

ÉVALUATION DES CHANGEMENTS INDUITS PAR DIFFÉRENTS TYPES DE VERMICOMPOST SUR LES TRAITS MORPHO-PHYSIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE DU HARICOT VERT

GUERMACHE Lamis^{1*}, KOBBI Soheyb¹, AROUN Mohamed El Fodhil¹, MERAH Othmane² et DJAZOULI Zahr Eddine¹

1. Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, Département des Biotechnologies, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1, B.P. 270, route de Soumaa, Blida, Algérie

2. Laboratoire de Chimie Agro-industrielle, Université de Toulouse, INRA, INPT, France.

Reçu le 14/12/2018, Révisé le 29/12/2018, Accepté le 31/12/2018

Résumé

Description du sujet : Le haricot est une légumineuse dont la culture peut présenter un intérêt dans l'alimentation humaine et animale, dont la production peut être limitée par des maladies et des ravageurs. Les biocomposts peuvent être préconisés comme biofertilisant, biopesticide et stimulateur de la défense naturelle de la plante.

Objectifs : Tester l'efficacité de différents types de vermicompost sur la croissance, la production et la phytochimie du haricot vert.

Méthodes : L'essai a concerné trois types de biofertilisant : le vermicompost de déchets ménagers, le vermicompost de marc café et le jus de vermicompost. Les traitements sont appliqués par voie foliaire. L'apport est renouvelé chaque 15 jour. A chaque palier d'apport des bioengrais, les traits morpho-physiologiques et biochimiques sont estimés.

Résultats : Le vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost influencent significativement la croissance en longueur et le poids frais de la partie aérienne et racinaire. Cependant, le jus de vermicompost induit a un effet remarquable sur la production des nodosités et la précocité de l'induction florale. Par ailleurs, les résultats des paramètres biochimiques exposent une importante accumulation en chlorophylle totale sous l'effet du jus de vermicompost et du vermicompost de déchets ménagers contrairement au vermicompost de marc de café. Les taux d'accumulation des acides aminés les plus importants sont signalés sous l'effet du vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost.

Conclusion : Le vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost, participent activement dans l'expression végétative et l'activation du métabolisme basale du haricot. Cet état de fait, valide le recyclage de la matière organique pour une valorisation de la biomasse.

Mots clés : Jus de vermicompost, nodosités, *Phaseolus vulgaris* L., Vermicompost de déchets ménagers, vermicompost de marc café.

EVALUATION OF THE CHANGES INDUCED BY DIFFERENT TYPES OF VERMICOMPOST ON THE MORPHO-PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL TRAITS OF BEAN

Abstract

Description of the subject: the Beans are leguminous crops that may be of interest in food and feed, the production of which may be limited by diseases and pests. Biocomposts can be recommended as biofertilizer, biopesticide and stimulator of the natural defense of the plant.

Objective : To test the efficacy of different types of vermicompost on the growth, production and phytochemistry of green beans.

Methods : The trial involved three types of biofertilizer: the household waste vermicompost, the coffee grounds vermicompost and the vermicompost tea. Treatments are applied foliarly. The intake is renewed every 15 days. At each level of biofuel intake, the morpho-physiological and biochemical traits are estimated.

Results : Household waste vermicompost and vermicompost tea significantly influence the growth in length and fresh weight of the aerial and root parts. However, induced vermicompost tea has a remarkable effect on the production of nodules and the precocity of floral induction. Moreover, the results of biochemical parameters exhibit a significant accumulation in total chlorophyll under the effect of vermicompost tea and vermicompost of household waste unlike vermicompost of coffee grounds. The most important amino acid accumulation rates are reported under the effect of vermicompost household waste and vermicompost tea.

Conclusion : The vermicompost of household waste and vermicompost tea, actively participate in the vegetative expression and the activation of the basal metabolism of the bean. This state of affairs validates the recycling of organic matter for valorization of biomass.

Keywords : Nodules ; *Phaseolus vulgaris* L. ; Vermicompost tea ; Vermicompost of coffee grounds ; Vermicompost of household waste.

*Auteur correspondant: GUERMACHE Lamis, E-mail: lamissguermache13@gmail.com

INTRODUCTION

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. est une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement. Il représente la troisième plus importante récolte de la légumineuse dans le monde. [1]. Bien que la production locale de ces espèces reste toujours faible pour satisfaire les besoins exprimés par la population locale, qui ne cessent de progresser. Ceci constitué une obligation intégrant notre pays parmi ceux dépendants des marchés mondiaux a rationalisé les espaces cultivés et rehaussé la production de cette légumineuse. Il faut noter dans ce contexte, que le recours aux intrants chimiques a contribué de manière significative à l'énorme augmentation de la production alimentaire mondiale. Mais les impacts négatifs des apports excessifs d'engrais chimiques dans les pratiques de l'agriculture conventionnelle sont bien documentées [2, 3]. Les engrais chimiques ont également contribué considérablement dans la pollution de l'eau, de l'air et du sol. Pour minimiser l'accumulation des polluants dans les agro-écosystèmes, il convient d'éviter l'utilisation des intrants chimiques de synthèse dans les processus agricoles, en particulier les pesticides et les engrais. Les produits biologiques peuvent être considérés comme une alternative pour soutenir le développement agricole durable. Des approches nouvelles et intéressantes ont été explorées pour la couverture des exigences nutritionnelles des plantes par des moyens naturels tels que l'utilisation du vermicompost et le jus de vermicompost [4]. La lombriculture représente une technologie appropriée pour valoriser les résidus de culture ainsi que d'autres déchets végétaux mélangés aux déjections animales provenant de l'exploitation agricole [5]. Il s'agit notamment d'un système technologique à faible coût lorsqu'il est mis en œuvre en fonction des matières organiques disponibles localement. L'intérêt pour le lombricompostage s'est intensifié au cours des 20 dernières années [6]. Le vermicompost est un processus biologique qui permet de convertir des matières organiques fraîches en un produit stabilisé, hygiénique tel que le terreau [7]. Ce procédé plus rapide que le compostage, permet la bio-oxydation et la stabilisation des matières organiques [8].

Il consiste en un passage du substrat par les intestins des vers de terre riches en microorganisme et en régulateurs de croissance [9].

L'objectif de cette approche est d'évaluer la capacité de différents types de vermicompost à performer l'expression végétative et la stimulation des activités métaboliques du haricot vert.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Production de plantes

L'expérimentation a été menée sur des plantules du haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. variété Alex à croissance déterminée (naine), appartenant au groupe des haricots mange-tout et destinée à la consommation en frais. Les graines du haricot sont imbibées dans l'eau pendant 24 h, la pré-germination a été effectuée dans des boîtes de pétri en verre pendant 5 jours, la germination a été effectuée dans des alvéoles noires en plastiques remplies de terreau à raison d'une graine par cellules. Au stade 2 feuilles, les plantes du haricot ont été repiquées dans les pots en plastiques de 16 cm de hauteur et 13 cm de diamètre.

2. Présentation des biofertilisants

- Vermicompost de déchets ménagers solide et liquide : Dans un vermicomposteur, les vers *Eisenia foetida* et *Eisenia andrei* sont placés avec les déchets ménagers qui leur serviront de nourriture. Grâce à la nourriture apportée, les vers vont se développer et se reproduire, et ainsi, le nombre de vers augmentera jusqu'à atteindre un équilibre [10]. Le vermicompostage produit deux types d'engrais, le vermicompost et le jus de vermicompost. Le vermicompost a la consistance d'un terreau sans odeur, riche en éléments nutritifs pour les végétaux (azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium) et en oligo-éléments (cuivre, fer, manganèse, zinc...). Il améliore l'aération, le drainage et la structure du sol. Il a un pH de 6 et n'acidifie pas le sol [11]. Le jus de vermicompost, récupéré dans le fond du vermicomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans le vermicompost. Il est chargé de nutriments minéraux et d'oligo-éléments [12, 13] (Fig.1).



Figure 1 : Production du vermicompost brut [13]
 (a) Vermicomposteur à quatre compartiments avec robinet de récupération
 (b) Conteneur de stockage du jus de vermicompost brut

- vermicompost de marc de café : dégradation des marcs de café par un ver de terre anécique *Eisenia foetida*. Le développement des vers permet pareillement de produire un vermicompost à la consistance d'un terreau [14].

3. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

Les biofertilisants solide (vermicompost à marc de café et vermicompost à déchets ménagers) sont apportés par épandage à raison de 2 tonnes/ha (soit 3,02 g. / plant) [15]. Alors, que le jus de vermicompost est apporté par application foliaire à la dose V/10V (soit : $V_{\text{jus de vermicompost brut}}/10V_{\text{eau}}$) [13].

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet, le dispositif composé de 4 blocs à raison de 28 plants par traitement (112 plants = unité expérimentale) à savoir : T1 : Témoin (eau courante), T2 : Jus de vermicompost, T3 : Vermicompost à déchets ménagers, T4 : Vermicompost à marc de café.

Les blocs sont distants de 50cm les uns des autres. Les plantules sont irriguées régulièrement selon leur besoin en eau courante. Les apports sont renouvelés chaque 15 jour, soit 7 apports durant le cycle végétatif du haricot. Les repères phénologiques ou phases de développement du haricot ont été considérées lors des apports des biofertilisants et au moment de l'échantillonnage (L: Stade levée, V3: déploiement du 1^{er} trifolié, V4: déploiement de la 3^{ème} trifoliée, R5: préfloraison, R6: floraison, R7: formation des gousses, R8: remplissage des gousses).

4. Paramètres étudiés

4.1. Mesure de la croissance en longueur de la partie aérienne et souterraine

La croissance en longueur de la partie aérienne et racinaire est évaluée après chaque prélèvement. La longueur de la partie aérienne et des racines sont mesurés à l'aide d'un pied à coulisse à lecture digitale (SYLVAC).

4.2. Mesure de la croissance en poids frais de la partie aérienne et souterraine

La biomasse fraîche de la partie aérienne et souterraine exprimée en gramme a été effectuée par pesée les deux parties séparément avec une balance de précision (PCE-BS 6000).

4.3. Nombre et poids des nodosités et des gousses

Le nombre de nodosité et le nombre de gousse a été comptabilisé pour chaque traitements. Le poids des gousses par traitements a été estimé par pesée avec une balance de précision (PCE-BS 6000). Il est exprimé en milligramme

4.4. Quantification chlorophylle total

La méthode proposée par Lichtenthaler [16], a été utilisé pour quantifier la chlorophylle et les caroténoïdes. 0,1 g.de feuille fraîche a été additionné à 4 ml d'acétone 80%, puis centrifugée à 3000 tr/min pendant 10 min. L'absorbance du surnageant a été lu respectivement à 647, 664, et 470 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible (Jenway 6300).

La chlorophylle a, la chlorophylle b, le contenu en chlorophylle totale et les caroténoïdes exprimés en mg/g. M.S., ont été déterminés comme suit:

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

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

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

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

4.5. Quantification des acides aminés

L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par Saladin *et al.* [17]. Cent mg de MS ont été broyés au mortier avec 1 mL d'acide 5-sulfosalicylique à 5 % (p/v) puis le mélange a été centrifugé à 10 000 g et à 4°C pendant 15 min afin d'éliminer le culot. Un volume de 200 µL a été mélangé avec 100 µL de tampon citrate 0,2 M à pH 4,6 et 200 µL de réactif à la ninhydrine. Le réactif est composé d'acide ascorbique à 0,003 % (p/v) et de ninhydrine à 0,96 % (p/v) dans de l'éthylène glycol monométhyl éther [456]. Après une incubation de 20 min à 95°C et un refroidissement à température ambiante, 600 µL d'éthanol à 60 % ont été rajoutés. L'absorbance a été mesurée à 570 nm au spectrophotomètre (Jenway 6300). La teneur en acides aminés a été exprimée en µmol. /g MS à partir d'une gamme étalon de leucine.

4.6. Quantification des sucres totaux

Les solubles totaux sont dosés par la méthode de Dubois *et al.* [18]. Elle consiste à additionner 3ml d'éthanol à 80 % à 100mg de matière végétale fraîche. Le mélange est mis à température ambiante pendant 48 heures. Au moment du dosage, l'éthanol est évaporé par passage à l'étuve à 80°C. L'extrait obtenu est additionné à 10 ml d'eau distillée. Une prise d'essai de 0,5 ml de la solution à analyser est mélangée à 0,5 ml de phénol 5%, dont on ajoute rapidement 2,5ml d'acides sulfurique concentré 96%. Le mélange vire en couleur jaune orange, après homogénéisation au vortex, l'échantillon est placé au bain-marie pendant 10 à 20min à une température de 30°C. La couleur de la solution est stable pendant plusieurs heures. L'absorbance a été mesurée à 485nm au spectrophotomètre (Jenway 6300).

Les valeurs obtenues sont reportés sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivante : $AB = 4,3918ST - 0,1946$, Avec : AB : Absorbance, ST : Quantité des sucres totaux exprimée en mg/g.M.F.

5. Analyses statistiques

L'ensemble des mesures ont été réalisées en 5 répétitions. 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 XLSTAT vers. 9 [19].

RÉSULTATS

1. Evaluation de l'effet des différents types de vermicompost sur les paramètres de croissance

La fluctuation temporelle des traits de croissance du haricot a été étudiée sous l'effet des différents types de vermicompost. Nous avons considéré la croissance et la biomasse des parties aérienne et souterraine comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du vermicompost à stimuler la croissance du haricot vert.

Les résultats de l'évolution hebdomadaire des paramètres de croissance sont reportés dans le tableau 1. Holistiquement, il en sort montrent que la croissance des plants traités est beaucoup plus favorisée que celle des plants témoins ($p < 1\%$). Cependant, il apparaît que l'effet du vermicompost de déchets ménagers et du jus de vermicompost est plus important que celui du vermicompost de marc à café. Cependant, en phases floraison et formation des gousses, l'effet du vermicompost de déchets ménagers se détache de celui du jus de vermicompost.

Les résultats montrent que le vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost influencent significativement la croissance en longueur des parties aérienne et souterraine des plants du haricot (groupe homogène a). Une gradation est signalée d'effet entre l'effet du vermicompost du marc de café (groupe homogène b) par rapport au témoin (groupe homogène c).

Tableau 1 : Moyennes arithmétique (+ coefficient de variation en %) des paramètres de croissance

	Paramètres de croissance					
	Phén.	LPA (cm)	LPS (cm)	PFA (mg.)	PFS (mg.)	NBNOD
JV	L	11,23 (0,051) a	06,01 (0,016) a	03,56 (0,023) ab	01,67 (0,074) b	00 (0)
	V3	19,62 (0,001) a	09,16 (0,021) a	03,51 (0,024) ab	02,03 (0,023) b	00 (0)
	V4	22,25 (0,031) a	14,23 (0,017) a	04,52 (0,032) ab	02,10 (0,051) b	00 (0)
	R5	26,91 (0,038) a	17,50 (0,009) a	08,81 (0,012) ab	03,77 (0,037) b	05,51 (0,153) c
	R6	27,96 (0,002) a	21,52 (0,005) a	10,61 (0,093) ab	05,94 (0,015) b	29,03 (0,078) c
	R7	28,02 (0,057) a	22,13 (0,006) a	16,22 (0,055) ab	06,14 (0,012) b	13,50 (0,125) c
	R8	34,85 (0,002) a	28,04 (0,041) a	23,81 (0,062) ab	06,88 (0,092) b	08,50 (0,044) c
	VDM	L	10,16 (0,015) a	05,13(0,029) a	02,13 (0,024) a	01,63 (0,054) a
V3		15,14 (0,028) a	09,13 (0,016) a	02,32 (0,039) a	02,05 (0,072) a	00 (0)
V4		21,95 (0,032) a	10,61 (0,013) a	04,15 (0,026) a	02,47 (0,056) a	00 (0)
R5		27,06 (0,004) a	19,09 (0,041) a	09,77 (0,013) a	05,45 (0,097) a	30,51 (0,064) a
R6		29,03 (0,009) a	20,22 (0,005) a	10,90 (0,069) a	07,78 (0,019) a	68,06 (0,033) a
R7		33,61 (0,001) a	24,43 (0,062) a	22,90 (0,098) a	08,24 (0,012) a	43,52 (0,116) a
R8		33,65 (0,038) a	29,26 (0,053) a	23,19 (0,029) a	08,29 (0,071) a	29,53 (0,029) a
VMC		L	09,56 (0,019) b	06,23 (0,025) b	02,05 (0,056) b	01,32 (0,024) b
	V3	12,15 (0,058) b	07,16 (0,016) b	02,07 (0,027) b	01,46 (0,103) b	00 (0)
	V4	17,71 (0,079) b	13,95 (0,053) b	03,70 (0,012) b	01,90 (0,059) b	00 (0)
	R5	21,52 (0,065) b	15,17 (0,094) b	06,47 (0,019) b	03,53 (0,094) b	21,53 (0,091) b
	R6	24,85 (0,028) b	17,51 (0,080) b	08,80 (0,071) b	05,16 (0,022) b	55,51 (0,016) b
	R7	26,83 (0,043) b	22,85 (0,039) b	14,80 (0,047) b	06,13 (0,017) b	30,08 (0,126) b
	R8	29,95 (0,023) b	26,95 (0,022) b	16,50 (0,042) b	07,89 (0,017) b	29,55 (0,139) b
	TM	L	09,15 (0,063) c	06,11 (0,016) c	01,97 (0,072) c	00,82 (0,065) c
V3		13,85 (0,072) c	07,06 (0,026) c	02,21 (0,026) c	01,25 (0,095) c	00 (0)
V4		18,53 (0,076) c	08,55 (0,017) c	03,38 (0,015) c	01,41 (0,051) c	00 (0)
R5		19,93 (0,076) c	14,24 (0,099) c	03,02 (0,024) c	02,84 (0,026) c	00 (0)
R6		19,95 (0,035) c	17,63 (0,056) c	06,56 (0,014) c	04,49 (0,078) c	21,42 (0,019) d
R7		25,66 (0,056) c	20,71 (0,068) c	13,55 (0,045) c	05,40 (0,093) c	08,50 (0,126) d
R8		25,85 (0,027) c	23,26 (0,027) c	14,73 (0,011) c	05,95 (0,035) c	06,50 (0,123) d
F-ratio		125,45	125,23	89,59	48,09	75,11
<i>p</i>	0,001***	0,001***	0,001***	0,001***	0,0001***	

JV: jus de vermicompost, VDM: vermicompost déchets ménager, VMC: vermicompost marc café, TM: témoin, LPA : Longueur partie aérienne, LPS : Longueur partie souterraine, PFA : Poids frais partie aérienne, PFS : Poids frais partie souterraine, NBNOD : Nombre de nodosités, L : Stade levée, V3: déploiement du 1^{er} trifolié, V4: déploiement de la 3^{ème} trifoliée, R5: préfloraison, R6: floraison, R7: formation des gousses, R8: remplissage des gousses

La biomasse fraîche de la partie aérienne fait apparaître que l'effet du vermicompost de déchets ménagers et du jus de vermicompost est plus important que celui du vermicompost de marc de café durant les phases phénologiques déploiement du 1^{er} trifolié, déploiement de la 3^{ème} trifoliée, floraison, formation des gousses et le remplissage des gousses. Cependant en phases préfloraison, le vermicompost de déchets ménagers et celui de vermicompost de marc de café expriment un effet similaire sur la biomasse aérienne. L'effet est très hautement significatif ($p=0,0001$, $p<0,001$). Il ressort que le vermicompost de déchets ménagers (groupe homogène a), le jus de vermicompost (groupe homogène ab) se distinguent de celui du témoin (groupe homogène c). L'effet du vermicompost de marc de café s'individualise par un effet moins important (groupe homogène b).

En revanche, la fluctuation de la biomasse de la partie souterraine sous l'effet du vermicompost de déchets ménagers (groupe homogène a) se détache significativement, de l'effet du jus de vermicompost et du vermicompost de marc de café (groupe homogène b).

Les résultats reportés, montrent que les traitements solides induisent une production très significative de nodosités, par rapport au vermicompost liquide. Nous signalons une gradation positive en termes de formation de nodosités suivant le gradient: témoin (groupe homogène d) < jus de vermicompost (groupe homogène c) < vermicompost de marc de café (groupe homogène b) < vermicompost de déchets ménagers (groupe homogène a).

2. Evaluation de l'effet des différents types de vermicompost sur les paramètres de production

L'évaluation temporelle des traits de production du haricot a été étudiée sous l'effet de différents types de vermicompost. Nous avons considéré l'induction florale et la fructification comme paramètres pouvant dévoiler la capacité des biofertilisants à améliorer la production du haricot vert.

Les résultats reportés dans le tableau 2, montrent que l'apport des biofertilisants signale un effet hautement significatif sur la production florale des plants du haricot ($p= 0,0001$; $p < 0,001$).

Cependant, il ressort du test Post-Hoc, que le vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost stimulent précocement la production florale (groupe homogène a), par rapport au vermicompost de marc de café et le témoin (groupe homogène b). Le même test, signale l'hégémonie vermicompost de déchets ménagers en termes de précocité de fructification (groupe homogène a). Toutefois, le jus de vermicompost et le vermicompost de marc de café (groupe homogène b) arrivent à se distinguer du témoin (groupe homogène c) quant au timing et au nombre de gousse produites. Par ailleurs, les trois types de biofertilisants font montrer une production similaire de gousses (groupe homogène a) par rapport au témoin (groupe homogène b).

Tableau 2 : Moyennes arithmétique (+ coefficient de variation en %) des paramètres de production

	Phén.	Paramètres de production		
		NBF	NBG	PGS
JV	L	00 (0) a	00 (0) b	00 (0) a
	V3	00 (0) a	00 (0) b	00 (0) a
	V4	00 (0) a	00 (0) b	00 (0) a
	R5	03 (0) a	00 (0) b	00 (0) a
	R6	02 (0) a	01 (0) b	06,15 (0,012) a
	R7	00 (0) a	02,75 (0,188) b	12,27 (0,006) a
	R8	00 (0) a	03,00 (0,192) b	12,48 (0,011) a
	VDM	L	00 (0) a	00 (0) a
V3		00 (0) a	00 (0) a	00 (0) a
V4		00 (0) a	00 (0) a	00 (0) a
R5		02 (0) a	00 (0) a	00 (0) a
R6		01(0) a	03 (0) a	07,43 (0,045) a
R7		00 (0) a	03 (0) a	10,48 (0,006) a
R8		00 (0) a	03 (0) a	11,58 (0,009) a
VMC		L	00 (0) b	00 (0) b
	V3	00 (0) b	00 (0) b	00 (0) a
	V4	00 (0) b	00 (0) b	00 (0) a
	R5	00 (0) b	00 (0) b	00 (0) a
	R6	03 (0) b	00(0) b	05,40 (0,108) a
	R7	03 (0) b	2,75 (0,186) b	11,17 (0,003) a
	R8	00 (0) b	03,00 (0,001) b	11,04 (0,072) a
	TM	L	00 (0) b	00 (0) c
V3		00 (0) b	00 (0) c	00 (0) b
V4		00 (0) b	00 (0) c	00 (0) b
R5		00 (0) b	00 (0) c	00 (0) b
R6		00 (0) b	00 (0) c	00 (0) b
R7		03 (0) b	00 (0) c	00 (0) b
R8		00 (0) b	02 (0) c	02,31 (0,043) b
F-ratio		119,33	56,18	21,94
<i>p</i>	0,001***	0,001***	0,001***	

JV: jus de vermicompost, VDM: vermicompost déchets ménager, VMC: vermicompost marc café, TM: témoin, NBF : Nombre de fleurs, NBG : Nombre de gousses, PGS : Poids des gousses, L : Stade levée, V3: déploiement du 1er trifolié, V4: déploiement de la 3^{er} trifoliée, R5: préfloraison, R6: floraison, R7: formation des gousses, R8: remplissage des gousses

3. Evaluation de l'effet des différents types de vermicompost sur les paramètres physiologiques

Le tableau 3, présente l'effet de différents types de vermicompost sur les paramètres physiologiques. Les résultats font montrer une stimulation de l'activité photosynthétique chez les plants du haricot soumis aux biofertilisants. A priori, l'analyse de la variance confirme que l'accumulation de la chlorophylle a (Chla), la chlorophylle b (Chlb) et la chlorophylle totale (ChlT) sont sous la dépendance du vermicompost de déchets ménagers et du jus de vermicompost, comparé à l'effet du vermicompost de marc de café ($p=0,0001$; $p<0,001$). En revanche, l'accumulation des caroténoïdes se distingue significativement sous l'effet du vermicompost de marc de café ($p=0,0001$; $p<0,001$).

Nous avons aussi comparé les variations quantitatives des constituants foliaires du haricot (sucres totaux et acides aminés) par des tests de comparaison par paire. L'analyse de la variance, réconforté par le test Post-hoc indique que les teneurs moyennes en acides aminés dans les feuilles traitées au vermicompost de déchets ménagers et au jus de vermicompost sont significativement plus élevées que dans les feuilles traitées au vermicompost de marc de café, même si les valeurs moyennes sont parfois très proches (Tableau 3). A l'opposé, les feuilles des plants témoins présentent une teneur plus élevée en sucres totaux (groupe homogène b) que les feuilles traitées aux différents biofertilisants (groupe homogène b).

Tableau 3 : Moyennes arithmétique (+ coefficient de variation en %) des paramètres physiologiques

Phénol.	Paramètres physiologiques						
	Chl T (mg/g.M.S.)	Chla (mg/g.M.S.)	Chlb (mg/g.M.S.)	Carot. (mg/g.M.S.)	A.A (μ mol./g MS)	ST. (mg/g.M.S.)	
JV	L	07,80 (0,094) ab	01,65 (0,064) a	02,41 (0,041) a	02,41 (0,140) b	08,20 (0,085) a	00,15 (0,178) b
	V3	09,14 (0,001) ab	02,71 (0,153) a	05,09 (0,066) a	02,07 (0,014) b	14,52 (0,007) a	00,28 (0,072) b
	V4	18,18 (0,023) ab	08,71 (0,104) a	14,55 (0,110) a	02,47 (0,280) b	18,51 (0,033) a	00,20 (0,113) b
	R5	19,05 (0,044) ab	04,17 (0,025) a	04,17 (0,029) a	04,17 (0,022) b	25,92 (0,059) a	00,11 (0,059) b
	R6	30,09 (0,046) ab	12,14 (0,056) a	19,45 (0,060) a	00,44 (0,061) b	30,35 (0,023) a	00,08 (0,054) b
	R7	21,65 (0,001) ab	11,99 (0,022) a	16,66 (0,023) a	00,93 (0,094) b	45,92 (0,017) a	00,07 (0,123) b
	R8	24,88 (0,001) ab	12,23 (0,007) a	12,64 (0,009) a	02,75 (0,003) b	58,82 (0,023) a	00,06 (0,002) b
	VDM	L	09,64 (0,003) a	02,67 (0,060) a	06,96 (0,024) a	01,30 (0,123) b	07,12 (0,052) a
V3		12,37 (0,003) a	08,37 (0,005) a	03,99 (0,082) a	02,52 (0,046) b	09,15 (0,048) a	00,27 (0,190) b
V4		17,58 (0,023) a	10,04 (0,092) a	07,54 (0,189) a	03,12 (0,135) b	12,05 (0,043) a	00,20 (0,118) b
R5		19,29 (0,034) a	10,26 (0,141) a	14,03 (0,158) a	02,84 (0,101) b	27,77 (0,096) a	00,10 (0,072) b
R6		33,09 (0,017) a	15,63 (0,018) a	17,46 (0,011) a	01,69 (0,041) b	35,20 (0,014) a	00,07 (0,029) b
R7		22,10 (0,023) a	10,78 (0,123) a	11,31 (0,054) a	01,40 (0,123) b	49,20 (0,014) a	00,06 (0,009) b
R8		26,80 (0,002) a	12,91 (0,069) a	13,89 (0,067) a	01,18 (0,171) b	55,60 (0,015) a	00,06 (0,033) b
VMC		L	07,02 (0,029) b	01,73 (0,129) a	05,28 (0,007) ab	01,36 (0,196) a	04,40 (0,063) b
	V3	09,58 (0,034) b	07,45 (0,035) a	02,12 (0,037) ab	02,76 (0,002) a	07,90 (0,058) b	00,33 (0,203) b
	V4	14,58 (0,019) b	08,57 (0,036) a	06,01 (0,023) ab	06,78 (0,017) a	14,72 (0,014) b	00,19 (0,006) b
	R5	15,55 (0,007) b	08,48 (0,009) a	07,06 (0,005) ab	03,49 (0,008) a	23,80 (0,046) b	00,12 (0,057) b
	R6	30,63 (0,024) b	14,46 (0,111) a	16,16 (0,014) ab	03,45 (0,061) a	28,15 (0,053) b	00,10 (0,081) b
	R7	16,89 (0,002) b	09,67 (0,014) a	07,21 (0,005) ab	05,40 (0,034) a	38,32 (0,049) b	00,09 (0,015) b
	R8	23,85 (0,009) b	14,20 (0,002) a	09,65 (0,002) ab	06,44 (0,081) a	47,22 (0,006) b	00,08 (0,003) b
	TM	L	03,97 (0,040) c	00,69 (0,120) b	03,28 (0,088) b	01,44 (0,120) b	02,17 (0,131) c
V3		08,56 (0,014) c	01,34 (0,015) b	07,21 (0,014) b	00,13 (0,232) b	04,32 (0,101) c	00,52 (0,063) a
V4		12,61 (0,012) c	03,50 (0,017) b	09,11 (0,011) b	00,76 (0,180) b	06,17 (0,077) c	00,39 (0,188) a
R5		14,60 (0,025) c	04,41 (0,002) b	10,19 (0,030) b	00,81 (0,024) b	08,80 (0,128) c	00,19 (0,074) a
R6		25,72 (0,004) c	13,21 (0,055) b	12,51 (0,045) b	03,23 (0,091) b	12,25 (0,090) c	00,18 (0,077) a
R7		17,86 (0,067) c	09,04 (0,004) b	08,81 (0,134) b	02,34 (0,178) b	27,05 (0,051) c	00,17 (0,032) a
R8		18,16 (0,022) c	09,23 (0,018) b	13,42 (0,095) b	02,65 (0,099) b	34,75 (0,004) c	00,13 (0,057) a
F-ratio		184,33	15,89	14,71	3,69	124,68	53,82
<i>p</i>	0,001***	0,001***	0,001***	0,001***	0,001***	0,001***	

VDM: vermicompost déchets ménager, VMA: vermicompost marc café, JV: jus de vermicompost, TM: témoin, ChlT : Chlorophylle totale, Chl a : Chlorophylle a , Chl b : Chlorophylle b, Carot :Caroténoïde, A.A : Acides aminés, S.T :Sucres totaux, L : Stade levée, V3: déploiement du 1er trifolié, V4: déploiement de la 3^{er} trifoliée, R5: préfloraison, R6: floraison, R7: formation des gousses, R8: remplissage des gousse

4. Effets des différents types de vermicompost sur la stimulation physiologique et l'expression végétative du haricot

Les résultats de l'effet de la nutrition organique au vermicompost de déchets ménagers sur les paramètres physiologiques et de production sont reportés dans le tableau 4. Les interactions montrent qu'il existe une

corrélation positive très marquée entre le taux de chlorophylle totale et le nombre de nodosités. La fluctuation des taux des acides aminés influencent significativement les mesures en longueur de la partie aérienne et la production de gousses. Par contre, le taux des sucres totaux fait ressortir une corrélation négative très marquée avec la longueur de la partie aérienne, le nombre de nodosités et le nombre de gousses.

Tableau 4 : Corrélations entre la stimulation physiologique et l'expression végétative sous l'effet du vermicompost de déchets ménagers

	Longueur de la partie aérienne		Longueur de la partie souterraine		Nombre de nodosités		Nombre de gousses	
	C.C.	p	C.C.	p	C.C.	p	C.C.	p
Chlorophylle a	0,592	0,1612 ^{NS}	-0,636	0,5683 ^{NS}	0,719	0,0688*	0,438	0,3256 ^{NS}
Chlorophylle b	0,802	0,0299*	-0,011	0,0711*	0,809	0,0275*	0,778	0,0395*
Caroténoïde	-0,340	0,4557 ^{NS}	-0,489	0,2969 ^{NS}	-0,586	0,1669 ^{NS}	-0,543	0,2080 ^{NS}
Chlorophylle Totale	0,830	0,0208*	-0,313	0,1439 ^{NS}	0,896	0,0064**	0,739	0,0575*
Acides Aminés	0,935	0,0020**	-0,042	0,0002**	0,766	0,0445*	0,996	0,0025**
Sucres Totaux	-0,788	0,0354*	-0,240	0,0288*	-0,842	0,0175*	-0,785	0,0365*

C.C. : Coefficient de corrélation de Pearson, p : Probabilité associée NS : Non significative, * : Significative à 5-8%, ** : Significative à 1%.

Les résultats de l'effet de la nutrition organique au jus de vermicompost sont référés dans le tableau 5. Les interactions montrent qu'il existe une corrélation positive très marquée entre le taux de chlorophylle totale et la longueur de la partie aérienne.

La fluctuation des taux des acides aminés influencent significativement les mesures en longueur de la partie aérienne, la formation de nodosités et la production des gousses. Cependant, les sucres totaux influencent négativement la croissance de la partie aérienne, la formation de nodosité et la production de gousses.

Tableau 5: Corrélations entre la stimulation physiologique et l'expression végétative sous l'effet du jus de vermicompost

	Longueur de la partie aérienne		Longueur de la partie souterraine		Nombre de nodosités		Nombre de gousses	
	CC	p	CC	p	CC	p	CC	p
Chlorophylle a	0,862	0,0124*	0,929	0,0024**	0,782	0,0375*	0,883	0,0085**
Chlorophylle b	0,679	0,0934 ^{NS}	0,734	0,0601*	0,881	0,0087**	0,511	0,2413 ^{NS}
Caroténoïde	-0,447	0,3135 ^{NS}	-0,468	0,2887 ^{NS}	-0,786	0,0360*	-0,173	0,7102 ^{NS}
Chlorophylle Totale	0,829	0,0211*	0,875	0,0098**	0,890	0,0072**	0,679	0,0935 ^{NS}
Acides Aminés	0,920	0,0032**	0,953	0,0009**	0,627	0,1312 ^{NS}	0,928	0,0026**
Sucres Totaux	-0,642	0,1200 ^{NS}	-0,764	0,0455*	-0,762	0,0461*	-0,703	0,0782*

C.C. : Coefficient de corrélation de Pearson, p : Probabilité associée NS : Non significative, * : Significative à 5-8%, ** : Significative à 1%.

L'effet du vermicompost de marc de café est consigné dans le tableau 6. Les interactions montrent que l'accumulation de la chlorophylle a et de la chlorophylle totale, conduisent à des effets bénéfiques sur l'ensemble des paramètres de croissance et de production. En revanche, la disponibilité des acides aminés et des sucres totaux, influencent positivement les paramètres de croissance. Nous avons cherché à savoir comment sont influencés les paramètres de croissance et de

production par le remaniement des composés biochimiques du haricot sans l'influence d'une alimentation organique.

Les résultats sont reportés dans le tableau 7. Il en ressort que les forts taux de la chlorophylle totale et des acides aminés influencent positivement la croissance de la partie aérienne, alors que l'évolution de la partie souterraine et l'induction des nodosités, sont étroitement liés à l'ensemble des paramètres de l'activité photosynthétique.

Tableau 6: Corrélations entre la stimulation physiologique et l'expression végétative sous l'effet du vermicompost de marc de café

	Longueur de la partie aérienne		Longueur de la partie souterraine		Nombre de nodosités		Nombre de gousses	
	CC	<i>p</i>	CC	<i>p</i>	CC	<i>p</i>	CC	<i>p</i>
Chlorophylle a	0,858	0,0132*	0,794	0,0326*	0,7142	0,0713*	0,741	0,0713*
Chlorophylle b	0,629	0,1295 ^{NS}	0,526	0,2245 ^{NS}	0,9158	0,0037**	0,647	0,0037**
Caroténoïde	0,605	0,1492 ^{NS}	0,670	0,0992 ^{NS}	0,082	0,8606 ^{NS}	0,320	0,8606 ^{NS}
Chlorophylle Totale	0,799	0,0309*	0,709	0,0741*	0,877	0,0094**	0,746	0,0094**
Acides Aminés	0,974	0,0002**	0,990	1,79×10 ⁻⁵ ***	0,538	0,2121 ^{NS}	0,883	0,2121 ^{NS}
Sucres Totaux	0,759	0,0477*	0,738	0,0578*	0,575	0,1765 ^{NS}	0,669	0,1765 ^{NS}

C.C. : Coefficient de corrélation de Pearson, *p* : Probabilité associée NS : Non significative, * : Significative à 5-8%, ** : Significative à 1%,

Tableau 7: Corrélations entre la stimulation physiologique et l'expression végétative chez les plants témoins

	Longueur de la partie aérienne		Longueur de la partie souterraine		Nombre de nodosités		Nombre de gousses	
	CC	<i>p</i>	CC	<i>p</i>	CC	<i>p</i>	CC	<i>p</i>
Chlorophylle a	0,666	0,1020 ^{NS}	0,747	0,0534*	0,945	0,0013**	0,313	0,4947 ^{NS}
Chlorophylle b	0,776	0,0399*	0,696	0,0821*	0,637	0,1231 ^{NS}	0,316	0,4895 ^{NS}
Caroténoïde	0,361	0,4256 ^{NS}	0,618	0,1391 ^{NS}	0,833	0,0198*	0,426	0,3405 ^{NS}
Chlorophylle Totale	0,753	0,0503*	0,770	0,0428*	0,869	0,0110*	0,333	0,4656 ^{NS}
Acides Aminés	0,888	0,0074**	0,934	0,0020**	0,377	0,4040 ^{NS}	0,965	0,0004**
Sucres Totaux	-0,566	0,1847 ^{NS}	-0,764	0,0455*	-0,504	0,2488 ^{NS}	-0,521	0,2308 ^{NS}

C.C. : Coefficient de corrélation de Pearson, *p* : Probabilité associée NS : Non significative, * : Significative à 5-8%, ** : Significative à 1%,

DISCUSSION

1. Effets des biofertilisants sur les paramètres physiologiques du haricot

Les résultats affichent que le vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost ont un effet remarquable, sur la synthèse chlorophyllienne par comparaison à l'effet du vermicompost de marc de café. Concernant l'effet des traitements sur la synthèse des caroténoïdes, les taux les plus importants sont enregistrés sous l'effet du vermicompost de marc de café. Les résultats obtenus nous permettent d'avancer l'hypothèse que le vermicompost de déchets ménagers et le jus de vermicompost ont la même composition étant riche en élément minéraux et organique, ils permettent une expression plus importante de l'activité photosynthétique. L'hypothèse avancée, rejoint l'étude d'Atiyeh *et al.* [20], qui se sont intéressée à la synthèse de la chlorophylle et des caroténoïdes chez les plantes traitées par le vermicompost. Ils confirment que l'apport du vermicompost contribue probablement à l'augmentation de la chlorophylle des feuilles et des caroténoïdes qui engendrent une augmentation de l'efficacité photosynthétique.

Les résultats signalent que les plants traités au vermicompost de déchets ménagers et au jus de vermicompost exposent un effet similaire sur la synthèse des sucres totaux et des acides aminés. Par visualisation des fluctuations des métabolites primaires et secondaires sous l'effet de différents types de vermicompost, nous estimons que la composition des différents types de vermicompost agit sur l'enrichissement du contenu métabolique. On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accorder avec les travaux de plusieurs chercheurs dont ils signalent que l'effet stimulateur du vermicompost sur la production des métabolites secondaires peut être lié à l'amélioration de la nutrition minérale ou l'amélioration de l'activité photosynthétique [21]. Le jus du vermicompost contient des substances qui peuvent promouvoir la croissance des plantes, le rendement et la qualité nutritive (acides humiques, acides fulviques et autres acides organiques ; des auxines ; et des cytokinines) [22]. Par ailleurs, le vermicompost enrichit l'horizon assimilable du sol. D'après Saeed Reza et Raheleh [23], ils signalent que l'application du compost a participé à l'augmentation de la quantité d'eau disponible pour la plante, son contenu en eau des feuilles, et la biomasse des plantes en conditions de stress hydrique.

2. Effets des biofertilisants sur la croissance du haricot

Les résultats concernant la croissance en longueur de la partie aérienne et souterraine des plants du haricot ont affichés une nette gradation positive sous l'effet du jus de vermicompost et du vermicompost de marc de café. Néanmoins, la suprématie est plus marquée sous l'effet du vermicompost de déchets ménagers. Cependant, les gains en poids frais de la partie aérienne durant les phases phénologiques, déploiement du 1^{er} trifolié, déploiement de la 3^{ème} trifoliée, floraison, formation des gousses et remplissage des gousses, apparait lié à l'effet du vermicompost de déchets ménagers et du jus de vermicompost par rapport à l'effet du vermicompost de marc de café. En revanche, durant la phase préfloraison, le vermicompost de déchets ménagers et celui de marc de café enregistrent un effet similaire en termes d'accroissement de la biomasse aérienne. Les résultats concernant le poids frais des racines affichent nettement une gradation temporelle positive sous l'effet du vermicompost de déchets ménagers et du jus de vermicompost. La même gradation est signalée négativement sous l'effet du vermicompost de marc de café. Ce constat, conduit à l'hypothèse suivante : ces biofertilisants riches en azote et en hormones, stimulent la multiplication du parenchyme ce qui conduit à une augmentation de la phytomasse des plantes. Selon El hassani[24], l'origine de la production de la phytomasse en l'occurrence la genèse des futurs organes de la plante - comme les feuilles, les tiges et les racines- prennent leur origine dans la zone de croissance active, caractérisée par une division cellulaire intense au niveau des méristèmes apicaux. Le stade ultime de cette activité méristématique est l'initiation de primordia de feuilles et des autres organes qui sont des ébauches de ces organes. Les propos avancés rejoignent les conclusions de Ndegwa et Thompson [25], qui signalent que parmi les éléments nutritifs apportés aux cultures, est plus souvent l'azote, auquel on peut imputer, dans certains cas, 75% de l'augmentation observée des rendements. En effet, il participe au développement et à la croissance de toutes les parties de la plante : feuilles, tiges et racines. L'azote joue un rôle essentiel dans la synthèse de la matière vivante. Il entre, avec d'autres éléments (carbone, oxygène, hydrogène...), dans la composition des acides aminés formant les protéines.

L'azote est un élément essentiel pour la constitution des cellules et la photosynthèse (chlorophylle). C'est le principal facteur de croissance des plantes et un facteur de qualité qui influe sur le taux de protéines des végétaux [26]. Il a des effets bénéfiques sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol et de l'absorption des éléments nutritifs [27]. L'augmentation des paramètres de croissance pourrait aussi être expliquée simplement par suite de l'efficacité de la photosynthèse. De même, elle stimule la croissance de la surface foliaire, des parties aériennes, du poids secs et frais et l'augmentation de la productivité [13, 23].

Aussi, les travaux de Muraleedharan *et al.* [28], signalent que les biofertilisants produisent des hormones et des anti-métabolites qui favorisent la croissance des racines et fixent l'azote atmosphérique dans le sol et dans les nodosités des racines des cultures légumineuses. Le jus de vermicompost contient des macroéléments nutritifs disponibles sous forme de NO₃, PO₄, Ca, K, Mg et S et des micronutriments qui présentent des effets similaires sur la croissance et le rendement des plantes[29]. Visvanathan *et al.* [30], signalent que seulement 5 à 10% du matériel digéré est absorbé par le corps du lombric, le reste est excrété sous la forme d'un fin mucus lié à des agrégats granulaires, riches en NPK (nitrates, phosphates et potassium), micronutriments et de microorganismes bénéfiques pour le sol. Il s'agit de microorganismes beaucoup plus aptes à transformer les éléments nutritifs et à les rendre plus facilement assimilables par les végétaux que ceux que l'on trouve dans le compost [31]. Le vermicompost contient également de grandes quantités de substances humiques, et certains des effets de ces substances sur la croissance des plantes sont très importantes [32].

3. Effets des biofertilisants sur la production du haricot

Les résultats ont montrés que la production florale est très précoce principalement sous l'effet du vermicompost de déchets ménagers et du jus de vermicompost par apport au vermicompost de marc de café. Concernant le nombre de gousses, les résultats affichent nettement une similitude d'effet des différents vermicompost.

Par référence aux fluctuations des paramètres de production du haricot sous l'effet de traitements, nous estimons que la composition des différents types de vermicompost agit sur l'induction florale et la formation du fruit. On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accorder avec les travaux de Nielson [33], qui a isolé les substances de l'indole à partir des vers de terre *Aporrectodea terrestris*, *Dendrobaena rubida* et *Lumbricus longa*, dont l'effet a été très bénéfique sur la promotion de la croissance des petits pois. Le même chercheur, n'a pas exclu la possibilité que les substances de croissance isolées soient issues de l'activité des micro-organismes symbiotiques qui vivent au niveau du tube digestif des lombrics. Le vermicompost est un bioproduit résultant de l'activité des populations de vers de terre, il participe activement dans l'accélération de la biooxydation de la matière organique. Cette étape a été suggérée comme un levier de maturation de l'humus. Plusieurs études ont évalué l'effet des amendements organiques sur la croissance et les rendements des cultures sous abri serre [34]. Cependant, seules les études qui ont traité à l'apport du vermicompost stipulent l'existence d'un impact positif sur le rendement ainsi que sur la qualité des fruits [35].

CONCLUSION

Notre travail s'intègre dans le cadre de la gestion de la nutrition des plantes dans un cadre d'une agriculture intelligente, à travers la valorisation des déchets et la rationalisation de la biomasse.

Ces résultats nous ont amené à considérer les divers types de déchets comme la matière première la plus efficace pour produire des biofertilisants de qualité satisfaisante, répondant à la problématique d'usure de la matière organique des sols et permettant de satisfaire les attentes de la profession agricole. De plus des expérimentations réalisées sur les vermicompost ont montré que les paramètres analysés présentaient une variabilité trop importante pour être considérée comme acceptable par la profession agricole. Le vermicompostage peut permettre de produire des phytostimulants et des phytofortifiants de bonne qualité agronomique à utiliser à la petite échelle des jardins particuliers et des exploitations agricoles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Aydin A., Tusan M and Sezen Y. (1997).** Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach (*Spinacea oleracea*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Beans (*Phaseolus spp*). *Model Food Legumes Plant and Soil*, 252:55-128.
- [2]. **Banerjee A., Datta J.K., Mondal N.K. and Chanda T., (2011).** Influence of integrated nutrient management on soil properties of old alluvial soil under mustard cropping system. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 42 : 2473–2492.
- [3]. **Garai T.K., Datta J.K. and Mondal N.K. (2014).** Evaluation of integrated nutrient management on Boro rice in alluvial soil and its impacts upon growth, yield attributes yield and soil nutrient status. *Arch. Agron. Soil Sci.* 60 : 1–14.
- [4]. **Garg V.K., Suthar S. and Yadav A. (2012).** Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Biores .Tech.*, 126:437-443.
- [5]. **Hassan H.S.A., Sarrwy S.M.A and Mostafa E.A.M. (2010).** Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1: 638-643.
- [6]. **Van Ientren J.C., 2006.** Internet book of biological control, [www.unipa.it /iobc /download /internet book 3 march 2006.pdf](http://www.unipa.it/~iobc/download/internet%20book%203%20march%202006.pdf)
- [7]. **Mustin, M., 1987.** *Le compost: gestion de la matière organique.* Editions François Dubusc, Paris. 954 p.
- [8]. **Saint pierre M.A. ,1998.** Lombricompostage de fientes de poulet et de résidus de scierie ,Mem.Maitre es Sci .,Univ .Laval, 98p.
- [9]. **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 Agroecosystems Report no. 8. International Crops Research Institute for Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh (India). 20p.
- [10]. **Edwards C.A. and Lofty J.R. (1972).** *Biology of Earthworms*, Chapman and Hall Ltd. Londres, 283 p.
- [11]. **Pajot E. (2010).** «Les Stimulateurs des Défenses Naturelles en Production Végétale : Mythe ou Réalité ? », XVI Rencontres Professionnelles. EP Valinov-VEGEPOLYS. Rittmo. Colmar.

- [12]. Ndegwa PM. and Thompson SA. (2001). Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Biores. Technol.*, 76: 107–112.
- [13]. Chaichi W. et Djazouli Z.E. (2017). Impact du thé de vermicompost sur la qualité phytochimique de la fève et sur la réduction des populations du puceron noir de la fève *Aphis fabae*. *Revue Agrobiologia*, 7(1): 247-262.
- [14]. Aroun M.E.F., Benhammouda B., Bendifallah L. and Djazouli Z.E. (2018). physicochemical evaluation of the composting of different types of organic matter on some biological parameters of the manure worm (*Eisenia foetida*). *J Fundam Appl Sci.*, 10(5S) : 16-31,
- [15]. Khan V.M., Manohar K.S., Kumawat S.K. and Verma H.P. (2013). Effect of vermicompost and biofertilizers on yield and soil nutrient status after harvest of cowpea. *Agriculture for sustainable development. S.K.N. Agriculture University, Jobner, Rajasthan. India.* 1(1) :79-81.
- [16]. Lichtenthaler H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids : Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148:350-382.
- [17]. Saladin G., Magne C. and Clement C. (2003). Stress reactions in *Vitis vinifera* L. following soil application of the herbicide flumioxazin, *Chemosphere* 53 : 199–206
- [18]. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Anal. Chem.*, 28(3) : 350–356.
- [19]. SPSS, Inc. (2016) –SYSTAT 4.00 for windows, statistics and graphics
- [20]. Atiyeh R.M., Arancon N., Edwards C.A. and Metzger J.D. (2000). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Bioresource Technology*, 75 : 175-180.
- [21]. Amooaghaie R. and Golmohammadi S. (2017). Effect of vermicompost on growth, essential oil, and health of *Thymus vulgaris*. *Compost Science and Utilization* 25(3) :1-12
- [22]. Khan M-H., Meghvansi M-K. and Gupta R. (2014). Foliar spray with vermivash modifies the arbuscular mycorrhizal dependency and nutrient stoichiometry of bhut jolokia (*Capsicum assamicum*). *Plos One*, 9(3): 1-8.
- [23]. Saeed Reza H. and Raheleh A. (2018). Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 41(10): 1276-1284
- [24]. El hassani TA., (1995). *Agronomie moderne : bases physiologiques et agronomiques de la production végétale*. Ed : Hatier, Paris, France 139 p.
- [25]. Ndegwa P.M., and Thompson S.A. (2001). Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology* 76:107-112.
- [26]. Ahmad T., Amjad M., Iqbal Q., Nawaz A. and Iqbal Z. (2014). Integrated nutrient management practices improve growth and yield of carrot. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(6) : 1457-1465.
- [27]. Amooaghaie R. and Golmohammadi S. (2017). Effect of Vermicompost on Growth, Essential Oil, and Health of *Thymus Vulgaris*. *Compost Science and Utilization*, 25(3):1-12.
- [28]. Muralidharan M., Selvakumar C., Sundar S. and Raja M. (2010). Macro invertebrates as Potential Indicators of Environmental Quality. Sri Paramakalyani Centre for Environmental Sciences, Manonmaniam Sundaranar . University Alwarkurichi – 627412,Tamilnadu, India
- [29]. Singh R., Sharma R.R., Kumar S., Gupta R.K and Patil R.T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria × Ananassa* Duch.). *Central Institute of Post Harvest Engineering and Technology, Aboh*, 99 (17) :8507-8511
- [30]. Visvanathan C., Trankler J., Joseph K. and Nagendran R. (2005). Vermicomposting as an Eco-Tool in Sustainable Solid Waste Management,” Asian Institute of Technology, Annamalai University, Chidambaram Anna University, India.
- [31]. Edwards L., Grichter J.R.B. and Macrae A.H. (2000). Evaluation of compost and straw mulching on soil-loss characteristics in erosion plots of potatoes in Prince Edward Island. *Canada. Edit. Agriculture, Ecosystems et environment*, 81(3):217-222.
- [32]. Benazzouk S., Djazouli Z.E. and Lutts S. (2018). Assessment of the preventive effect of vermicompost on salinity resistance in tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Ailsa Craig). *Acta Physiologiae Plantarum*, 40:121
- [33]. Nielson R. (1965). Presence of plant growth substances in Earthworms demonstrated by Paper Chromatography and the Went Pea Test. *Nature*, 208 : 1113-1114.
- [34]. Aroncon N., Clive A.E., DICK R. and DICK L. (2004). Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle*, 48(11):51
- [35]. Zaller J.G. (2007). Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Soil Biology*, 4 :332-336.