورينغا (EAM) يؤثران بصفة ايجابية على نمو الجزء العلوي للنبتة (LPA) و على المساحة الورقية لهذه الأخيرة (SF) .

من جهة أخرى المستخلص النباتي (EAP) La prêle des champs يحفز نمو الجذور (LPR).

أما عن تفعيل النشاط الضوئي لنبتة الفاصوليا الخضراء فقد تمكنا من اكتشاف أن (VLC) و المستخلص النباتي للمورينغا (EAM) يؤثران بصفة ايجابية على اليخضور « ب » (Chb) و اليخضور الكامل (ChT) بينما يؤثر المستخلص النباتي la prêle des champs على اليخضور « أ » (Cha).

الكلمات الرئيسية: أنشطة التصوير الضوئي, الاسمدة العضوية, المستخلص النباتي للمورينغا, المستخلص النباتي la prêle des champs, معايير النمو , الفيروكومبوست.

Liste des figures

Figure 1 :	Position de lieu d'expérimentation	29
Figure 2 :	Serre expérimentale en polycarbonate	31
Figure 3 :	Plantation des graines d'Haricot vert	31
Figure 4 :	Germination des plantes du Haricot vert	32
Figure 5 :	Dispositif de production du jus de vermicompost	33
Figure 6 :	Préparation de l'extrait aqueux de Moringa	34
Figure 7 :	Préparation de l'extrait aqueux de la prêle des champs	35
Figure 8 :	Récupération des extraits aqueux	36
Figure 9 :	Vue dispositif expérimenta	37
Figure 10 :	Effet des différents fertilisants biologiques sur la croissance de la partie aérienne des plants du haricot vert	41
Figure 11 :	Effet des différents fertilisants biologiques sur la croissance de la partie racinaire des plants du haricot vert	41
Figure 12 :	Effet des différents fertilisants biologiques sur l'évolution du poids frais de la partie aérienne des plants du haricot vert	42
Figure 13 :	Effet des différents fertilisants biologiques sur l'évolution du poids frais de la partie racinaire des plants du haricot vert	42
Figure 14 :	Effet des différents fertilisants biologiques sur l'évolution de la surface foliaire des plants du haricot vert	43
Figure 15 :	Fluctuation temporelle de la croissance en longueur de la partie aérienne sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques	44
Figure 16 :	Fluctuation temporelle de la croissance en longueur de la partie racinaire sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques	44
Figure 17 :	Fluctuation temporelle de la croissance pondérale de la partie aérienne sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques	45
Figure 18 :	Fluctuation temporelle de la croissance pondérale de la partie racinaire sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques	46
Figure 19 :	Fluctuation temporelle de la croissance de la surface foliaire sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques	46
Figure 20 :	Effets des différents fertilisants biologiques sur l'activité photosynthétique la chlorophylle a	47
Figure 21 :	Effets des différents fertilisants biologique sur l'activité photosynthétique la chlorophylle b	48
Figure 22 :	Effets des différents fertilisants biologiques sur l'activité photosynthétique la chlorophylle totale	49
Figure 23 :	Effets des différents fertilisants biologiques sur l'activité photosynthétique de caroténoïde	50
Figure 24 :	Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de la chlorophylle a sous l'effet des apports des fertilisants	51

Figure 25 :	Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de la chlorophylle b sous l'effet des apports des fertilisants	51
Figure 26 :	Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de la chlorophylle totale sous l'effet des apports des fertilisants	52
Figure 27 :	Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de caroténoïde sous l'effet des apports des fertilisants	53
Figure 28:	Projection des valeurs des paramètres de croissances (A) et de l'activité photosynthétique (B) sur les deux axes de l'A.C.P.	54

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

Tab :Tableau.

Fig :Figure.

APP: Apport.

AV : Avant.

Cha : Chlorophylle a.

Chb : Chlorophylle b.

ChT :Chlorophylle Totale.

Cm :Centimètre.

EAM :Extrait aqueux de moringa.

EAP :Extrait aqueux de la prêle.

Cm : Centimètre.

Ctd : Caroténoïde.

F A O : Food Agriculture Organization.

G : Gramme.

H : Heure.

M : mètre.

Mg : Milligramme.

Min : Minute.

MI : Millilitre.

Mm : Millimètre.

T : Temps.

TEM : Témoin.

VLC : Vermicompost.

Kg : kilogramme.

LPA : Longueur de la partie aérienne.

LPR : Longueur de la partie racinaire.

M : mètre.

Mg : milligramme.

Mm : millimétré.

Nm : Nano mètre

PPA : Poids de la partie aérienne.

PPR : Poids de la partie racinaire.

SF : Surface foliaire.

TRT : Traitement.

V : Volume.

SOMMAIRE

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	14
Chapitre 1 : synthèse bibliographique	
1-Généralités.....	16
2- La description botanique.....	16
2- 1 Racine.....	16
2- 2 Tige.....	16
2- 3 Feuilles.....	16
2- 4 Fleure.....	16
2- 5 Fruites.....	17
2- 6 Graines.....	17
3-Classification botanique.....	17
4- Le cycle de développement	17
4 - 1 Phase de germination.....	17
4 - 2 Phase de croissance.....	18
4 - 3 Phase de floraison.....	18
4 - 4 Phase de maturation.....	18
5- Répartition Géographique	18
5- 1 Dans le monde.....	18
5- 2 En Algérie	18
6- Exigences climatiques du Haricot.....	19
6-1 Température.....	19
6-2 Lumière.....	19
6-3 Humidité.....	19
6-4 Sol.....	19
19Chapitre 2 : Nutrition des plantes	
1. Nutrition minérale des plantes.....	21
2- La nutrition organique.....	24
2- 1- Les engrais d'origine végétale.....	24
2- 2- Vermicompostage.....	25
Chapitre 3 : Matériel et méthodes	
1- Objectif.....	28.
2-Présentation de la région d'étude.....	28
3- Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....	28
4- Matériel d'étude.....	29
4-1- Matériel végétale.....	29

4-2- Méthode de préparation.....	29
4-3- Le jus de vermicompost.....	31
4-4- Préparation des extraits aqueux.....	32.
4-4-1- Extrait aqueux de Moringa.....	32
4-5- Récupération des extrait aqueux.....	33
4-6- Préparation de mélange des extraits aqueux.....	34
5- Dispositif expérimental et conduite de l'essai.....	35
6- Application des traitements (mélanges).....	35
7- Estimation de quelque paramètre de croissance	36
7-1- Mesure de la surface foliaire.....	36
7-2- Mesure de la longueur.....	36
7-3- Mesure du poids de la plante.....	37
8- - Quantification de la chlorophylle (A, B) et caroténoïde.....	37
9- Analyse statistique des résultats.....	37
Chapitre 4 : Résultats.....	39.
Chapitre 5 : Discussion.....	55.
Conclusion	59
Références bibliographiques	

Introduction

INTRODUCTION

Le passage de l'agriculture traditionnelle vers l'agriculture conventionnelle est considéré comme la première solution à cette préoccupation de satisfaire les besoins alimentaires des populations, ou les traitements sont réalisés grâce à des produits chimiques apportés au sol plus ou moins nocifs. Ceux-ci sont appliqués pour prévenir des maladies et des insectes nuisibles des cultures (Duval, 2009). Il est prouvé que ces produits influent négativement sur la santé humaine et induisent la perte de la biodiversité du sol. Pour cette raison les biologistes conditionnent la fertilisation par l'interdiction des produits chimiques et définissent collectivement les règles principales de ce mode de production agricole pour préserver la biodiversité et respecter l'humanité (Silguy, 1998).

Les agriculteurs s'orientent vers l'agriculture biologique comme une solution agricole respectueuse de l'environnement, de la biodiversité ainsi que des cycles naturels ; c'est un mode de production qui a pour objectif de rapprocher au maximum des conditions naturelles de vie des animaux et des plantes (Costa, 1990 ; Deziel et al, 2006).

Dans le cadre de la recherche sur des nouveaux procédés en biotechnologie végétale et d'autres approches, faisant appel à l'utilisation des molécules naturelles appelées Biofertilisant, notre travail vise l'utilisation biofertilisants à base de différentes matières actives pour juguler les problèmes liés au stress nutritionnel.

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'efficacité des biofertilisants à base de vermicompost par comparaison aux extraits aqueux de plantes d'intérêts le Moringa et la Prêle des champs sur les paramètres photosynthétique et de croissance, du haricot vert.

Chapitre 1 :

Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1-Généralités

L'haricot vert est une légumineuse alimentaire appartenant à la famille des Fabaceae, originaire d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud (**Gepts, 1990 ; Lemma, 2003 ; Brigide et al., 2014**). Elle joue un rôle important dans l'alimentation humaine comme source de vitamines, de protéines, de fibres, de sels minéraux et dans la fixation biologique de l'azote (**Fortin, 1996**).

Cette plante occupe une importance agro-économique mondiale avec une production annuelle de 20,4 millions de tonnes en 2008 pour une superficie cultivée de 26,47 millions d'hectares (**Djeugap et al., 2014**). Par ailleurs, la consommation de produits alimentaires peu transformés, prêts à consommer ou prêts à l'emploi, a augmenté dans le monde au cours de la dernière décennie en raison de leur aspect pratique, de leur fraîcheur et de leur qualité améliorée (**Baskaran et al., 2007**).

2- La description botanique

2.1. Racine

La racine d'haricot se forme progressivement après le stade de germination, le système racinaire initial d'haricot se forme à partir de la radicule de l'embryon qui devient la racine primaire (**Chaux et Foury., 1994**). Les racines latérales ont un développement qui peut dépasser celui de la racine principale (**Guignar.,1998**). Le système racinaire pivotant qui peut descendre jusqu'à 1.2 m on trouve le plus grand nombre de racine entre 0.20 à 0.25 m de profondeur (**Barreto., 1983**).

2.2. Tige

Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long ; c'est l'haricot à rames courte ne dépassent guère 30 40cm de longueur et l'haricot ayant de telles tiges est appelé haricot naine (**Dupont et Guignard., 1989**).

2.3. Feuilles

La feuille d'haricot vert est entièrement occupée par trois veines à partir de la base. Cette plante contient deux types de feuilles et forme ; sur le deuxième nœud deux des premières feuilles appelées feuilles primaires. Les feuilles d'haricot typique débutent à partir du troisième nœud. Les deux premières feuilles sont simples et s'attachent face à face sur la tige tandis que le reste des feuilles sont trifoliolées mesurant entre 7.5 et 14 cm de long et entre 5.5 et à 10 cm de large (**Gallais et Bennfort., 1992**).

2.4. Fleures

La famille Fabaceae est caractérisée par une architecture qu'elle offre des fleurs sous forme de grappe auxiliaires courtes comptant de 4 à 10 fleurs (**Chaux et Foury.**

,1994). Chaque fleur a environ 2 cm de long et de couleur très variée ; rose, blanche, violette, rouge (**Bell, 1994**). Les fleurs d'haricot vert sont de forme papilionacées, et comprennent : 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre, un ovaire avec une loge renfermant de 4 à 8 ovules.

2.5. Fruites

Solen Hubert (1978), ce sont des gousses allongées généralement droites, plus ou moins longues et terminées par un point. Leur largeur varie de 8 à 25 mm. Elles renferment en moyenne de 4 à 8 graines. Dans les parois de la gousse, appelée cosse, les faisceaux libérés –ligneux sont plus ou moins développés (**Goust et Seignobos., 1998**).

2.6. Graines

Les graines sont réniformes, arrondies à ovales plus ou moins allongées. Elles sont riches en amidon et matières protéiques. Elles ressemblent au rein et présentent une cicatrice ou hile sur le côté concave (**Chaux et Foury. ,1994**). Le tégument peut être noir, blanc ou revêtu de différentes nuances de jaune, brun, rouge ou rose selon les variétés (**Peron., 2006**).

3- Classification botanique

Selon Guignard (1998), la classification botanique du haricot vert est comme suit :

Règne :	Végétal
Embranchement :	Spermaphytes
sous embranchement :	Angiospermes
classe :	Dicotylédones
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabacées
Genre :	<i>Phaseolus</i>
Espèce :	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>

4- Cycle de développement du haricot

4.1. Phase de germination

Les graines lèvent en 4 à 8 jours suivant la température. Elles doivent toutes être sorties de terre au bout de 8 jours, les cotylédons sortis du sol, se sont ouverts et la première paire de feuilles apparaît (**Hubert, 1978**).

4.2. Phase de croissance

Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner (**Pitrat et Foury, 2003**), cinq à six jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée, cinq à six jours après l'apparition de la première feuille trifoliolée apparaît la deuxième, Au bout d'un mois, le pied de haricot possède une dizaine de feuilles

trifoliolées et il a atteint sa hauteur définitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines (*Dupont et Guignard, 1989*).

4.3. Phase de floraison

Elle débute 3 semaines à 1 mois environ après le semis. Elle dure 1 mois à 1 mois et demi suivant les conditions climatiques. La jeune gousse met une douzaine de jours environ pour atteindre sa taille définitive (*Lecomte, 1997*).

4.4. Phase de maturation

Une fois la taille définitive atteinte, les graines se forment en 15-20 jours. Il faut attendre encore 20 à 30 jours pour que les gousses s'ouvrent d'elles-mêmes, les graines étant mûres. Le cycle végétatif complet du haricot varie entre 75 et 130 jours (*Lecomte, 1997*).

5- Répartition géographique

L'haricot est un fruit d'une plante originaire d'Amérique centrale et d'Amérique de sud. Le mot « haricot » désigne à la fois le fruit, la graine et la plante qui les produit. Il est dérivé de « ayacolt », nom de ce légume en nahuatl, langue parlée par les aztèques (*Fortin., 1996*).

Ce légume a été introduit en Europe au début du XVI^e siècle, mais il demeurera pendant de nombreuses années consommé en grains. Au XVIII^e siècle, ce sont les Italiens qui commencèrent à manger les gousses des haricots, cueillies avant la maturité, et ce sous forme de légume (*Baudouin et al., 2001*).

5.1. Dans le monde

Le haricot représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde (*Aydin et al, 1997*).

Le haricot représente une source de revenus importante pour des millions de personnes notamment dans les milieux ruraux. Il constitue la principale Légumineuse alimentaire de plus de 300 millions de personnes en Amérique latine, en Afrique centrale et en Afrique de l'Est (*Silue et al, 2010*).

Au cours des dix dernières années, la production mondiale de haricots secs a fluctué, mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période, la production a varié d'un plancher de 15,7 millions de tonnes en 1994 – 1995 à un sommet de 18,9 MT en 2002 – 2003, en 2006, la production mondiale des haricots vert est estimée à 6,42 millions de tonnes (*FAO,2004*).

5.2. En Algérie

Le haricot est une plante cultivée dans le territoire du nord Algérien. Le haricot est placé en 13^{ème} position des cultures maraîchères, soit 2,16% de la production totale. Parmi les légumes, le haricot occupe la 3^{ème} position par une surface de 14,57% et ce par rapport à la superficie totale réservée au maraîchage. Selon le Ministère de

l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R.), l'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des légumineuses. La production moyenne pour l'Algérie a été estimée à 0,72 t/ha avec une surface totale d'environ 161,6 hectares en 2009 (**Anonyme, 2002**).

6- Exigences climatiques du Haricot

6.1. Température

D'après LABUSCHAGNE (2011), la température optimale pour la culture du haricot vert est entre 15 à 20 °C. Le zéro végétatif est à 10°C et les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs. Le haricot est une plante de climat chaud, nécessite donc des températures assez élevées. Sa germination n'est normale qu'au-dessus de 14 à 15°C (**Perret et Béliard, 2013**).

6.2. Lumière

Le haricot est très exigeant, surtout pendant les premières étapes de son développement (**Hubert, 1978**). Si la luminosité n'est pas suffisante, les plantes s'allongent et diminuent beaucoup leur rendement.

6.3. Humidité

Selon **Hallouin (2012)**, le haricot exige autant en humidité de l'air que du sol. Pendant sa végétation une très grande humidité est défavorable.

6.4. Sol

Selon **Labuschagne (2011)**, le choix des sols joue considérablement sur les rendements et la qualité des produits. Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité, de bon état sanitaire et de richesse relative. Le haricot réussit bien sur les sols alluviaux, riches en potasse et réussit mal dans les terres halomorphes et fortement acides ainsi que dans les sols lourds-argileux. L'idéal pour le haricot serait un pH légèrement acide, favorable à l'assimilation des éléments nutritifs du sol.

Chapitre 2 :

Nutrition des plantes

Chapitre 2 : Nutrition des plantes

1. Nutrition minérale des plantes

Selon **Vilain (1993)**, les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Aux stades où ils sont nécessaires, les éléments minéraux doivent pouvoir être prélevés par la plante dans le sol. Ils doivent être disponibles en quantités suffisantes et sous une forme disponible et assimilable pour que les végétaux puissent les absorber (**El Alaoui, 2009**). Les éléments minéraux sont absorbés en générale, par les plantes sous forme des ions qui sont de deux types : (i) Cations (NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , Fe^{++}), (ii) Anions (NO_3 , H_2PO_4 , SO_4).

Parmi les nombreux éléments que l'on peut retrouver dans la composition des tissus végétaux, dix-neuf (19) seulement se sont révélés indispensables à la croissance, au développement et à la reproduction des plantes. Ces éléments sont répartis en deux groupes: (i) le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui proviennent de l'air et de l'eau du sol, (ii) les 16 autres, que la plante trouvent sous forme minérale dans le sol, sont appelées « éléments fertilisants » sont le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, le soufre, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre, le bore, le molybdène et le chlore (**El Allaoui, 2000**).

- **L'Azote**, il est considéré comme l'aliment de base des plantes qui entre, avec d'autre éléments (carbone, oxygène, hydrogène...) dans la composition des acides aminés formant les protéines. Est un élément essentiel pour la constitution et la multiplication cellulaire des cellules et la photosynthèse (chlorophylle). C'est le principal facteur de croissance des organes végétatifs ; il accroît la surface foliaire. Est un facteur de qualité qui influe sur le taux de protéines des végétaux (**Bretaudeau et Faure, 1992**).

Carence en azote : (i) Port rabougri, (ii) Coloration vert pâle ou jaunâtre des feuilles les plus âgées, à partir du sommet, (iii) Réduction de la floraison, (iv) Diminution de la teneur en protéines (**F.A.O., 2005**).

- **Le Potassium**, est un élément consommé en quantité importante par les plantes (**Maser et al, 2002**), il s'accumule dans les vacuoles jusqu'à cent fois la teneur du milieu extérieur pour maintenir la pression osmotique et l'équilibre acido-basique de la cellule. Il intervient entre autre dans le processus d'osmo-régulation de la cellule (**Heller et al, 1998**). Lors d'un stress salin le potassium est mobilisé dans les parties aériennes foliaires (**Guignard, 1998**). Cet ion K^+ joue un rôle important dans l'assimilation chlorophyllienne, elle favorise la synthèse et l'accumulation des glucides; en outre, il donne au tissu une grande rigidité et permet aux plantes de

résister aux problèmes de la verse et des maladies cryptogamiques. C'est donc un élément d'équilibre et de santé des plantes (**Hellali, 2002**).

Carence en Potassium : (i) Chloroses (jaunissement) sur le bord extérieur des feuilles suivies de brûlures et de brunissement, (ii) Croissance ralentie et rabougrissement (plantes chétives), (iii) Faiblesse des tiges et verse facilitée, (iv) Fruits et graines atrophiés ou ratatinés (**F.A.O., 2005**).

- **Le Phosphore**, il intervient dans les transferts énergétiques (ATP), dans la transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), la photosynthèse et la dégradation des glucides. Le phosphore joue un rôle physiologique à plusieurs niveaux. Il favorise la croissance de la plante, son action étant conjuguée à celle de l'azote, le développement des racines, la précocité, et la qualité des produits. Cet élément est essentiel pour la rigidité des tissus, la reproduction, et le grossissement des fruits, la maturation des graines la qualité des produits végétaux. Une alimentation convenable en phosphore permet un développement harmonieux des plantes (**Hellali, 2002**).

Carence en Phosphore : (i) Apparence générale rabougrie, croissance ralentie, (ii) Coloration particulière bleu-rougeâtre à pourpre, vers l'extérieur des feuilles, (iii) Croissance racinaire réduite, (iv) Retard de maturité, mauvaise formation des grains et des fruits (**F.A.O., 2005**).

- **Le Calcium**, est le plus souvent envisagé comme un amendement plutôt qu'un Engrais il joue un rôle non négligeable dans la physiologie de la plante. Le calcium diminue la perméabilité cellulaire; il freine la pénétration de l'eau et de la plupart des ions (**Heller et al, 1998**). En outre, une certaine quantité de calcium est nécessaire au développement du système racinaire, il joue un rôle dans la régulation du potentiel osmotique ou osmo-régulation (ouverture de stomates et maintien de la turgescence). Aussi le calcium il est un rôle anti toxique (**Hopkins, 2003**).

Carences en calcium : sont rarement visibles car les effets secondaires liés à l'acidité du sol qui, (i) limite la croissance, (ii) Jeunes feuilles tordues, de petite taille, vert foncé, s'incurvent, se craquellent, (iii) Croissance racinaire ralentie, racines pourrissent, (iv) Dessiccation et chutes des bourgeons (cas graves), (v) Affaiblissement des tiges (**F.A.O., 2005**).

- **Le Soufre**, il est un constituant essentiel des protéines. Il intervient dans la formation de la chlorophylle. Il représente dans la plupart des plantes 0,2 à 0,3 (0,05 à 0,5)% de la matière sèche. Il joue un rôle aussi important que le phosphore et le magnésium dans la croissance des plantes; mais son rôle est souvent sous-estimé (**Crasnier et al, 1985**).

Carences en Soufre : (i) Jeunes feuilles d'une couleur vert-jaune pâle uniforme, (ii) Croissance des pousses ralentie, (iii) Tiges de petit diamètre (**F.A.O.,2005**).

- **Le Magnésium**, est un constituant primordial de la chlorophylle, il joue donc un rôle important dans la photosynthèse. Il favorise la mobilité des sucres et du phosphore dans la plante et aussi un activateur important d'enzymes du métabolisme des protéines et des glucides. Se élément favorise le transfert des assimilats vers les organes de réserve et celui du phosphore vers les grains, aussi il est destiné à améliorer la structure du sol (**HOPKINS, 2003**).

Carences en magnésium : (i) Chlorose striée typique et nécrose (surtout chez les feuilles les plus âgées) dues au jaunissement internervural des feuilles, (ii) Feuilles de petite taille, faiblesse des rameaux, (iii) Sensibilité aux attaques de champignons (**F.A.O., 2005**).

- **Le Fer**, est nécessaire au développement des végétaux qui joue le rôle de catalyseur dans la synthèse de la chlorophylle et de bien d'autres réactions comme photosynthèse, respiration, assimilation de l'azote, synthèse ADN, synthèse hormones végétale, et un cofacteur enzymatique. Une carence de cet élément affecte une chlorose inter-nervureries sur les bordes du limbe. (**F.A.O., 2005**).

Une carence en cet élément affecte donc l'ensemble des processus physiologiques d'un végétal. Les premiers symptômes visuels d'une carence en fer incluent l'apparition de chloroses intercostales, principalement chez les feuilles jeunes (**ANONYME, 2006**).

- **Le Cuivre**, est un cofacteur enzymatique il fait partie intégrante des enzymes de phosphorylation et la respiration cellulaire, et joue également un rôle dans le métabolisme des protéines et la synthèse de la chlorophylle (**F.A.O., 2005**).

La carence en cuivre chez les céréales, jaunissement et fissure des feuilles, diminution de l'épiaison, tallage erratique (**KHELIL, 1989**)

- **Le Zinc**, est un activateur enzymatique, le zinc est nécessaire à la formation de certaines auxines, qui sont des hormones de croissance .De ce fait, il intervient dans la régulation de la croissance et dans la transformation des sucres. (**F.A.O., 2005**).

La carence en zinc est fréquente dans toutes les zones agrumicoles, elle se manifeste sur les jeunes feuilles qui restent petites et dressées, le limbe présente une décoloration importante, vert clair à jaune, sur toutes les parties inter- nervaires (**ANONYME, 2006**).

-**Le Bore**, présente un rôle complexe. Il intervient dans le transfert des sucres, les phénomènes respiratoires, la fécondation et l'absorption d'eau, le transport et l'accumulation des hydrates de carbone de réserve. Il régule la photosynthèse, maintient l'élasticité des parois cellulaires ainsi que l'intégrité de la membrane

cytoplasmique. Il est nécessaire dans l'élongation et la division cellulaire des bourgeons apicaux racinaires. Il intervient aussi dans la synthèse des acides nucléiques (**F.A.O., 2005**).

La carence en bore se caractérise par la présence de subérification des nervures de la face inférieure du limbe et les jeunes rameaux peuvent se dessécher (**Anonyme, 2006**)

2- La nutrition organique

La matière organique du sol remplit de nombreuses fonctions en faveur des cultures, la fonction nutritionnelle en premier, mais d'autres également, potentiellement importantes dans le cadre d'une intensification écologique, telles que la structure du sol. On sait que la nutrition minérale, azotée et hydrique des plantes est sous la dépendance étroite d'un pool organique, la MOS, mobilisable par l'activité biologique du sol (minéralisation) et par l'activité rhizosphérique. Le pool organique du sol alimente donc le réservoir d'éléments nutritifs du sol, et le système racinaire délimite la fraction de ce réservoir qui sera utilisable par la plante. Les engrais organiques sont généralement d'origine animale ou végétale. Trois types d'engrais organiques sont disponibles pour l'agriculteur: les engrais d'origine végétale encore appelé engrais vert, les engrais d'origine animale et le compost (**Anonyme, 2001**).

2- 1- Les engrais d'origine végétale

Les engrais verts c'est un pratique concernent l'enfouissement des feuilles, des herbes, des branches d'arbres et tout autre résidu végétal rencontré en champ dans le sol pendant la préparation du terrain, afin d'améliorer la fertilité et la structure physique d'un terrain (**Fazio, 2001**).

Le principe de l'engrais vert reprend la pratique ancestrale qui consiste à enfouir les mauvaises herbes. Elle s'appuie sur une culture intercalaire, enfouie sur place. Quand il s'agit des légumineuses, telles que la luzerne ou le trèfle, on obtient, en plus, un enrichissement du sol en azote assimilable, car leur système racinaire associe des bactéries, du genre rhizobium, capable de fixer l'azote atmosphérique. Pour rendre cette technique plus efficace, on sème les graines avec la bactérie préalablement associée (**De Kimpe, 1996**).

- ***Moringa oleifera***

Le *Moringa oleifera* est un arbre fruitier qui pousse à l'état sauvage au nord ouest de l'Inde, au Pakistan et en Afrique (**Armelle et Broin, 2010**). Les différentes parties du *Moringa oleifera* telles : l'écorce, les feuilles, les fleurs, les fruits et l'huile extraite des graines offrent une diversité d'usages à des fins nutritionnelles, thérapeutiques et cosmétiques. Ces différentes parties possèdent chacune des

vertus médicinales particulières. Depuis un certain temps, les feuilles de *Moringa oleifera* sont consommées comme feuilles légume (**Armelle et Broin, 2010**).

- **La prêle des champs**

Equisetum arvense L. est une plante médicinale originaire d'Europe et qui se trouve couramment dans les Amériques, l'Afrique du Nord et l'Asie (**Carneiro, 2013**). Considéré comme une plante herbacée vivace (**Bordbar, 2017**). Comporte des tiges fertiles terminées par un épi sporangifère roux, ovale et des tiges stériles creuses, cannelées, articulées. Aux nœuds, sont insérées des feuilles verticillées, de taille réduite, en forme de dents soudées à noire, ces feuilles forment une gaine autour de la tige (**Ghedira, 2010**)

2-2- Vermicompostage

Vermicompostage ou lombricompostage est parmi les traitements biologiques proposés pour le recyclage des déchets organiques, qui suscite de plus en plus d'intérêt (**Sierra et al., 2011**). Le lombricompostage est un procédé de bio-oxydation et de stabilisation de la matière organique, mais sous l'action combinée des microorganismes et des lombrics. Le lombricompostage se différencie du compostage par son absence de phase thermophile en présence des lombrics (**St-Pierre., 1998**).

Il s'agit du processus par lequel les vers de terre transforment les résidus organiques en un matériau stable, appelé vermicompost (**SIERRA et al., 2011**).

- Vermicompost

Vermicompost (ou lombricompost), constitué des déjections (turricules) des vers. Qu'il est de la consistance d'un terreau, d'agréable odeur, constitue un complément nutritionnel capable de régénérer et d'aérer le sol tout en favorisant la rétention d'eau. Riche en éléments nutritifs, sa structure en turricules lui permet d'être facilement dégradé par les microorganismes du sol, et de libérer ainsi les nutriments assimilables par les végétaux (**SIERRA et al., 2011**).

- Le jus de lombricompost

Le jus de compost est riche en microorganismes bénéfiques en particulier des champignons, tels que les Actinomycètes et *Rhizobium*, des bactéries comme les *Azotobacter* et *Nitrobacter*. Une augmentation de 90% de la respiration dans un vermicompost frais indique une augmentation correspondante de la population en microorganismes (**Scheu, 1987**). Dans ce domaine, Edwards (1999) affirme que le lombricompost pourrait être 1000 fois plus actif que le compost classique sur le plan de l'activité microbienne. Il s'agit de micro-organismes qui stimulent la croissance des plantes, transforment les éléments nutritifs, en les rendant plus facilement assimilables.

- Composition chimique

Le jus de lombricompost contient des macroéléments nutritifs N.P.K .sous forme NO_3 , PO_4 .Il contient 2 à 3% d'azote, 1,85 à 2,25% de potassium et 1,55 à 2,25% de phosphore, des oligo-éléments, des microorganismes bénéfiques au sol comme les bactéries fixatrices d'azote et les champignons mycorhiziens (**Singh et al.,2008**), et des micronutriments qui présentent des effets bénéfiques sur la croissance et le rendement des plantes, disponibles sous forme de Ca, K, Mg et S. Il contient 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 les phénols et les acides aminés (**Nagavalemma et al., 2004**).

- Les avantages du compost :

L'utilisation du compost comporte plusieurs avantages parmi lesquels on peut citer (**Ademe, 2008 ; Ademe, 2001**) :

1. Amélioration de la croissance des végétaux et racines
2. Amélioration du rythme de diffusion des nutriments
3. Amélioration de la porosité du sol
4. Amélioration de la capacité de rétention d'eau
5. Elimination des maladies chez les végétaux
6. Effet sur la structure du sol
7. Effet sur les caractéristiques physico-chimiques du sol
8. Effet sur la dynamique du sol et amélioration des échanges gazeux

Chapitre 3 :

Matériel et méthodes

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

1-Objectif

L'objectif général de cette étude est la modification d'un bio engrais à base végétale (Moringa et la prêle) et organique (vermicompost) dans les activités et la capacité nutritionnelle et la qualité par des différents extraits aqueux sur le développement végétatif.

2- Présentation de la région d'étude

Les essais de la présente d'étude ont été réalisés au niveau du laboratoire de Phytopharmacie (109) et de laboratoire de recherche de Biotechnologie des Productions Végétales, département de Biotechnologie et Agro-Ecologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1, durant la période 13/02/2022 au 24/05/2022.



Figure 1 : Position de lieu d'expérimentation (Google earth, 2022)

3- Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

L'expérimentation a été réalisée dans une serre de 382,5 m² de surface en polycarbonate, sous des conditions semi-contrôlées, d'exposition nord- sud. L'éclairage est celui du jour, la température varie au cours de la journée et d'une saison à l'autre et elle est mesurée par un thermomètre placé au milieu de la serre. Dans la serre, il y a des fenêtres placées latéralement de part et d'autres pour

assurer l'aération. Des radiateurs à eau chaudes ont été installés au niveau de cette serre pour assurer le chauffage pendant les périodes hivernales Sur une longueur de 17 mètres.



Figure 2 : Serre expérimentale en polycarbonate(originale, 2022)

4-Matériel d'étude

4-1-Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est :

1- le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.), c'est une espèce qui se développe rapidement. La variété testée est « Djadida » ; cette dernière est une variété saisonnière, très cultivée en Algérie.

2- Le Moringa (*Moringa oleifera*)

3- La prêle des champs (*Equisetum arvense* L)

4- Vermicompost ou Lombricompost, un produit issu de la dégradation des déchets ménagers sous l'action du ver de terre anécique. Le produit final a la consistance d'un terreau sans odeur.

4-2- Méthode de préparation

L'expérimentation a été menée sur des plantules d'haricot vert *Phaseolus vulgaris*. L d'une variété Djedida à croissance déterminée (naine), appartenant au groupe des haricots mange-tout et destiné pour la consommation en frais. Les graines du haricot sont imbibées dans l'eau pendant 48h. Le semis est effectué dans la serre le 03/02/2022 dans deux alvéoles en plastique remplies de tourbe à raison de 1 graine par alvéole, avec une irrigation selon leur besoin par l'eau du robinet.



Figure 3 : Plantation des graines d'Haricot vert (originale, 2022)

Au stade 2 feuilles, le 01/03/2022 les plantes de haricot ont été repiquées dans les pots plastiques de 13 cm de hauteur et 10 cm de diamètre, ils sont de couleur marron ayant une capacité de 1500 ml et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la quantité d'eau excédentaire. Les pots sont remplis d'un mélange: $\frac{1}{2}$ terre + $\frac{1}{2}$ de tourbe, avec une irrigation en eau selon le besoin. L'irrigation est très importante en culture maraichère, surtout après le repiquage, elle permet

une bonne reprise des plantules. La fréquence des irrigations est en fonction de la température et le stade de développement de la plante. Dans notre expérience on a donné 500 ml d'eau pour chaque plante, chaque 2 jour en stade (2 feuilles et 4 feuilles)



Figure 4 : Germination des plantes du Haricot vert (originale, 2022)

4-3- Le jus de vermicompost

Le jus de vermicompost a été produit dans les environs de l'université, il est composé de trois ou quatre bacs qui se placent les uns sur les autres, ce dernier peut être en plastique ou bien en bois contient un mélange de déchets ménagers organique dont ils vont se nourrir pour créer un sol riche ; la température idéale se situe entre 12 et 24°C et il va réguler la quantité d'humidité et bloquer la lumière ,donc il est nécessaire de placer notre installation dans une cave obscure, le jus récupérer dans le fond du lombricomposteur a une forte concentration, C'est pour cette raison qu'il est intéressant de faire une dilution avant leur utilisation.



Figure 5 : Dispositif de production du jus de vermicompost (originale, 2022)

4-4- Préparation des extraits aqueux

-Extraits aqueux de Moringa

La méthode consiste à mettre 100 g de Moringa (poudre) avec 1000 ml d'eau distillé dans un bécher et couvrir avec le papier aluminium pour éviter la lumière après on le mettre sous l'agitateur à hélice pendant 72 heures (de 21/02/2022 à 10:44 jusqu'à 24/02/2022 à 10:44)



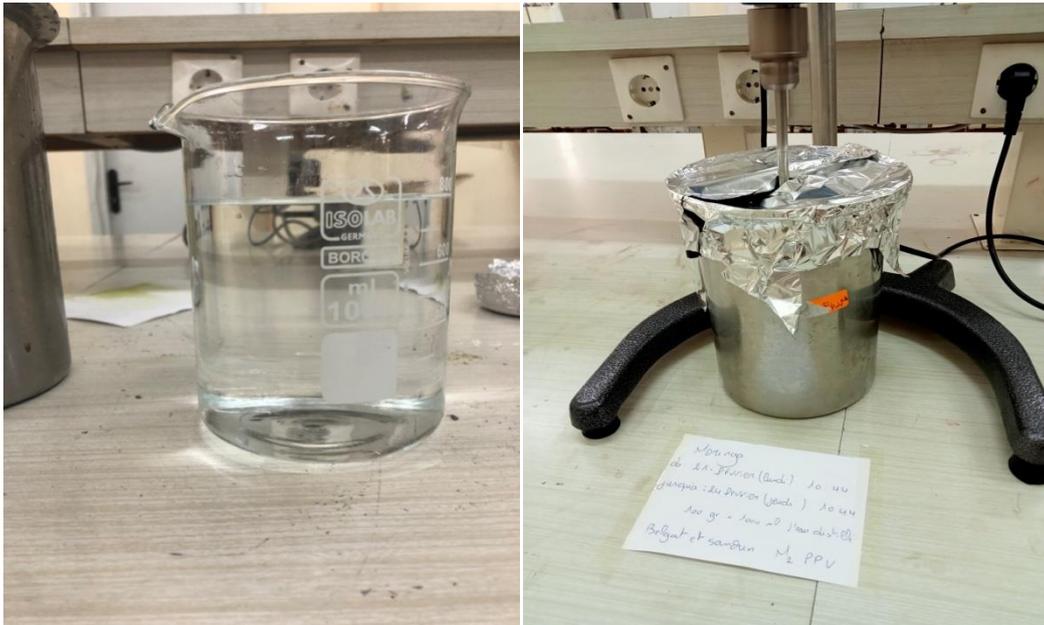


Figure 6 : préparation de l'extrait aqueux de Moringa (originale, 2022)

- Extrait aqueux de la Prêle des champs

La méthode consiste à mettre 1000 g de la prêle des champs (poudre) avec 1000 ml d'eau distillé dans un bécher et couvrir avec le papier aluminium pour éviter la lumière après on le mettre sous l'agitateur à hélice pendant 72 heures (de 21/02/2022 à 11:11 jusqu'à 24/02/2022 à 11:11)



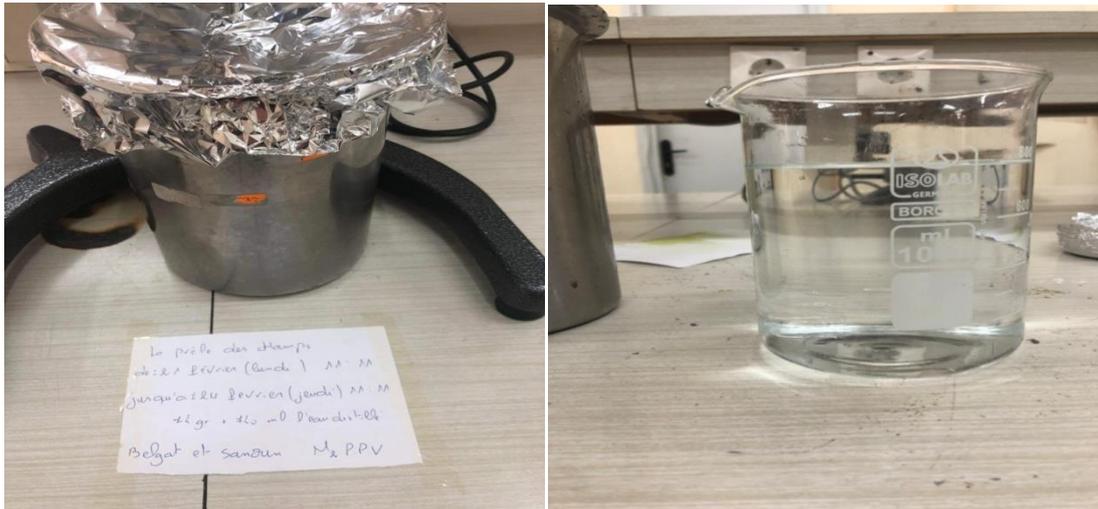


Figure 7 : préparation de l'extrait aqueux de la prêle des champs (originale, 2022)

4-5- Récupération de l'extrait de Moringa et de la Prêle des champs

Filtration :

On prend le matériel (entonnoir, support, bande à gaz) et le bécher de mélange (moringa ou le prêle des champs), dans un entonnoir nous mettons une bande à gaz après on a vidé le bécher ; et nous avons récupéré le liquide dans des flacons à couvrir avec un papier aluminium et mettez -la au congélateur .



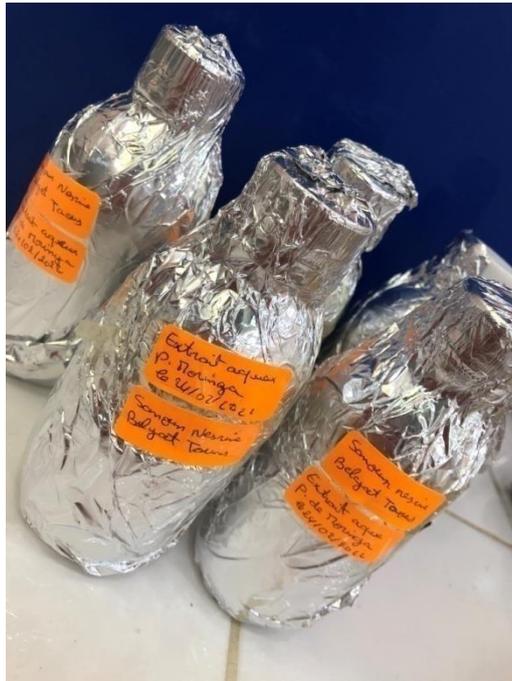


Figure 8 : récupération des extraits aqueux (originale, 2022)

4-6- Préparation des extraits aqueux

Les extraits aqueux ont été performé par l'ajout de glycine bêtaïne (osmoprotecteur) et du manganèse (synthèse de la chlorophylle) (1 : 0,5 : 0,5) (*Djazouli, com. Pers.*)

5- Dispositif expérimental et conduite de l'essai

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet à 80 répétitions le dispositif expérimental est compose de 4 blocs a raison de 20 plants par traitement, ainsi les blocs sont distantes de 15 cm les uns des autres. Les plantes sont irriguées régulièrement selon leur besoin par l'eau du robinet. Jusqu'à l'apparition des deux feuilles cotylédonaires. Après ce stade nous avons procédé à l'application des différents traitements.

Les traitements sont effectués comme suit :

Bloc 1 : fertilisation à base de bio fertilisant végétal (plante de Moringa)

Bloc 2 : fertilisation à base de vermicompost

Bloc 3 : fertilisation à base de bio fertilisant végétal (plante de Prêle des champs)

Bloc 4 : témoin (pulvérisation par l'eau de robinet).



Figure 9 : Dispositif expérimental de l'essai (originale, 2022)

6- Application des traitements

Les plantes sont irriguées régulièrement selon leur besoin par l'eau de robinet. A partir du stade deux feuilles, nous avons procédé à l'apport par application foliaire des différents traitements aux doses respectives (différentes). Le bloc témoin a reçu une application foliaire à l'eau du robinet. L'apport des traitements est renouvelé chaque 10 jour durant toute la période d'étude. Après chaque apport des bio fertilisants du période étudier, quatre plantes sont prélevés de chaque blocs afin d'estimer les paramètres de croissance.

7- Estimation de quelque paramètre de croissance

Durant chaque apport, 4 plants sont retirés de chaque bloc expérimental.

7-1- Mesure de la surface foliaire

Le principe consiste à étalées les feuilles sur un papier millimètre en faisant apparaitre clairement les rebords. Nous calculons la moyenne de Cinque feuilles de chaque plante. Les feuilles ainsi étalées sont prises en photos par un appareil photos de téléphone en gardant le même taux de pixel par la suite nous les avons traités par le logiciel Image DIGIMIZER Afin d'évaluer la surface foliaire.

7-2- Mesure de la longueur

Ce paramètre est exprimé en cm, Consiste à mesurer la longueur de la partie aérienne et la partie racinaire. La croissance en longueur des plants a été estimée

par la même procédure. Les plants ont été étalés, puis pris en photos prise par un téléphone Smartphone par la suite nous les avons traités par le logiciel Image DIGIMIZER Afin d'évaluer la longueur finale totale.

7-3- Mesure du poids de la plante

La biomasse fraîche des plants exprimée en gramme a été effectuée par pesée des deux parties séparément avec une balance ; partie racinaire et aérienne, afin d'estimer leur développement. Les feuilles a été mis dans un congélateur a une température de -5 degrés durant toute la période de traitement.

8- Quantification de la chlorophylle (A, B) et caroténoïde

La chlorophylle totale est estimée d'après le protocole proposé par *lichtenthaler (1987)* pour mesurer la chlorophylle et les caroténoïdes 0,1 g de matière végétale fraîches est broyée dans l'acétone 4ml (80%) et l'extrait obtenu est centrifugé à 3000 tours / min (pendant 10 min). L'absorbance de la totalité des surnageant obtenus est mesuré respectivement à 647 nm, 664 nm, et 470 nm par un spectrophotomètre UV. La chlorophylle a, la chlorophylle b, le contenu en chlorophylle totale et les caroténoïdes sont exprimés en mg/g. M.S., ont été déterminés par la formules suivante :

$$\text{Chla} = 12,21 (A_{664}) - 2,79(A_{647})$$

$$\text{Chlb} = 21,21 (A_{647}) - 5,1 (A_{664})$$

$$\text{ChIT} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

$$\text{Caroténoïdes} = (1000 A_{470} - 1,8 \text{ Chla} - 85,02 \text{ Chlb})/198$$

9- Analyse statistique des résultats

L'analyse statistique a concerné l'impact des différents biofertilisants sur l'activité photosynthétique et les paramètres de croissance du haricot vert. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V.<15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel Past version 3.2 (*Hammer, 2001*). La tendance de la variation temporelle l'activité photosynthétique et les paramètres de croissance du haricot vert par rapport à leurs réactions aux différentes biofertilisants a été établie par une analyse en composante principale (A.C.P.). La projection des variables sur les deux axes de l'analyse multi variée a été conduite par le logiciel (PAST vers. 1.37) (*Hammer et al., 2001*).

Chapitre 4 : Résultats

Chapitre 4 : Résultats

Le présent travail a porté sur l'évaluation de l'application foliaire de fertilisants biologiques (thé de vermicompost, Extrait aqueux de Moringa et Extrait aqueux de Prêle des champs), sur les traits de croissance et sur l'activité photosynthétique du haricot en conditions semi-contrôlées sous serre. Ces mesures permettent d'identifier la capacité d'une bonne nutrition des plantes.

1. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression végétative du haricot vert

La fluctuation temporelle des traits de croissance du haricot vert a été étudiée sous l'effet de trois types de fertilisants biologiques liquides. Nous avons considéré la croissance, la biomasse des parties aériennes et souterraines et la surface foliaire comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude de la nutrition organique à promouvoir la culture du haricot.

1.1. Étude comparée de l'effet des fertilisants biologiques sur les paramètres de croissance

Nous avons utilisées le modèle analyse de la variance suivi par le test de comparaison multiple (Test du Tukey), de manière à étudier la variation quantitative des paramètres de croissances des plants du haricot sous l'effet des différents fertilisants biologiques.

Les résultats relatifs à la croissance de la partie aérienne des plants du haricot vert sont consignés dans la figure 10. Cette dernière affiche la présence d'une différence hautement significative sur la stimulation de la croissance de la partie aérienne selon la variation des traitements apportés ($p=0,0089$, $p<1\%$). Le traitement en VLC, affiche la croissance la plus important de la partie aérienne (groupe homogène a), l'extrait aqueux de Moringa (EAM) seconde le vermicompost (VLC) dans la stimulation de la croissance de la partie aérienne (groupe homogène ab), suivi par l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP) (groupe homogène b), enfin le témoin (TEM) vient en dernière position concernant la croissance de la partie aérienne (groupe homogène c).

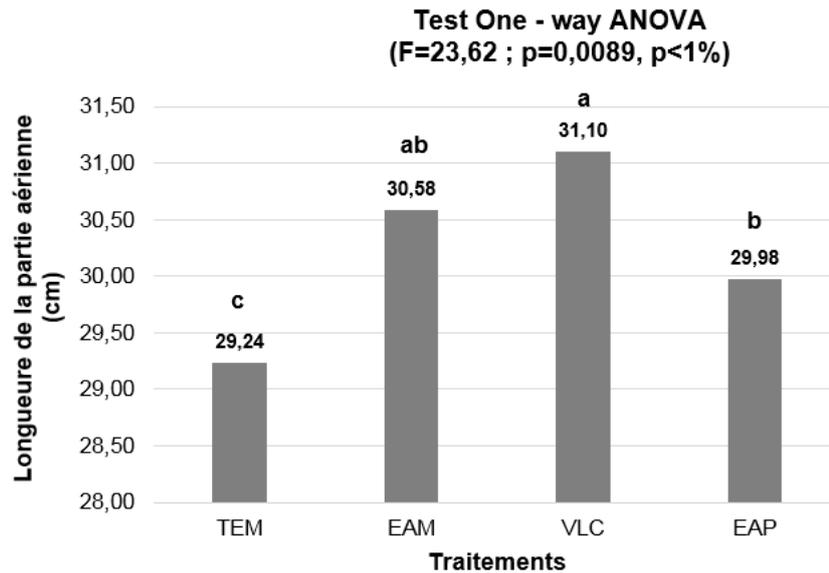


Figure 10: Effet des différents fertilisants biologiques sur la croissance de la partie aérienne des plants du haricot vert

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Les résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey montrent que les traitements aux fertilisants biologiques ont un effet significatif sur la croissance en longueur de la partie racinaire des plants de du haricot vert ($p=0,0412$, $p<5\%$) (Fig. 11). Cependant il ressort que le vermicompost (VLC) et l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP) provoquent pareillement des effets positifs sur la croissance racinaire (groupe homogène a), mais qui se distinguent fortement de ceux de l'extrait aqueux de Moringa (EAM) (groupe homogène b) et du témoin (TEM) (groupe homogène c).

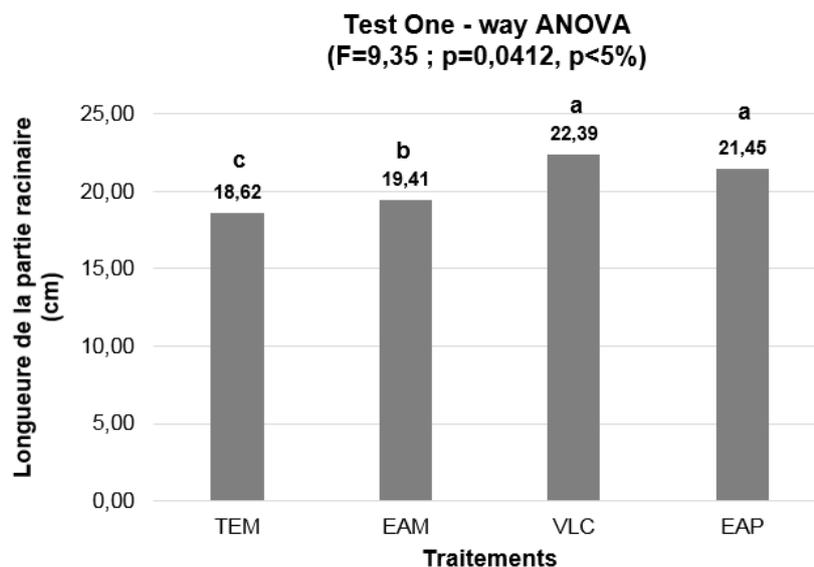


Figure 11: Effet des différents fertilisants biologiques sur la croissance de la partie racinaire des plants du haricot vert

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Les résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey touchant à la biomasse des parties aérienne et souterraine des plants du haricot vert, montrent que les traitements aux fertilisants biologiques enregistrent un effet très significatif sur le gain en poids frais de la partie aérienne ($p=0,0325$, $p<5\%$) (Fig. 12) et de la partie racinaire ($p=0,0024$, $p<1\%$) (Fig. 16). L'effet du vermicompost (VLC) et de l'extrait aqueux de Moringa (EAM) (groupe homogène a) dépassent largement l'effet de l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP) (groupe homogène b). L'apport des fertilisants biologiques sous les différents types dépassent celui du témoin(TEM) (groupe homogène c).

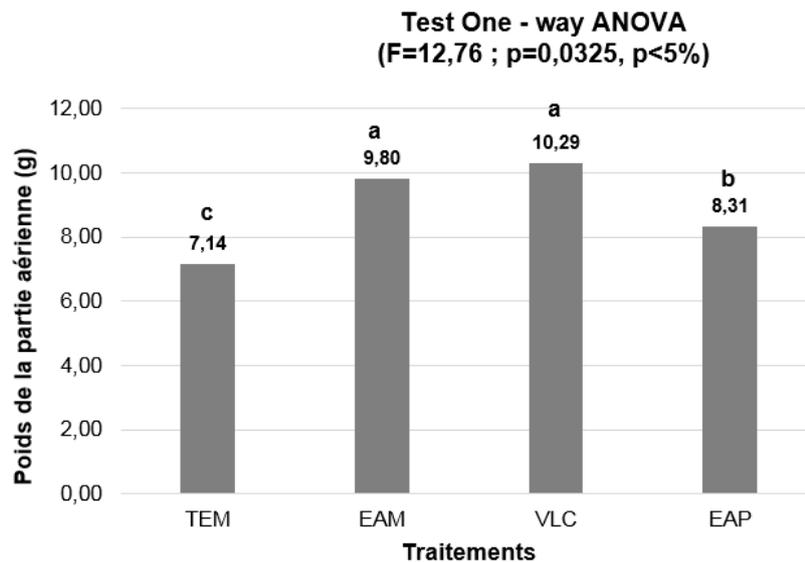


Figure 12: Effet des différents fertilisants biologiques sur l'évolution du poids frais de la partie aérienne des plants du haricot vert
(TEM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

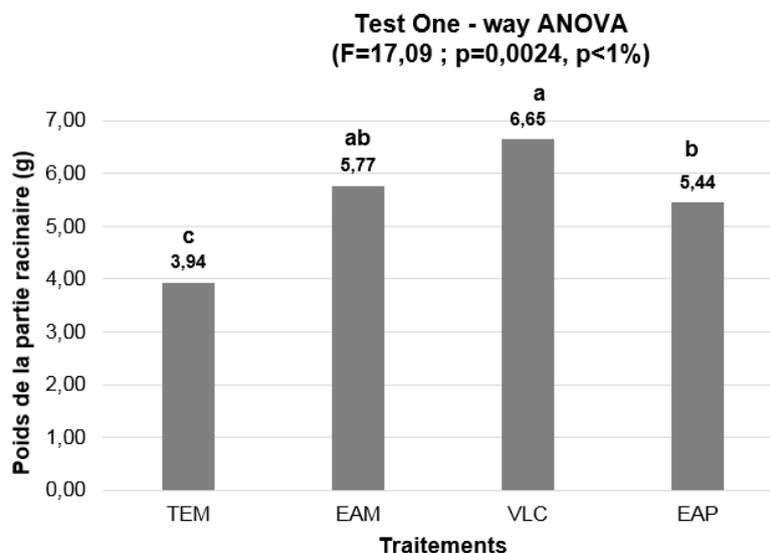


Figure 13: Effet des différents fertilisants biologiques sur l'évolution du poids frais de la partie racinaire des plants du haricot vert
(TEM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa,

VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Les résultats reportés sur la figure 13 montrent que les traitements aux fertilisants biologiques ont un effet significatif ($p=0,0401$, $p<5\%$) sur la l'augmentation de la surface foliaire des plants du haricot vert. Cependant, il ressort que le vermicompost (VLC) et l'extrait aqueux de Moringa (EAM) de provoquent les augmentations les plus importantes en surface foliaires (groupe homogène a). L'effet de l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP) engendre des évolutions en surfaces foliaire moins importante que ceux du VLC et de EAM (groupe homogène b), mais qui restent supérieures à celles enregistrées chez le témoin (TEM) (groupe homogène c).

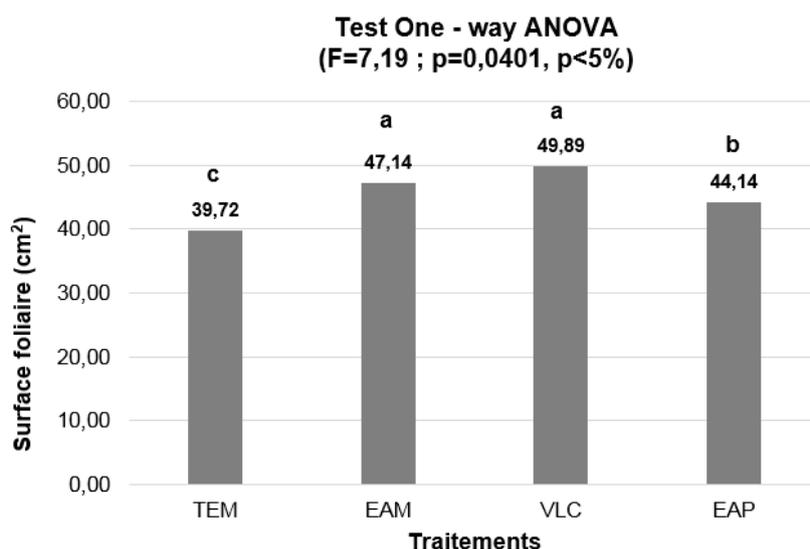


Figure 14: Effet des différents fertilisants biologiques sur l'évolution de la surface foliaire des plants du haricot vert

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

1.2. Étude de l'évolution temporelle des paramètres de croissance sous l'effet des apports des fertilisants biologiques

Nous proposons d'étudier la variation temporelle de la biomasse des parties aériennes, souterraines et de la surface foliaire des plants du haricot vert, dans un système présentant une hétérogénéité des traitements afin de visualiser l'effet réel des trois types de fertilisants biologiques.

La fluctuation par décade de la longueur de la partie aérienne des plants du haricot vert sous l'effet du rythme d'apport des différents types de fertilisants biologiques est consignée dans la figure 15. Les profils de croissance en longueur des plants traités par rapport au témoin, signalent que le vermicompost (VLC) se détache dès le premier apport, alors que les extraits aqueux de Moringa (EAM) et de la Prêle des champs (EAP) des champs se détachent du profil du témoin (TEM) qu'à partir du quatrième apport.

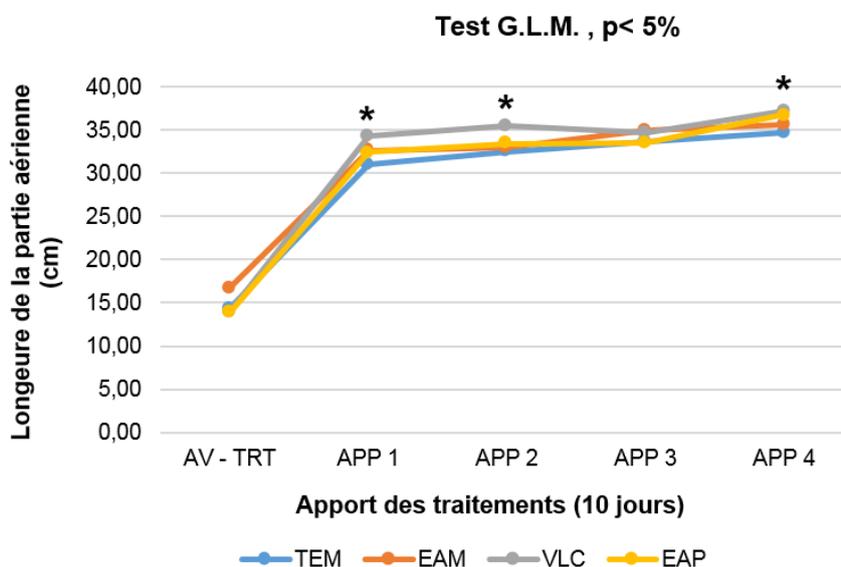


Figure 15: Fluctuation temporelle de la croissance en longueur de la partie aérienne sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques
 (AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

La Figure 16, concerne l'évolution temporelle de la croissance en longueur de la partie souterraine chez le haricot vert sous l'effet de différentes régies de nutrition organique. Elle fait constater qu'au détriment du témoin, le vermicompost (VLC), l'extrait aqueux de Moringa (EAM) et l'extrait aqueux Prêle des champs (EAP) occasionnent des croissances racinaires à partir du deuxième apport. L'effet du vermicompost parait le plus précoce et le plus important en termes de croissance racinaire.

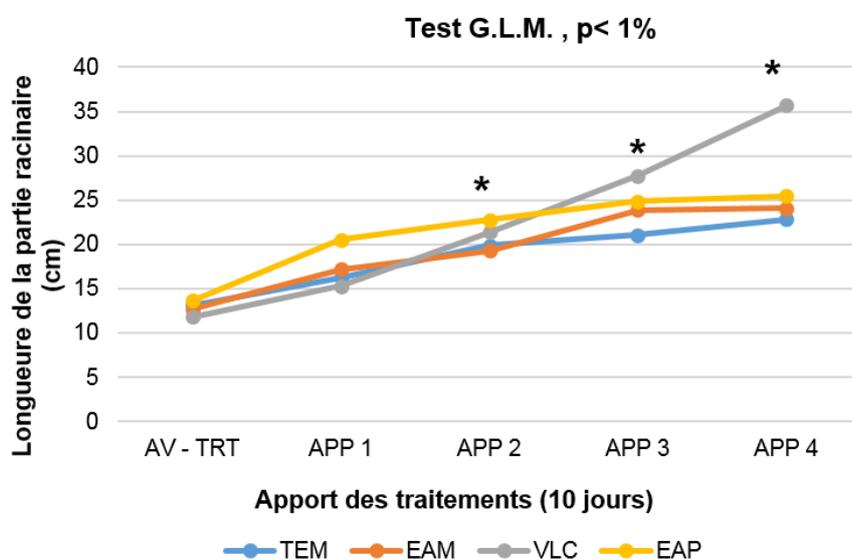


Figure 16: Fluctuation temporelle de la croissance en longueur de la partie racinaire sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques
 (AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Cependant, La fluctuation du poids frais de la partie aérienne des plants du haricot vert sous l'effet du vermicompost (VLC) et de l'extrait aqueux de Moringa (EAM) signale une même gradation positive du poids frais dès la deuxième décade par comparaison à l'extrait aqueux Prèle des champs (EAP) et au témoin (TEM) (Fig.17).

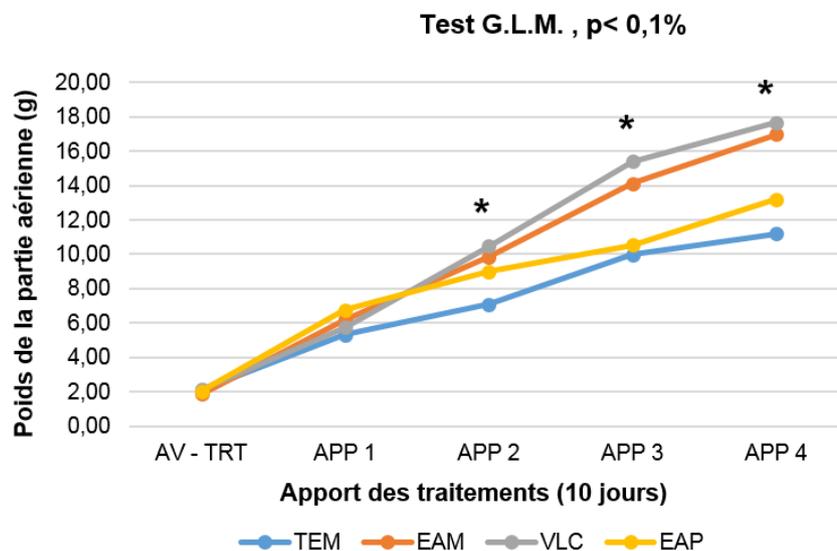


Figure 17: Fluctuation temporelle de la croissance pondérale de la partie aérienne sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques
 (AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prèle des champs)

Cependant, la fluctuation du poids frais de la partie souterraine, montre que les plants traités par l'ensemble des fertilisants biologiques (VLC, EAM et EAP) se distinguent leur suprématie dès le deuxième apport. Les valeurs pondérales des traités sont supérieures à celle des plants témoin (TEM) (Fig.18).

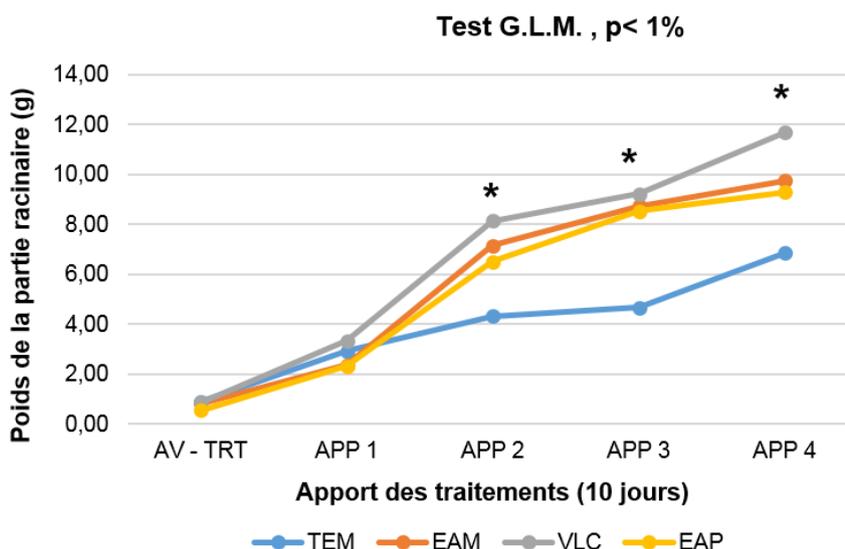


Figure 18: Fluctuation temporelle de la croissance pondérale de la partie racinaire sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques
 (AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

A propos de l'évolution temporelle de la surface foliaire des plants du haricot, les résultats montrent que les fertilisants biologiques stimulent l'expansion foliaire dès le premier apport. Une gradation positive est signalée en faveur du VLC, suivit par l'EAM et enfin l'EAP (Fig. 19).

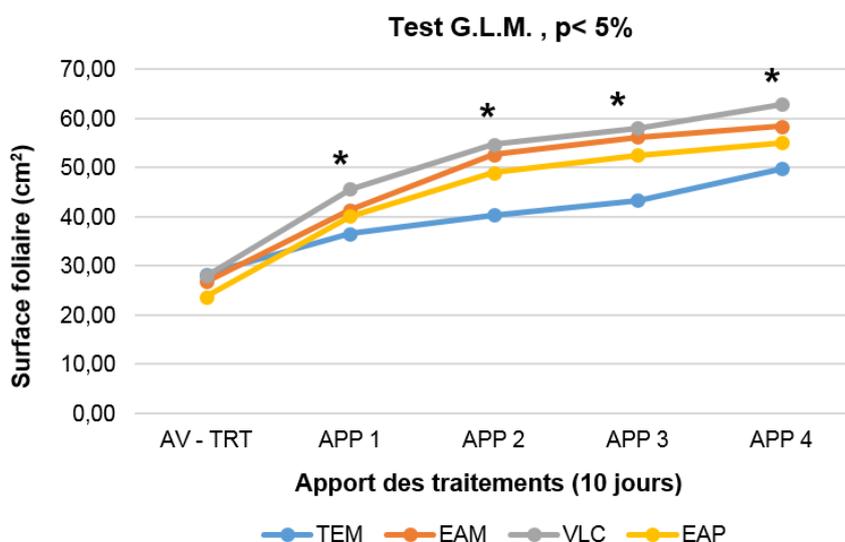


Figure 19: Fluctuation temporelle de la croissance de la surface foliaire sous l'effet des apports successifs des fertilisants biologiques
 (AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

2. Effet des fertilisants biologiques sur l'activité photosynthétique du haricot vert

La fluctuation temporelle des traits biochimiques du haricot vert a été étudiée sous l'effet de différents types de fertilisants biologiques. Nous avons considéré l'activité photosynthétique (chlorophylle et caroténoïdes) comme paramètre ayant la capacité de dévoiler l'aptitude de la nutrition organique à stimuler le métabolisme basale des plantes cultivées.

2.1. Étude comparée de l'effet des fertilisants biologiques sur l'activité photosynthétique

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats du remaniement des taux de la chlorophylle et de caroténoïde exprimés par les plants de la lentille a travers l'application des différentes biofertilisants.

Les résultats du remaniement des taux de la chlorophylle des plants du haricot vert sont consignés dans la figure 20 .nous remarquons que la quantité de la chlorophylle a dans les feuilles de l'haricot vert selon la variation des traitements apportés ($p=0,0239$, $p<5\%$). Le traitement en VLC, affiche la présence la plus important de taux de la chlorophylle a (groupe homogène a), l'extrait aqueux de Moringa (EAM) seconde le vermicompost (VLC) dans la stimulation de la présence de la chlorophylle a (groupe homogène b), suivi par l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP) (groupe homogène b), enfin le témoin (TEM) vient en dernière position concernant la présence de la chlorophylle a (groupe homogène c).

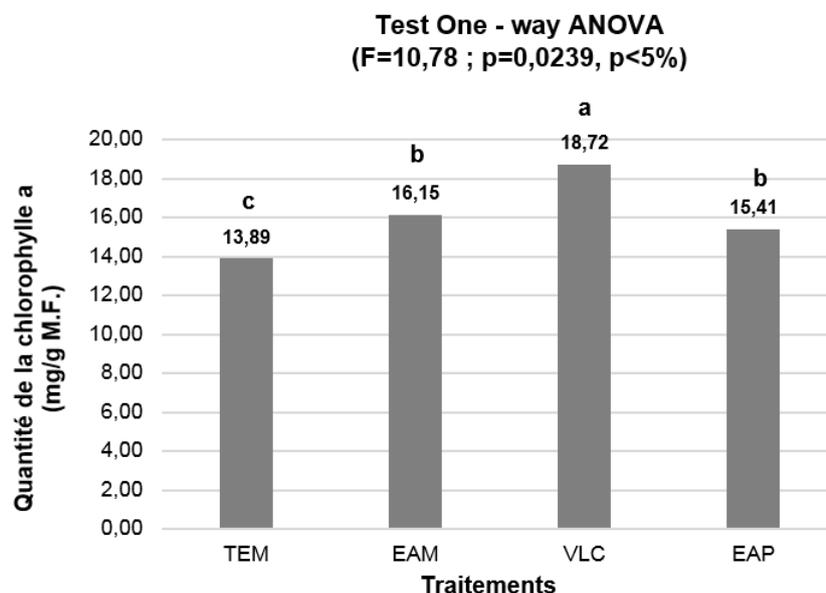


Figure 20: effets des différents fertilisants biologique sur l'activité photosynthétique la chlorophylle a

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Les résultats du remaniement des taux de la chlorophylle des plants du haricot vert montrent que les traitements aux fertilisants biologiques ont un effet significatif sur la présence de la chlorophylle des plants du haricot vert ($p=0,0141$, $p<5\%$) (Fig. 21). Cependant il ressort que le vermicompost (VLC) et l'extrait aqueux de Moringa (EAM) provoquent pareillement des effets positifs sur la croissance racinaire (groupe homogène a), mais qui se distinguent fortement de ceux de l'extrait aqueux de Prêle de champs (EAP) (groupe homogène b) et du témoin (TEM) (groupe homogène c).

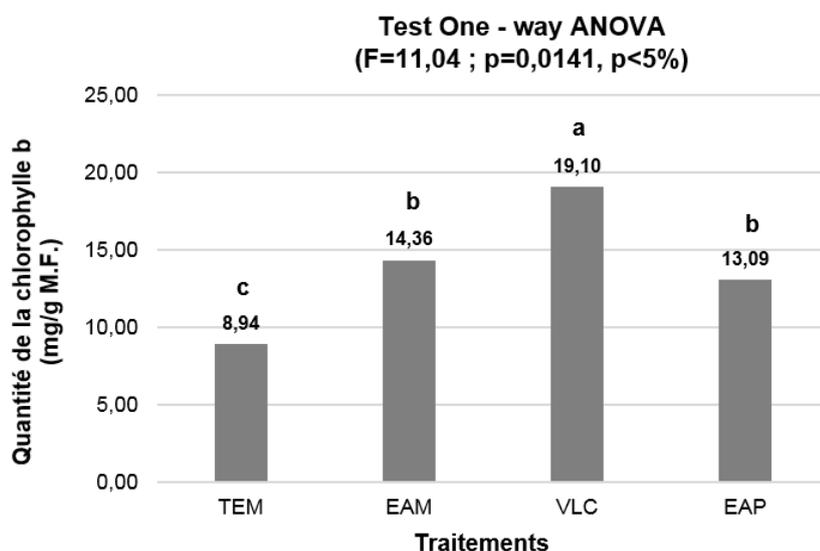


Figure 21 : effets des différents fertilisants biologique sur l'activité photosynthétique la chlorophylle b

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Les résultats du remaniement des taux de la chlorophylle des plants du haricot vert, montrent que les traitements aux fertilisants biologiques enregistrent un effet très significatif sur la chlorophylle totale ($p=0,0261$, $p<5\%$) (Fig. 22). Le traitement en VLC, affiche la présence de la chlorophylle totale (groupe homogène a), l'extrait aqueux de Moringa (EAM) seconde le vermicompost (VLC) dans la stimulation de la présence de la chlorophylle totale (groupe homogène b), suivi par l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP) (groupe homogène b), enfin le témoin (TEM) vient en dernière position concernant la présence de la chlorophylle totale (groupe homogène c).

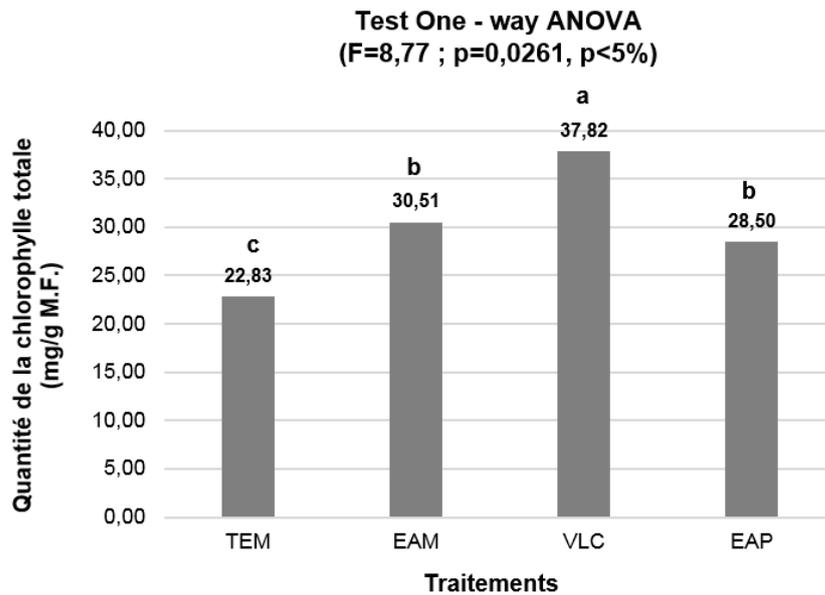


Figure 22: effets des déférents fertilisants biologique sur l'activité photosynthétique la chlorophylle totale

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Les résultats du remaniement des taux de la caroténoïde des plants du haricot vert sont consignés dans la figure 23. nous remarquons que la quantité de caroténoïde dans les feuilles de l'haricot vert selon la variation des traitements apportés ($p=0,0229$, $p<5\%$). Le traitement en VLC, affiche la présence la plus important de caroténoïde (groupe homogène a), l'extrait aqueux de Moringa (EAM) seconde le vermicompost (VLC) dans la stimulation de la présence de caroténoïde (groupe homogène b), suivi par l'extrait aqueux de Prêle des champs (EAP), enfin le témoin (TEM) vient en dernière position concernant la présence de caroténoïde (groupe homogène c).

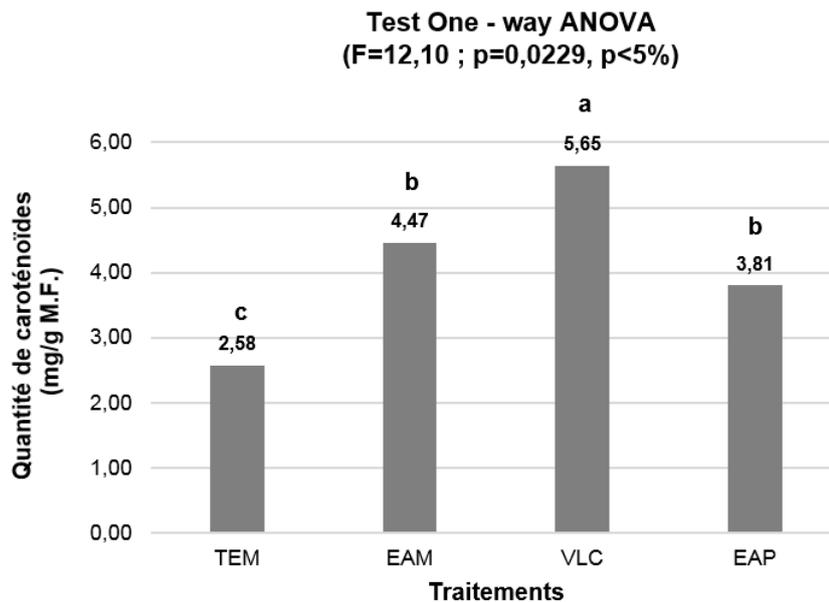


Figure 23: effets des déférents fertilisants biologique sur l'activité photosynthétique de caroténoïde

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

2.2. Étude de l'évolution temporelle de l'activité photosynthétique sous l'effet des apports des fertilisants biologiques

Les figure 24 jusqu'à 30 présentent Les résultats concernant l'évolution temporelle de l'activité photosynthétique des taux de la chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïde et la chlorophylle totale (p<5%) des plants du haricot vert, exprimés par l'application des déférents fertilisants biologiques.

Les résultats de l'analyse de la variance confirmée par le test de GLM, qui montrent L'évolution temporelle de l'activité photosynthétique des taux de la chlorophylle à des plants du haricot vert sous l'effet d'apport des différents types de fertilisants biologiques (figure 24). La chlorophylle a Affiche une accumulation précoce sous l'effet de vermicompost (VLC) et d'un degré moins sous l'effet de Moringa (EAM) et de la prêle des champs (EAP), et le témoin (TEM) c'est le score le plus faible.

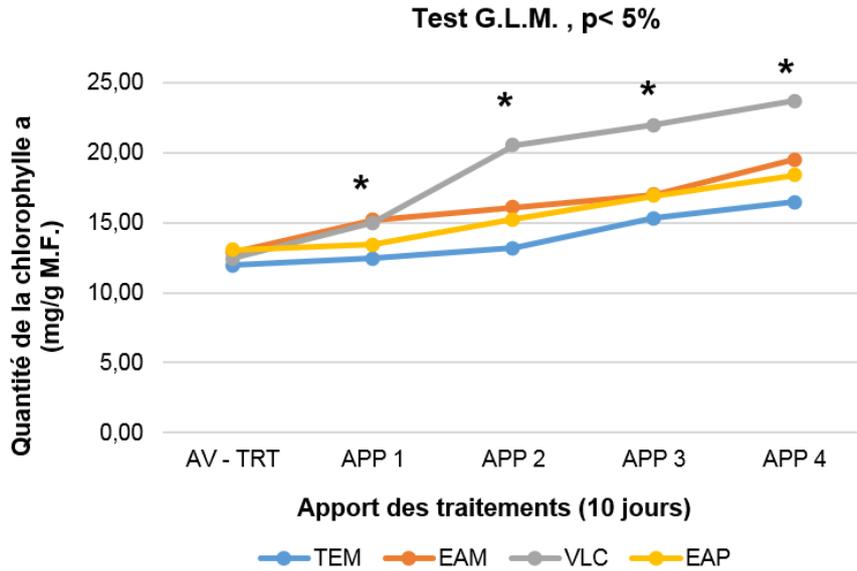


Figure 24 : Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de la chlorophylle a sous l'effet des apports des fertilisants

(AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Cependant, L'évolution temporelle de l'activité photosynthétique de taux de la chlorophylle b des plants du haricot vert sous l'effet du vermicompost (VLC) il présente une valeur légèrement plus élevé suivi le traitement de la moringa (EAM) et l'extrait aqueux de prêle des champs (EAP) qui présente le moins d'effet. Finalement nous retrouvons que le témoin (TEM) présentent le taux de chlorophylle b le plus faible (Fig.25).

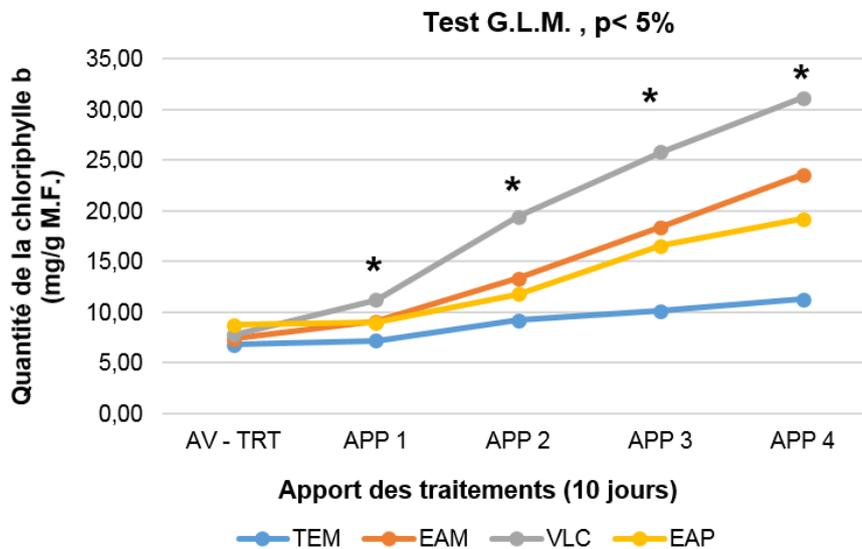


Figure 25 : Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de la chlorophylle b sous l'effet des apports des fertilisants

(AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

L'accumulation de la chlorophylle totale est significativement influencé par nos traitements ($p < 5\%$), le traitement de vermicompost (VLC) montre que les plants traités par l'ensemble des fertilisants biologiques présente le plus d'effet. Suivi par le traitement de Moringa (EAM) et la prêle des champs (EAP) signale le moins d'effet et enfin le témoin (TEM) (Fig.26).

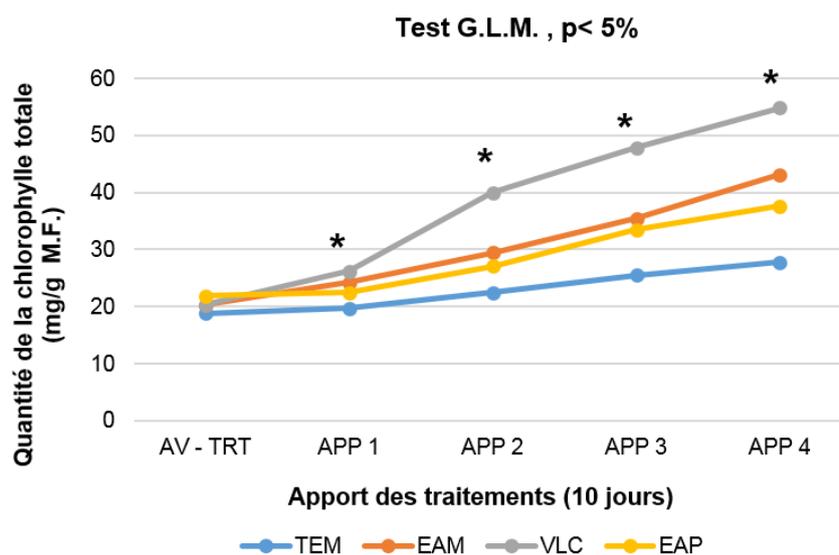


Figure 26 : Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de la chlorophylle totale sous l'effet des apports des fertilisants

(AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

Pour le caroténoïde (figure 27), les analyses nous montrent qu'il ya une différence significative pour le facteur caroténoïdes ($p < 5\%$). nous constatons que le traitement de vermicompost montre le plus effet, suivi la Moringa (EAM) après la prêle des champs (EAP) avec une moins effet .enfin le témoin (TEM) montre un faible effet.

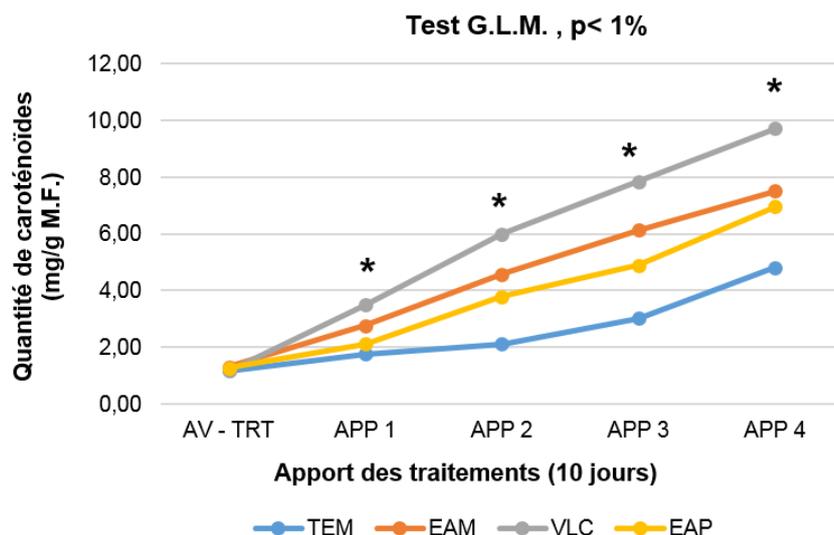


Figure 27 : Fluctuation temporelle de l'activité photosynthétique de caroténoïde sous l'effet des apports des fertilisants

(AV-TRT : Avant traitement, APP : Apport foliaire des fertilisants biologiques, TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs)

3. Tendance des capacités fertilisantes des fertilisants biologiques

L'analyse en composantes principales (A. C. P) appliquée aux valeurs des paramètres de croissances et de l'activité photosynthétique des plants du haricot vert est satisfaisante pour les effets des fertilisants biologiques par rapport aux plants témoin dans la mesure où plus de 80% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (Fig. 28)

La projection des valeurs des paramètres de croissances sur le premier (axe 1=59,60%) montre que le paramètre pondérale (parties aérienne et racinaire) n'est pas sensible à l'apport des fertilisants biologiques. Cependant, la projection des valeurs des paramètres de croissances sur le deuxième (axe 2=30,67%) informe que le vermicompost (VLC) et l'extrait aqueux de Moringa (EAM) influencent positivement la croissance de la partie aérienne (LPA) et la surface foliaire (SF). En revanche, l'extrait aqueux de Prêle des champs, stimule la croissance de la partie racinaire (LPR) (Fig. 28 A).

La projection des valeurs de l'activité photosynthétique sur le premier (axe 1=62,17%) montre que l'expression des caroténoïdes n'est pas sensible à l'apport des fertilisants biologiques. Cependant, la projection des valeurs de l'activité photosynthétique sur le deuxième (axe 2=32,82%) informe que le vermicompost (VLC) et l'extrait aqueux de Moringa (EAM) influencent positivement l'expression de la Chlorophylle b (Chb) et la Chlorophylle totale (ChT), alors que l'extrait aqueux de Prêle des champs, permet l'expression de la Chlorophylle b (Chb) (Fig. 28 B).

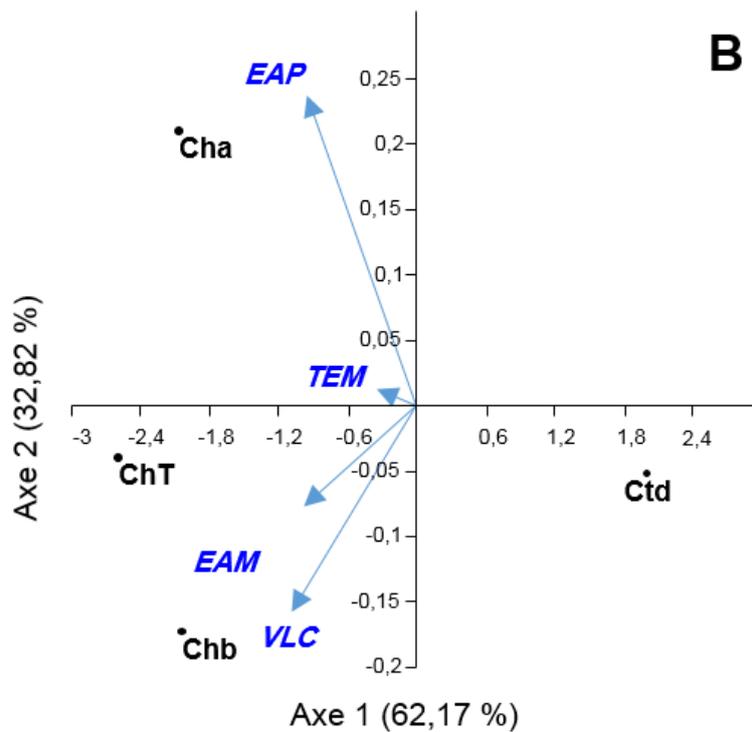
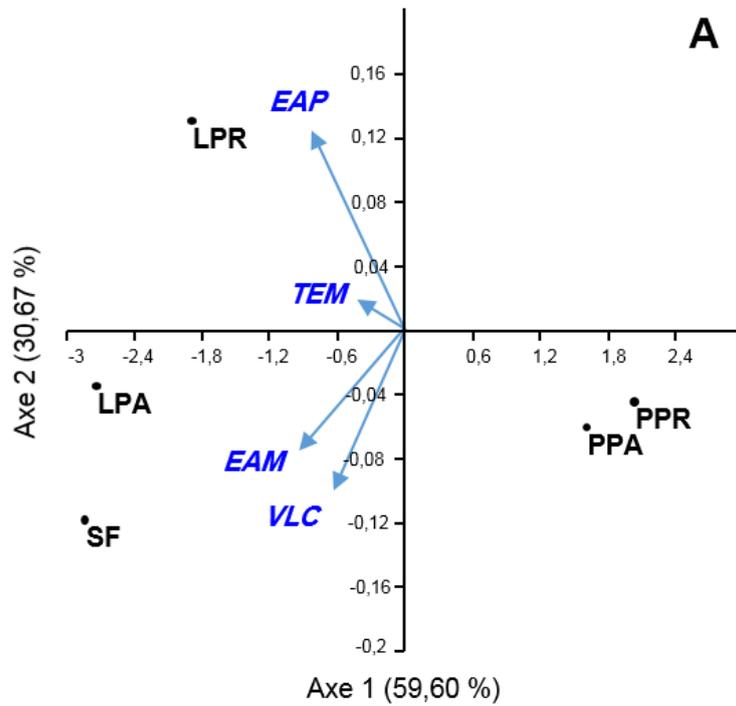


Figure 28:Projection des valeurs des paramètres de croissances (A) et de l'activité photosynthétique (B) sur les deux axes de l'A.C.P.

(TM=témoin, EAM=Extrait aqueux de Moringa, VLC=vermicompost, EAP=Extrait aqueux de Prêle des champs, LPA : Longueur de la partie aérienne, LPR : Longueur de la partie racinaire, PPA : Poids de la partie aérienne, PPR : Poids de la partie racinaire, SF :Surface foliaire, Cha : Chlorophylle a, Chb : Chlorophylle b, ChT : Chlorophylle totale, Ctd : Caroténoïdes)

Chapitre 5 : Discussion

Chapitre 5: Discussion

La sécurité alimentaire et sanitaire est un succès. Cependant, l'intensification des modes de cultures a fortement augmenté l'utilisation d'intrants, entre autre les produits phytosanitaires. Ceux-ci permettent de sécuriser les cultures en diminuant au maximum la compétition avec les adventices ainsi que les attaques causées par les ravageurs et parasites. Aujourd'hui, les produits composés des plus dangereuses molécules ont été supprimés du marché. Cependant, l'impact des produits phytosanitaires sur la santé et l'environnement reste un sujet sociétal important, sachant que des résidus toxiques sont retrouvés dans l'eau, le sol, l'air ainsi que dans les aliments que nous consommons. Face à ce problème, des mesures doivent être prises pour réduire l'utilisation des intrants, tout en visant un objectif de performances économiques. Les essais permettent de tester des nouvelles molécules biofertilisantes et itinéraires culturaux dans le but de les proposer aux agriculteurs. Ces essais permettent de valider ou non la réelle efficacité d'un produit, à travers le suivre du développement des différents paramètres de croissances. Les différents résultats obtenus permettent de montrer l'impact des différentes conduites culturales.

1. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression végétative du haricot vert

Les résultats portant sur les paramètres de croissances du haricot vert ont montré que le vermicompost (VLC) secondé par l'extrait aqueux de la Moringa (EAM), stimulent positivement l'expression végétative du haricot vert. Nous estimons que les effets appréciables du vermicompost et de l'extrait aqueux de la Moringa signalés sur la croissance et la biomasse des parties aérienne et souterraine du haricot vert suggèrent une large variabilité dans la composition du vermicompost et des feuilles de Moringa, ce qui peut avoir différents impacts sur la croissance du haricot. Ces résultats sont conformes à beaucoup de travaux relatifs à l'effet du vermicompost sur la croissance des plantes. Des résultats similaires utilisant du vermicompost par pulvérisation ont été signalés sur les céréales, (**Doan et al., 2013**), sur fève (**Chaichi et al., 2018**), sur tomate (**Benazzouk et al., 2019**), sur haricot (**Guermache et Djazouli, 2021**), que le vermicompost a un potentiel considérable pour améliorer significativement la croissance des plantes. Les plantes traitées avec le vermicompost avaient un système racinaire étendu avec un plus grand volume racinaire et une plus grande longueur de racine et le diamètre de collet est très élevé. Cela indique le rôle de la pulvérisation de feuilles par le jus de vermicompost. Les auteurs ont déclaré que l'augmentation de la hauteur de la plante résulte de la stimulation des substances auxiliaires produites lors de la consommation de vermicompost. Le vermicompost est riche en nutriment et en acides humiques et fulviques qui stimulent la multiplication cellulaire tell que les cellules méristématique primaires et secondaires qui permet le développement des méristèmes apicales

racinaires et les méristèmes médullaires de la tige, donc ils stimulent la croissance des plantes et même leur capacité de la photosynthèse. Cette hypothèse est confirmée par **Zarei et al. (2018)**, qui ont déclaré que le thé vermicompost est plus efficace pour améliorer les conditions de croissance des plantes en raison qu'il est riche en macro et micronutriments nécessaires aux plantes. Le vermicompost riche en azote stimule la biomasse des plants, la masse sèche, le rendement des cultures et la croissance de la partie souterraine aussi d'autres effets indirects via l'inhibition de l'infection par des agents phytopathogènes. On peut dégager l'hypothèse suivante que le vermicompost riche en hormones, régulateur de croissance et en microorganismes actifs qui facilite l'absorption des nutriments agit sur l'élongation et l'élasticité des cellules par conséquent une meilleure prise de poids. Cette hypothèse est confirmée par les travaux d'**Arancon et al. (2008)** de **Schwarz et al. (2013)**, et de **Benazzouk et al. (2019)** sur tomates hybrides.

D'après **Foidl et al. (2001)**, l'accélération de croissance végétale par pulvérisation de l'extrait de Moringa est due à la richesse des feuilles en facteurs de croissance (hormones du type cytokinine). Ce traitement aux hormones de croissance augmente aussi la robustesse des plants et leur résistance aux maladies. De plus, les fruits sont plus abondants et plus gros, ce qui augmente le rendement des arbres lors de la récolte. L'aspersion des feuilles avec l'extrait de Moringa produit des effets significatifs : croissance plus vigoureuse sur un cycle de vie plus long ; racines, tiges et feuilles plus robustes, fruits plus gros, teneur plus élevée en sucres, etc. L'utilisation de cet extrait permet d'augmenter globalement les rendements de 20 à 35 %.

2. Effet des fertilisants biologiques sur l'activité photosynthétique du haricot vert

Les résultats portant sur les traits biochimiques du haricot vert en l'occurrence l'activité photosynthétique ont montré que le vermicompost (VLC) secondé par l'extrait aqueux de la Moringa (EAM) et l'extrait aqueux de la Prêle des champs (EAP), affectent positivement la mobilisation de la chlorophylle et des caroténoïdes. Nous supposons que les biofertilisants sont capable de performer le métabolisme basal des plantes. L'hypothèse avancée, rejoint les travaux d'**Uma et Malathi (2009)** et de **Guermache et Djazouli (2021)**, où ils ont signalé un effet positif sur la chlorophylle des feuilles des plantes d'*Amaranthus* et du haricot vert traitées par le vermicompost. Ils signalent une augmentation de 2, 3 fois la quantité initiale durant les 27 jours après la germination. **Kolton & Baran (2008)**, ont signalé que la richesse du vermicompost en ions d'ammonium conduit à une amélioration de l'activité pigmentaire (chlorophylles a et b). Les caroténoïdes fonctionnent comme des pigments accessoires dans photosynthèse et comme matière colorante dans les feuilles, fleurs. Dans la présente étude, augmentation des caroténoïdes le contenu a été enregistré pour les plantes traitées avec le vermicompost que le témoin. Les conclusions signalées sont conforme aux travaux de **Kale et al. (1987)**. Le

vermicompost, les feuilles de Moringa et la Prèle des champs se composent de nombreux éléments nutritifs y compris l'azote, le phosphore, le potassium, le manganèse, le zinc et le fer qui jouent un rôle important dans les pigments photosynthétiques et la fluorescence de la chlorophylle dans soja **Dos et al. (2020)**.

Ding et al. (2005), signalent la présence d'une forte relation entre l'accumulation de l'azote et la synthèse de la chlorophylle. La biodisponibilité en certains éléments peut s'avérer limitée et l'apport de vermicompost aide alors à la mobilisation de formes rapidement assimilables d'éléments minéraux importants pour le métabolisme de la plante (**Aguiar et al., 2013**).

Selon **Haboudane et al. (2002)**, La concentration de chlorophylle est liée à l'engrais azoté et à la teneur en azote des feuilles. À propos de la synthèse de la chlorophylle et des caroténoïdes dans les plantes traitées avec des plantes hybrides. Ils ont confirmé que l'ajout du vermicompost et les extraits de Moringa et la Prèle des champs peuvent faciliter l'accumulation de la chlorophylle et des caroténoïdes, augmentant ainsi l'efficacité de la photosynthèse (**Uprety &Yadava, 1985**). Nous pouvons l'accorder aussi avec les travaux de plusieurs chercheurs dont ils signalent que l'effet stimulateur du vermicompost sur la production des métabolites secondaires peuvent être liés à l'amélioration de la nutrition minérale ou l'amélioration de l'activité photosynthétique (**Amooaghaie & Golmohammadi, 2017**).

Conclusion

Conclusion

Au terme d'étudier l'effet du bio fertilisant à base de vermicompost de l'extrait aqueux de Moringa, l'extrait aqueux de la Prêle des champs sur les paramètres de croissance du haricot vert et les paramètres de l'activité photosynthétique. Ces essais permettent de tester de nouvelles molécules biofertilisantes et de tester l'efficacité d'un bioengrais dans le but de les proposer aux agriculteurs

On conclut les résultats suivants

Concernant les résultats de paramètres de croissance, la biomasse des parties aériennes et souterrain et la surface foliaire on trouve que les plantes traité avec le biofertilisant mélange du vermicompost et l'extrait aqueux de Moringa exprime les meilleurs résultats par rapport aux l'extrait aqueux de la prêle des champs

Les résultats portent sur les traits biochimique en l'occurrence l'activité photosynthétique montre que le vermicompost second par l'extrait aqueux de Moringa et l'extrait aqueux de la prêle des champs stimulent positivement la mobilisation de la chlorophylle et l'expression de carotinoïde

La croissance et le développement de la surface foliaire des plantes d'haricots vert est très important aux rendements de la quantité et la qualité.

L'application d'un biofertilisant tel que le vermicompost et l'extrait aqueux de Moringa stimulent la croissance des plantes cultivées.

Références bibliographiques

- **Aberra M., Workinesh T. and Tegene N. (2011).** Effects of feeding Moringa stenopetala leaf meal on nutrient intake and growth performance of Rhode Island Red chicks under tropical climate. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 14: 485-492.
- **Ademe, 2001-**"Déchets organiques - Essai agronomique de plein champ d'un compost des Déchets verts (résultats 8e année d'expérimentation)." Paris, France.
- **Ademe, 2008-**Guide pratique sur le compostage. ADEME édition, Paris, 20 pages.
- **Amanuel G.S., Kihne R.F., Tanner D.G., Vlek P.L.G. (2000).** Biological nitrogen fixation in faba bean (*Vicia faba* L.) in the Ethiopian highlands as affected by P fertilization and inoculation. Biol. Fertil. Soils. 32, 353-359.
- **ANONYME., (2002)** : Statistique agricole-superficie et production, ministère de l'agriculture et de développement rurale. P23.
- **ANONYME., 2001.** Fertiliser avec les engrais de ferme. Ed. Oxalis, 104 p.
- **ANONYME., 2006** .Le verger et sa conduite, article, Ed. EDP, pp. 1- 17
- **Armelle et Broin M , 2010.** Produire et transformer les feuilles du moringa, Janvier 2010. Moringanews/Moringa association of Ghana.
- **AYDIN A.,TUSAN M., SEZEN Y. (1997):** Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach (*Spinacea oleracea*) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.)
- **Barreto M.M., 1983.** Etude expérimentale du développement des racines adventives de la tige de *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de D.E.A. Université de Dakar, Sén., 67 p). (BOUKHELLOUTS.,2009).
- **Baskaran, R., Usha Devi, A., Nayak, C. A., Kudachikar, V. B., Keshava Prakash, M. N., Prakash, M., Ramana, K. V. R., & Rastogi, N. K. (2007).** Effect of low-dose γ -irradiation on the shelf life and quality characteristics of minimally processed potato cubes under modified atmosphere packaging. Radiation

Physics and Chemistry, 76(6), 1042-1049.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.radphyschem.2006.10.004>.

- **Baudouin, J.P., Vanderborght, T., Kimani, P.M. et Mwangombe, A.W. (2001).** Légumes à grains : Haricot, Q Agriculture en Afrique Tropicale. Bruxelles. 337 – 355.
- **Bell A., (1994).** La morphologie descriptive et dynamique des plantes à fleurs. Edition. Masson. Paris 340p.
- **Bordbar. 2016.** Green synthesis of Pd/walnut shell nanocomposite using Equisetum arvense L. leaf extract and its application. Environ Sci Pollut Res, pp 4093-4104.
- **BRETAUDEAU J., FAURE Y., 1992.** Atlas d'arboriculture fruitière, V1., Edition 3e, Editions Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P
- **Brigide, P., Canniatt-Brazaca, S. G., & Silva, O. (2014).** Nutritional characteristics of biofortified common beans. Food Science and Technology (Campinas.), 34(3), 493-500. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.6245>.
- **Carneiro, D. M., Tresvenzol, L. M. F., Jardim, P. C. B. V., et Cunha, L. C. D. 2013.** Equisetum arvense: scientific evidences for clinical use.(8): pp 1579-1596
- **Chaux C., Foury C., (1994).** Maitrise de facteurs de production, qualité et traitement des semences, mise en culture par semis en place en production légumière. Tome 1. Généralité. Tec et Doc. Lavoisier. Pp277-431-445.
- **CRASNIER M., MOSTACAS A.M., et RECARD J., 1985** – Electrostatic effects and calcium ion concentration as modulators of acid phosphatase bound to plant cell walls, European Journal of biochemistry, 151,pp : 187-190.
- **DE KIMPE C., 1996.** Congrès « La recherche agronomique européenne dans le monde du XXI ème siècle». 168p
- **Djeugap, F.J., Mefire, M.h., Nguetack, J. N., Gueguim, M.et Fontem, D.A. (2014).** Effet variétal et du traitement fongicide sur la sévérité de la maladie des taches angulaires et le rendement du haricot commun (Phaseolus vulgaris L.) à l'Ouest-Cameroun. International Journal of Biological and chiminal sciencse. 8(3): 1221-1233.
- **Dupont F., Guignard J., (1989).** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson Collection :Abrégés pharma. Paris .510p.

- **Dupont F., Guignard J., 1989.** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson collection : Abrégés pharma. Paris .510p.
- **DUPONT F., GUIGNARD J.L., 1989.** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson. Collection : Abrégés pharma. Paris. 510P.
- **Edwards, C.A., 1999.** « Interview with Dr Clive Edwards », Casting call, ed. Peter Bogdanov, Vermico, Merlin (Oregon), Vol.4, n 1.
- **EL ALLAOUI S.B., 2000.** Fertilisation Minérale des Cultures » maladies des plantes, agriculture et écologie
- **EL ALLAOUI S.B., 2009.** Référentiel pour la conduite technique de tomate. pp 15
- **FAO., (2004)** : Perspectives de l'alimentation n°2. Une production mondiale, Département économique et social, 8p.
- **FAO., 2005.** Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Niamey, NIGER, 26p.
- **FAZIO M., 2001.** La culture biologique du potager et du verger. Edition de vechi, 221p.
- **Fortin, J. (1996).** Le guide des aliments. (Eds.), Québec Amérique Inc, canada.137-139.
- **Fortin, J. (1996).** Le guide des aliments. (Eds.), Québec Amérique Inc, canada.137-139.
- **Gallas A. Et Bennfort H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de la sélection- Paris. Ed : INRA. PP75-142.
- **Gepts, P. (1990).** Biochemical Evidence Bearing on the Domestication of Phaseolus (Fabaceae) Beans. I Economic Botan. 44(3): 28-38.
- **Ghedira K, Goetz P .2010.** La prêle : Equisetum arvense L. (Equisetaceae). Phytothérapie. pp 388–392.
- **Goust J. et et Seignobos.,(1998).** Le haricot vert, Edit, Arles/ Actes Sud, Paris. 92P.
- **Guignard j.L., 1998.** Botanique, Ed. Masson, 159p.
- **Guignard, J.L. (1998).** Boutanique. Les familles de plantes (Eds). Masson, 159. Hubert., 1978 Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antan anarivo, BDPA
- **Hallouin, (2012)** - Tout savoir sur la culture du Haricot sous abris et en plein champ, fiche culturelle haricot : 3-16.

- **Hellali R., 2002.** Rôle du potassium dans la physiologie de la plante atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche institut national agronomique de Tunisie 6p.
- **Heller R., Robert E., Claude L., 1998.** Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit. Duno, Paris, 322 p.
- **Hopkins W. G., 2003.** Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, p 66-81.
- **Hubert P., (1978)** - Le haricot, Fiches techniques, Madagascar : 1- 6.
- **Hubert P., 1978-** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA.
- **Hubert., 1978** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antan anarivo, BDPA
- **Khelil A., 1989.** Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne, Rev. Alger, pp.4 – 30
- **Labuschagne, (2011)** - Haricot (*Phaseolus vulgaris*), Ed. P.I.P, 98 P.
- **Lecomte B. (1997).** Étude du développement embryonnaire in vivo et in vitro dans le genre *Phaseolus* L. Thèse doct. Sci. Agron. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 186 p.
- **Lemma D, Yayeh Z, Helath E (2003).** Agronomic studies on Tomato and Capsicum. Pp.153.In:E.Helath and Lemma Dessalegne (Eds). Horticultural Research and Development in Ethiopia. Proceedings of the second Horticultural work shop of Ethiopia, 1-3 December, 1992. Addis Abeba, Ethiopia.
- **Maser P., Gierth M., Schroeder J. I., 2002.** Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. *Plant Soil* 247: 43–54.
- **Nagavallema, K.P., Wani, S.P., Lacroix, S., Padmaja, V.V., Vineela, C., Babu., Rao, M. & Sahrawat, K.L., 2004.** Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. p. 20.Families.800 pp.,
- **Peron J.Y., 2006.** Productions légumières. 2ème édition. Lavoisier. 389 p.
- **Perret C. Et Béliard E., (2013)** - Cultiver des haricots verts, Fiche technique N° 9016 : 1 - 6.

- **Pitrat M. Et Foury F., 2003.** Histoires de légumes, des origines au XXI^e siècle. Edit INRA, Paris. Pp22-28. Plant Physiol; 13: 175-90.
- **Scheu, S., 1987.** Microbial Activity and Nutrient Dynamics in Earthworms Cats.J.of Biological Fertility Soils,5 :pp.230-234.
- **Sierra J., Gladys L-M., Franck Solvara,N., Badric Et Arquetc R ,2011 ,** Le vermi compostage en Guad eloupe , 5 P.
- **Silue S., Jacquemin J. Et Baudoin J., (2010) :** Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Et *Zea mays* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* PP195- 205.
- **Singh, R., Sarma, R., Satyendra K., Gupta R. & Patil R., 2008.** Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* (Duch.). *Biorecourse Technology* 99,pp. 8502-8511
- **St-Pierre M.A ., 1998-** Lombricompostage de fientes de poulet et de résidus de scierie , 28-36 P.
- **Vilain M., 1993.** Production végétale. Vol 1, les composantes de la production. Ed: J.L. Baillièrè. Paris. Pp 318-325.