

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en Sciences
de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème

**Etude comparée du compost et vermicompost sur les
paramètres de croissance et de production d'une culture de
lentille (*Lens culinaris Medik*)**

Présenté par :

Mme: GHELLAB FATIHA

Mlle : BOULMAIZI SARAH

Devant le Jury :

M. AROUN M.F.	M.C.B.	U. Blida 1	Président
M. DJAZOULI Z. E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
M. ZOUAOUI A.	M.A.B.	U. Blida 1	Co-promoteur
M. ABBAD M.	M.A.A.	U. Blida 1	Examineur

Année Universitaire 2016-2017

Remerciements

*Nous tenons tout d'abord à remercier notre créateur **ALLAH, LE MISERICORDIEUX***

*Qui nous a comblés de ses bienfaits, nous a guidé toutes les années d'études et nous a donné l'opportunité, la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail **Louanges à DIEU.***

Au terme de ce travail, Nous tenons à exprimer nos sincères gratitude et remerciements à :

- *Notre professeur **DJAZOULI Z.E.** à L'USDB 1, Département de Biotechnologie qui a accepté de diriger ce travail. Son aide, ses orientations, sa discrétion, son optimisme, sa patience et également pour sa grande disponibilité. Nous vous remercions vivement.*
- *Monsieur **ZOUAOUI A.** Notre Co-promoteur Qui a bien codirigé et orienté efficacement le déroulement du ce travail ainsi pour sa disponibilité, ces aides précieux et sa générosité.*
- *Nous exprimons nos profondes et respectueuses gratitude à Monsieur **ARON M.F.** qui nous a fait l'honneur d'accepter le président de jury de soutenance.*
- *Monsieur **ABBAD M.** pour l'honneur que vous m'avez fait d'accepter d'examiner et juger ce travail. Veuillez trouver ici mes remerciements les plus sincères.*
- *A tout les professeurs qui ont enseignés durant nos années universitaires car nous avons beaucoup appris avec eux, et à tous les doctorants de laboratoire de biotechnologie végétale pour leur compréhensions et conseils.*
- *Au service administratif bibliothèque, aussi les personnels de laboratoire de phytopharmacie qui ont mis à nous disposition tous les moyens nécessaires à faire les dosages et pour leur aides et jentihîesse.*
- *Nous exprimons nos amitiés et remerciements à tous les proches amis (ies) et également nos familles pour leurs encouragements et qui nous ont soutenus durant tous les années scolaires et universitaires. Enfin nous adressons mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et qui n'ont pas été cités.*

Merci à vous tous



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

*Mes cher parents Bachir et Zahia,
En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous
et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma
vie. Avec toute ma tendresse.*

*Mon adorable sœur,
Meriem pour leur soutien moral et leur sacrifice tout au
long de ma vie.*

*Mes frères,
Haroun et Ramzi pour son encouragement indéfectible.*

Toute ma famille

*Ma chère binôme et amie,
Fatiha et à toute sa famille*

*Tous mes amis et collègues et Tous mes professeurs
durant tous mes études*

*Et enfin, A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin
à la réalisation de se travail, je vous dis merci.*

Sarah



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mes cher parents Tayeb et Mokhtaria,

En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie. Avec toute ma tendresse.

Mon cher marie Slimane,

Qui c'est toujours participe par ses conseils, ses encouragements et son très précieux soutien moral.

Mes adorables sœurs,

Noura, Soumia et Fouzia pour leur soutien moral et leurs sacrifices tout au long de ma vie.

Mes frères,

Mohamed et Moussa pour son encouragement indéfectible.

Toute ma famille et belle famille

Ma chère binôme et amie,

Sarah et à toute sa famille

Tous mes amis et collègues et Tous mes professeurs

durant tous mes études

Et enfin, A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de se travail, je vous dis merci.

Fatiha

Table des Matières

Introduction.....	01
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique	
I. Les légumineuses.....	02
I.1. Introduction	02
I.2. Intérêt scientifique des légumineuses.....	02
I.3.Intérêt agronomique des légumineuses.....	03
I.4. Intérêt écologiques des légumineuses.....	03
I.5. Intérêt alimentaire des légumineuses.....	03
II. La lentille <i>Lens culinaris</i> Medik.....	03
II.1. Classification.....	04
II.2. Origine de la plante de lentille <i>Lens culinaris</i>	04
II.3. Description de la plante <i>Lens culinaris</i>	04
II.4. Cycle biologique.....	05
II.5. Culture et production.....	06
II.6. Données génétiques.....	06
II.7. Evolution de la culture de la lentille en Algérie.....	06
II.8. Exigences de la culture.....	07
II.9. Variétés de l'espèce.....	08
III. Biofertilisants et compost.....	09
III.1. Généralité sur les biofertilisants.....	09
III.1.1. Définition de fertilisation.....	09
III.1.2. Définition de biofertilisants.....	09
III.1.3. Les Types des biofertilisants.....	09
III.1.3.1. Les engrais d'origine animale.....	10
III.1.3.2. Les engrais d'origine végétale.....	10
III.1.3.3. Le compost	10
III.1.4. Avantage des biofertilisants.....	11
III.2. Généralité sur le compost.....	11
III.2.1. Définition du compost.....	11

III.2.2. Origine et historique du compost.....	11
III.2.3. Les types de compost.....	12
III.2.3.1. Le vermicompost	12
III.2.3.1.1 Définition.....	12
III.2.3.1.2. Composition du vermicompost	12
III.2.3.1.3. Intérêts du vermicompost.....	13
III.2.3.2. Le thé de vermicompost.....	13
III.2.3.2.1. Définition.....	13
III.2.3.2.2. Composition du thé de vermicompost	13
III.2.3.2.3. Intérêt du thé de vermicompost.....	13
III.2.3.3. Le fumier.....	14

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

Objectif.....	15
1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....	15
2. Matériel d'étude.....	16
2.1. Obtention des plantules de la lentille.....	16
2.2. Préparation des Biofertilisants (traitements).....	16
2.2.1. Vermicompost	16
2.2.2. Thé de vermicompost.....	17
2.2.3. Fumier.....	18
3. Méthode d'étude.....	18
3.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai.....	18
3.2. Evaluation de l'effet des traitements sur la lentille	20
3.2.1. Estimation de quelques paramètres de croissance.....	20
3.2.1.1. Mesure de la croissance en longueur de la partie aérienne et souterraine.....	20
3.2.1.2. Mesure du poids frais de la partie aérienne et souterraine..	20
3.2.1.3. Mesure du poids et nombre de nodosité.....	20
3.2.2. Estimation de quelques paramètres physiologiques.....	21
3.2.2.1. Extraction et quantification de la chlorophylle (A, B) et caroténoïde.....	21
3.2.2.2. Extraction et quantification des acides aminées.....	21

4. Analyses statistique des données.....	21
--	----

CHAPITRE III: Résultats

1. Variation des paramètres de croissance de lentille sous l'effet de différentes régions de nutrition organique.....	23
1.1. Variation de la croissance en longueur et de la biomasse de la partie aérienne des plants sous l'effet des différentes régions.....	23
1.2. Variation de la croissance en longueur et de la biomasse de la partie souterraine des plants sous l'effet des différentes régions.....	25
1.3. Variation du nombre des nodosités des racines sous l'effet des différentes régions.....	27
2. Variation des paramètres physiologiques de lentille sous l'effet de différentes régions de nutrition organique.....	28
2.1. Variation de l'activité photosynthétique.....	29
2.2. Variation des acides aminés.....	32
3. Variation des paramètres de production de lentille sous l'effet de différentes régions de nutrition organique.....	33
3.1. Production florale	33
3.2. Production des gousses.....	35

CHAPITRE IV : Discussion

1. Effets des biofertilisants sur la croissance de la lentille.....	37
2. Effets des biofertilisants sur la physiologie de la lentille	38
3. Effets des biofertilisants sur les paramètres de production de la lentille	39

Conclusion générale et perspectives.....	40
---	-----------

Références Bibliographiques.....	41
---	-----------

Etude comparée du compost et vermicompost sur les paramètres de croissance et de production d'une culture de lentille (*Lens culinaris Medik*)

Résumé

La fertilisation organique est une technique fondamentale dans la conduite des cultures légumières, elle influence directement la croissance et le développement des plants est également le rendement en quantité et qualité, les fumures organiques sont des engrais complète qui enrichissent le sol par des macros et micro-éléments qui constituent l'alimentation minérale des plants. L'objectif de notre travail est d'estimer la capacité des biofertilisants a couvrir les exigences nutritionnelles de la culture de lentille (*Lens culinaris L.*) (var. Syrie 229) dans les conditions semi contrôlées. Les changements opérés sur la qualité phytochimique, les paramètres de croissances et les paramètres de production de lentille seront évaluées après l'apport des biofertilisants (fumier, vermicompost et le thé de vermicompost). Les principaux résultats montrent que le biofertilisant de thé de vermicompost a un effet positif marquant sur la croissance de la partie aérienne et souterraine. L'étude du paramètre de production des fleurs montre que l'application du biofertilisant de thé de vermicompost stimule favorablement et d'une manière précoce la production florale et enregistre une meilleure production des gousses. L'analyse des paramètres biochimiques obtenus ne désigne aucun effet significatif des biofertilisant sur la production de chlorophylle. En revanche le biofertilisant à base de thé de vermicompost à un effet sur l'accumulation de l'acide aminée.

Mots clés: Biofertilisant, Fertilisation, Fumier, Lentille, Thé de vermicompost,.

Comparative study of compost and vermicompost on the growth and production parameters of a lens culture (*Lens culinaris* Medik)

Summary

Organic fertilization is a fundamental technique in the management of vegetable crops, it directly influences the growth and development of the plants is also the yield in quantity and quality, organic fertilizers are complete fertilizers which enrich the soil with macros and micro-elements that constitute the mineral feeding of plants. The objective of our work is to estimate the capacity of biofertilizers to cover the nutritional requirements of *Lens culinaris* L. lentil culture (Syria 229 var.) Under semi-controlled conditions. Changes in phytochemical quality, growth parameters and lentil production parameters will be assessed after intake of biofertilizers (manure, vermicompost and vermicompost tea).

The main results show that the bio fertilizer of vermicompost tea has a marked positive effect on the growth of the aerial and underground part. The study of the flower production parameter shows that the application of the vermicompost tea bio fertilizer favorably and earlyly stimulates floral production and records better pod production. The analysis of the biochemical parameters obtained does not indicate any significant effect of the biofertilizer on the production of chlorophyll. On the other hand the biofertilizer-based vermicompost tea has an effect on the accumulation of amino acid

Key words: Biofertilizer, Fertilization, Manure, Lentil, Vermicompost tea.

Liste des figures

Figure 1:	Aspect générale de lentilles.....	05
Figure 2:	Cycle biologique des légumineuses.....	05
Figure 3:	Zones d'aptitude de la culture de la lentille en Algérie.....	07
Figure 4:	Périodes de semis de la lentille selon les variétés et l'altitude.....	08
Figure 5:	Présentation du site expérimental.....	15
Figure 6:	Pré germination de lentille.....	16
Figure 7:	Dispositif de production du thé de vermicompost et du vermicompost...	17
Figure 8:	Dispositif d'obtention du jus de lombricompost brut.....	17
Figure 9:	Dispositif expérimental	18
Figure 10:	Schéma de la logique hypothétique de l'étude	19
Figure 11:	Mesure de la croissance en longueur de la partie aérienne et souterraine des plantules de la lentille.....	20
Figure 12:	des différentes régies de nutrition organique sur la croissance de la partie aérienne des plants de lentille.....	24
Figure 13:	Effet des différentes régies de nutrition organique sur la croissance de la partie souterraine des plants de lentille.....	26
Figure 14:	des différentes régies de nutrition organique sur les nodosités des plants de lentille.....	28
Figure 15:	Effet des différentes régies de nutrition organique sur l'activité photosynthétique des plants de lentille.....	30
Figure 16:	Effet des différentes régies de nutrition sur l'activité photosynthétique des plants de lentille	31
Figure 17:	Effet comparé des différentes régies sur l'accumulation des acides aminées.....	32
Figure 18:	Effet des différentes régies de nutrition organique sur la production florale chez les plants de lentille.....	34
Figure 19:	Effet des différentes régies de nutrition organique sur la production des gousses chez les plants de lentille.....	36

Liste des tableaux

Tableau 1: Variétés de lentille (<i>Lens culinaris</i> L) cultivées en Algérie.....	08
---	-----------

Liste des abréviations

Ca : Calcium

Chl : Chlorophylle

cm : Centimètre

D : Dillution

Fig : Figure

FM : Fumier

g : Gramme

K : Potassium

MF : Matière Fraiche

Mg : Magnésium

mg : Milligramme

ml : Millilitre

Mn : Minute

N : Nitrate, azote

nm : nanomètre

P : Phosphore

Q : Quartille

S : Soufre

T : Totale

TM : Témoin

UV : Ultra violet

V : Volume

Var : Variété

VDE : Vermicompost

VTH : Thé de vermicompost

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

Introduction

Au cours des dernières années, préoccupation croissante des consommateurs sur des questions telles que la qualité des aliments, la sécurité environnementale et la conservation des sols a conduit à une augmentation substantielle de l'utilisation de pratiques agricoles durables. L'utilisation d'engrais organiques tels que le fumier a été indiquée comme l'un de ses principaux piliers dans l'agriculture durable (**Tilman et al., 2002**).

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**).

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante (**Christian Schvartz et al., 2005**). Son l'objectif est d'améliorer la croissance, d'augmenter le rendement et la qualité des cultures, et ce, à moindre coût. et d'assurer la complémentarité des fournitures nécessaires en provenance du sol (**Falisse et Lambert, 1994**).

Les biofertilisants sont utilisés sous formes liquides ou support solide, ils contiennent des micro-organismes vivants ou dormants comme des bactéries, des champignons, des actinomycètes et des algues (**Anonyme, 2014**).

Les légumineuses (fabacées) ont une importance économique, agricole et écologique, qui constituent un enjeu à caractère stratégiques pour plusieurs pays, ceux du sud en particulier. En Algérie les légumineuses occupent une place importante et constituent avec les céréales l'épine dorsale du système alimentaire algérien (**Doyle et Luckow, 2003**).

Dans ce contexte le présent travail a pour objectif d'étudier l'effet de différentes formes de biofertilisant de notamment le fumier, le vermicompost et le thé de vermicompost sur les paramètres de croissance et de production d'une culture de lentille (*Lens culinaris* L) qui est une légumineuse a haute valeur alimentaire, facile à digérer en comparaison avec d'autres légumineuses .

Pour cela, nous avons émis quelques hypothèses auxquelles nous allons essayer de répondre et qui se résument dans : (i) Quelle est l'influence de ces apports sur les paramètres morphologiques, physiologiques et de production de la lentille? (ii) La biofertilisation organique peut elle couvrir les besoins de la culture de lentille?

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Les légumineuses

I.1. Introduction

Les légumineuses constituent une immense famille de plantes dont le seul caractère commun est d'avoir un ovaire libre, constitué par un seul carpelle qui donne un fruit appelé gousse ou légume (**Doyle et Luckow, 2003**). On compte 475 genres et environ 16400 espèces se répartissant en trois familles: *Mimosoideae*, *Caesalpinoideae* et *Papilionoideae* (ou Fabaceae) (**Doyle et Luckow, 2003**). Les Fabacées avec 10000 espèces représentent d'ailleurs la plus grande partie des légumineuses, on y trouve des arbres, la plupart exotiques, voire des lianes, mais surtout de nombreuses espèces herbacées vivaces ou annuelles (**Piron, 2006**), souvent volubiles et grimpantes, soit par enroulement (*Phaesiolus*, *Physostigma*), soit grâce à des vrilles foliaires (*Lathyrus*, *Pisum*, *Vicia*). Beaucoup d'espèces sont cultivées pour leurs graines qui sont riches en amidon (Fève, Haricot, Lentille, Pois, Pois chiche), en huile (Arachide, Soja) ou en protéines (Fenugrec, Lupin, Soja) les trèfles, les luzernes, le sainfoin et le lotie servent à l'alimentation du bétail (**Lewis et al., 2005**).

Les légumineuses entretiennent une relation très privilégiée avec la rhizosphère qui entoure leurs racines (**Waligora et al., 2008**). D'après **De Faria et al. (1989)**, l'effet rhizosphérique des légumineuses est 20 à 30 fois supérieur à celui d'une betterave ou d'un colza». Elles sont principalement cultivées pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et pour rompre les successions céréalières préjudiciables aux rendements et aux productions à travers les assolements. Parmi les représentants de cette famille, on distingue les protéagineux à graines (pois, haricot, féverole, pois chiche et lentilles), les protéagineux fourragers (luzerne et trèfle), et les oléo protéagineux (soja et arachide). Au total, plus de 40 espèces et variétés sont cultivées dans le monde.

I.2. Intérêt scientifique des légumineuses

Les légumineuses alimentaires tiennent une part très importante des travaux accomplis dans des domaines aussi divers que l'agronomie, la génétique, l'entomologie, la phytopathologie et la physiologie (**Baudoin et al., 2001**). Les principaux objectifs de recherche, sur les légumineuses à graines, cherchent à la fois à sécuriser la nodulation, à assurer la complémentarité entre les voies d'assimilation et de fixation de l'azote et à assurer une meilleure remobilisation de l'azote des feuilles et des tiges vers les graines. Le point fort des légumineuses est leur coût énergétique faible et leur faible contribution aux

gaz à effets de serre, directement liés l'absence de fertilisation azotée (Pinochet *et al.*, 2006).

I.3. Intérêt agronomique des légumineuses

Leur intérêt agronomique provient en premier lieu de leur aptitude à la fixation symbiotique de l'azote, qui leur permet de produire en abondance des protéines végétales même en l'absence de fertilisation azotée, d'où leur intérêt également dans le cadre d'une agriculture "durable" (réduction des intrants, préservation et enrichissement des sols en azote). Elles exercent une influence très favorable sur la fertilité des sols grâce à la symbiose fixatrice d'azote avec les souches de *Rhizobium*. Elles jouent par conséquent un rôle primordial dans la rotation des cultures (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2001).

I.4. Intérêt écologiques des légumineuses

Dans les pays développés, la sur-utilisation des engrais azotés chimiques a conduit à une pollution des sols, des nappes phréatiques et cours d'eau. Aujourd'hui, la pollution par les nitrates est un problème réellement inquiétant, et la réintroduction de légumineuses s'avère être un bon moyen de limiter la pollution (Baumgartner *et al.*, 2008). En effet, la décomposition de la plante ou de ses résidus se fait progressivement, et est mieux adaptée à l'utilisation de l'azote par d'autres plantes. Les pertes azotées par lessivage sont donc limitées, et l'apport d'engrais chimique diminué (Ducg *et al.*, 2011)

I.5. Intérêt alimentaire des légumineuses

De nombreuses espèces cultivées appartiennent à la famille des Légumineuses. Elles constituent une source très importante de protéines et de lipides dans l'alimentation humaine et animale). Elles constituent un apport de protéines peu coûteux mais néanmoins important (18% à 30% de la graine sèche) (CGDD, 2009).

II. La lentille (*Lens culinaris* Medik)

La lentille fait partie de l'alimentation humaine depuis la préhistoire. Trônant parmi les légumineuses ayant la plus petite taille, la lentille a l'avantage de nécessiter un temps de cuisson plus court que la majorité des légumineuses. Durant la dernière décennie, on estime que la consommation mondiale de lentille a augmenté d'environ 3 % par année (Anonyme, 2000).

II.1. Classification

D'après **Cokkizgina et al. (2013)**, la lentille se classe comme suit :

Règne :	<i>Plantae</i>
Super division :	<i>Spermatophyta</i> - semences de plantes
Division :	<i>Magnoliopsida</i> - Plantes en floraison
Classe :	<i>Magnoliopsida</i> – dicotylédones
Sous-classe :	<i>Rosidae</i>
Ordre :	<i>Fabales</i>
Famille :	<i>Fabaceae</i>
Genre :	<i>Lens</i>
Espèce :	<i>Lens culinaris</i>

II.2. Origine de la plante de lentille (*Lens culinaris* Medik)

La lentille est d'origine Est du bassin méditerranéen, et la mise en culture de l'espèce a débuté dans cette région (**Zohary, 1972**). La lentille s'est d'abord propagée jusqu'à la vallée du Nil, puis à l'Europe centrale, et a atteint le sous-continent indien et le reste du bassin méditerranéen vers la fin de l'âge de bronze. Elle tire très probablement son origine de l'espèce sauvage *L. orientalis* (une des espèces sauvages de genre *Lens*) (**Peron, 2006**).

II.3. Description de la plante *Lens culinaris*

La lentille est une plante annuelle herbacée d'environ 0,30m de hauteur, fortement basitonée à ramification dressées, anguleuses et rameuses. Ses feuilles, à stipules lancéolées, se terminent par une longue vrille simple, présentent 5 à 7 paires de folioles oblongues et glabres (**Peron, 2006**). Les fleurs sont petites et de couleur bleuâtre (**Peron, 2006**) et selon ITGC (2013) il y a des fleurs de couleurs blanchâtre veinées de bleu, sont disposées au nombre de 2 ou 3 sur un pédoncule inflorescentiel à l'aisselle des feuilles. Les gousses sont larges et lisses, mesurent de 8 à 40 mm de long et 6 à 15 mm de large. Chaque gousse porte 1 à 2 graines fines et aplaties, en forme de lentille (**Street et al., 2008**). A l'intérieur des nodosités présentes sur les racines, figurent des bactéries fixatrices d'azote hébergées par chacun des genres *Pisium*, *Vicia* et *Lathyrus* (**Peron, 2006**) (Fig. 1).

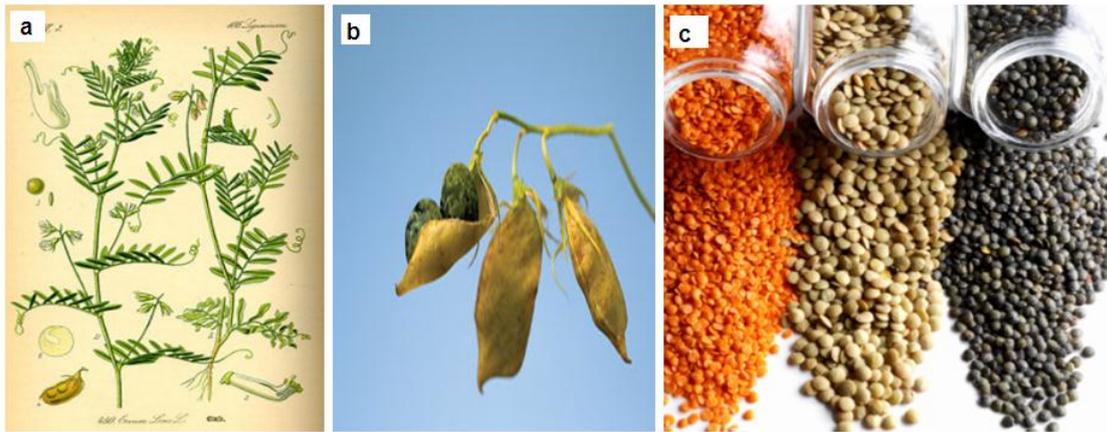


Figure 1 : Aspect générale de lentilles (Schwartz et Langham, 2012)

(a) : Plantes de lentilles, (b) : Gousses, (c) : Grains

II.4. Cycle biologique

Schwartz et Langham (2012), citent que lorsque les températures sont optimales, les graines de lentilles germent en 5 à 6 jours et la floraison débute entre la 6 et les 7 semaines après le semis. Le cycle de croissance est de 80 à 110 jours pour les cultivars à cycle court et de 125 à 130 jours pour les cultivars à cycle long et il comprend deux phases :

-Phase végétative, cette phase comprend deux stades : la croissance et la production des feuilles.

-Phase reproductive, elle est représentée par la floraison, la fructification et la production des graines (Fig. 2).



Figure 2 : Cycle biologique des légumineuses (Anonyme ,2014)

1 : graine ; 2 : Germination ; 3 : Croissance; 4 :Floraison; 5- Fructification.

II.5. Culture et production

Les plantes de lentilles sont cultivées comme des annuelles d'été dans les zones tempérées et comme des annuelles d'hiver dans les régions subtropicales. Ces plantes poussent à des températures moyennes de 6 à 27°C, des précipitations annuelles comprises entre 300 et 2400 mm et des valeurs de pH entre 4,5 et 9,0 (**Begiga, 2006**).

La production mondiale de lentilles est estimée à 2,8 millions de tonnes elle est dominée par trois pays : Canada, l'Inde et la Turquie avec environ 70% de production mondiale (**Cokkizgin, 2013**). Par contre, en Algérie, la culture des lentilles n'occupe que 1,5% de la totalité des terres réservées aux légumineuses alimentaires (**Ait Abdellah et al., 2011**). La culture des lentilles s'étale sur de grandes surfaces dans les hautes plaines (Tiaret, Saida, Sétif) et les plaines intérieures (Bouira, Médéa, Mila) (**Chouaki, 2006**). La production algérienne des légumineuses demeure très faible depuis des années ceci est dû principalement au mode de culture traditionnel, l'indisponibilité des semences de qualité, l'absence de la mécanisation et d'expérience...etc. (**Ait Abdellah et al., 2011**).

II.6. Données génétiques

Lens culinaris est une plante diploïde avec 14 chromosomes ($2n=14$) (**Arumuganathan et Earle, 1991**). Elle est autogame et le taux de pollinisation croisée est inférieur à 1% selon **Wilson et Law (1972)**. L'androcée est constituée de dix étamines minuscules, dont neuf sont soudées entre elles ; par contre, le pistil est constitué d'un stigmate, d'un style et d'un ovaire, et ce dernier renferme habituellement deux ovules. La pollinisation a normalement lieu juste avant l'ouverture de la fleur (**Muehlbauer et al., 1980**).

II.7. Evolution de la culture de la lentille en Algérie

La lentille a été cultivée avant 1830 dans les jardins des fellahs (surtout en Kabylie), jusqu'à 1940 une étude a révélé que les lentilles rencontrées en Afrique du nord appartiennent à deux sous-espèces : la lentille petite verte de puy (*Lens exculenta* Moench, sp. *microsperma* var. *Dupuyensis* Barul.) a été la première des variétés européennes introduites en grande culture en Algérie (Fig. 3). Dans certaines régions, des cultures de puy vert et de lentille large ont coexisté et des croisements naturels se sont produits qui ont donné naissance à la « lentille large verte d'Algérie », à partir de cette dernière, il y a eu une sélection et une amélioration de la « lentille verte d'Algérie ». (**Vandenberg et Slinkard, 1990**).

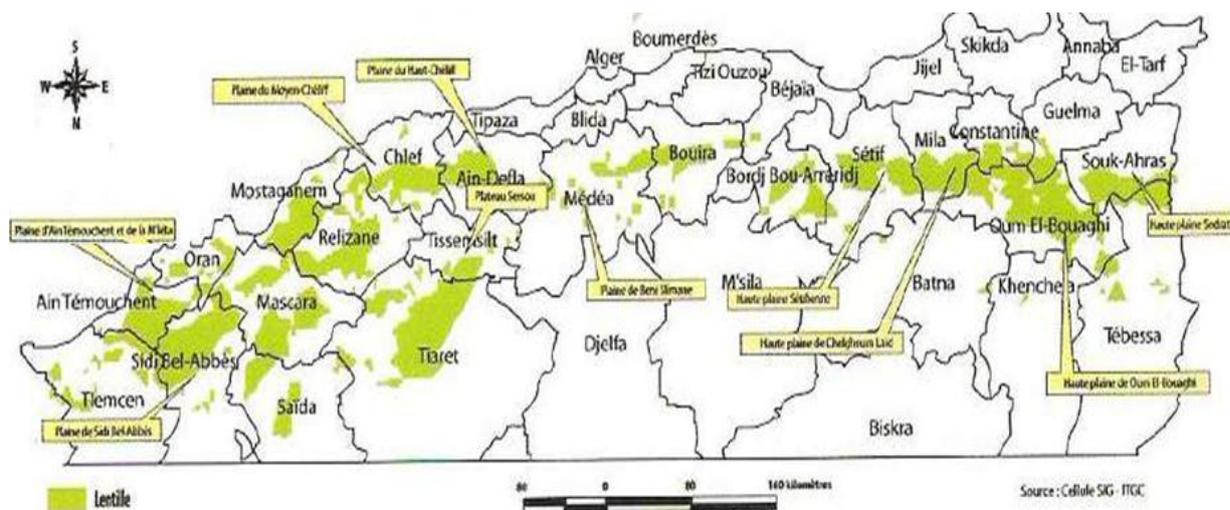


Figure 3: Zones d'aptitude de la culture de la lentille en Algérie (ITGC, 2011)

II.8. Exigences de la culture

Le zéro de germination de la lentille est de 4 à 5°C. Le cycle végétatif de la plante est très court (de 120 à 150 jours) (Fig. 4). La lentille est peu exigeante sur la nature du sol; cependant elle préfère les sols légers et calcaires; assez résistante à la sécheresse et aux températures élevées (**Muehlbauer et al., 1980**).

II.9. Variétés de l'espèce

Les cultivars de lentilles sont classés généralement selon la couleur et la taille des graines. La division la plus admise regroupe les lentilles en 2 groupes (**Begiga, 2006**).

- Groupe *Microsperma*, est caractérisé par des petites fleurs (de 5–7 mm de long) de couleur bleu-violet à blanches ou roses, les gousses sont petites et les graines sont aussi petites (diamètre inférieur à 6 mm). Ce groupe domine en Asie, en Egypte et en Ethiopie.

- Groupe *Macrosperma*, les fleurs sont grandes (de 7–8 mm de long) de couleur blanches (rarement bleues), les gousses sont grandes, généralement plates et les graines sont aussi grosses (diamètre supérieur à 6 mm). Ce groupe prédominant en Afrique du Nord, en Europe et en Amérique

En Algérie, les variétés cultivées sont à port dressé, semi-tardives à tardives (Fig. 4). Il existe une gamme de variétés sélectionnées par l'ITGC (**2013**), parmi lesquelles nous citons les suivantes :

Tableau 1: Variétés de lentille (*Lens culinaris* Medik) cultivées en Algérie

Variétés	Caractéristiques
Large Blonde Métropole	Isolée en 1942 en France, semi-tardive, grain large de couleur verdâtre, très bonne qualité culinaire.
Large Blonde du Chili	Isolée en 1952 au Chili, semi-tardive, cycle végétatif court (4 à 5 mois), grain large de couleur verdâtre, assez bonne qualité culinaire.
Syrie 229	Sélection locale sur population introduite de Syrie, semi-précoce, sensible à la rouille, grain arrondi (lentillon) de couleur vert-jaune, très bonne qualité culinaire.
Balkan 755	Sélection local sur population introduite dans la région Sersou, semi-tardive, grain large de couleur marron, assez bonne qualité culinaire.
Autres variétés	LB. Redjas, ILL 4400 et Sétif 618.

(Anonyme, 2013)

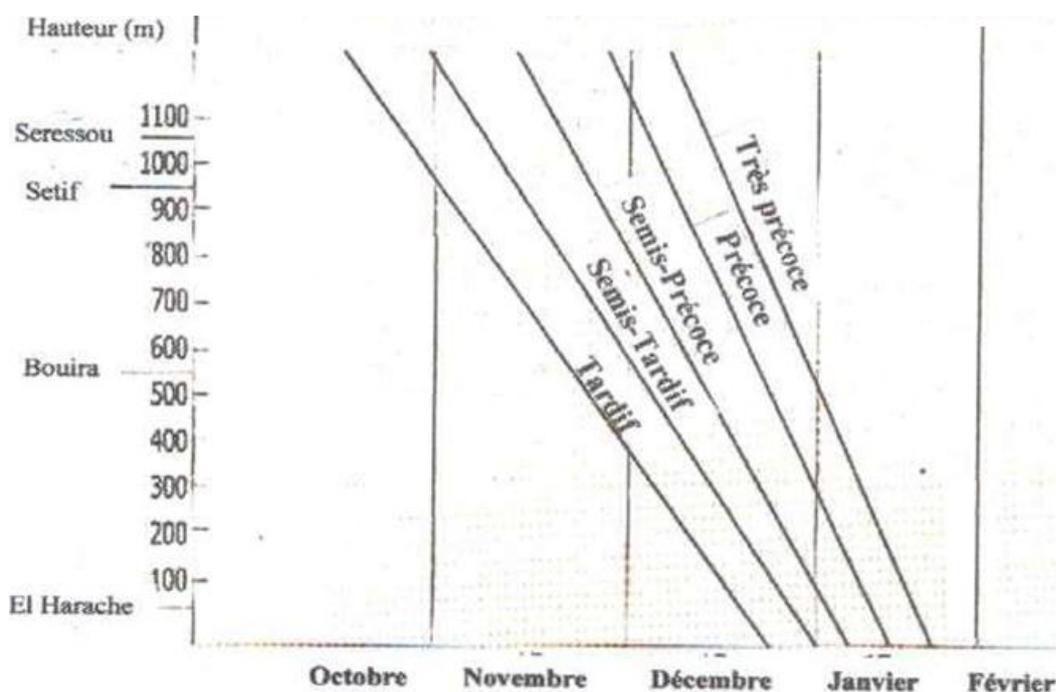


Figure 4: Périodes de semis de la lentille selon les variétés et l'altitude (Hamadache, 2000)

III. Biofertilisants et compost

III.1. Généralité sur les biofertilisants

III.1.1. Définition de fertilisation

La Fertilisation est l'ensemble des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante. ces éléments peuvent être de deux types, les engrais et les amendements. La fertilisation consiste aussi de créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (**Zidane, 1989 ; Schvartz et al., 2005**).

D'après **Silguy (1998)**, la fertilisation a pour objectif de maintenir ou d'augmenter la fertilité des sols et leur activité biologique aussi améliorer la croissance, la qualité des cultures et augmenter le rendement. Il s'agit de «nourrir le sol pour nourrir la plante» durant toute sa croissance, en privilégiant les engrais organiques qui sont transformés par les êtres vivants du sol avant d'être progressivement absorbables par les plantes.

III.1.2. Définition de biofertilisants

Les bio fertilisants sont définis comme des préparations contenant des cellules vivantes ou des cellules latentes de souches de micro-organismes efficaces qui aident à l'absorption des éléments minéraux par les plantes cultivées suite à leurs interactions dans la rhizosphère lorsqu'ils sont appliqués sur les semences ou dans le sol. Ils accélèrent certains processus microbiens dans le sol impliqués dans l'augmentation de la disponibilité des nutriments dans une forme facilement assimilable par les plantes (**Vessey, 2003**). L'utilisation des engrais biologiques est proposée pour améliorer les rendements des cultures tout en assurant une meilleure durabilité des systèmes de culture (**Ohyama, 2006**).

III.1.3. Les Types des biofertilisants

Trois types des biofertilisants sont disponibles pour l'agriculteur: les engrais d'origine végétale encore appelé engrais vert, les engrais d'origine animale et le compost (**Anonyme, 2001**).

III.1.3.1. Les engrais d'origine animale

Les engrais d'origine animale sont précisément des déchets industriels, tels que des déchets d'abattoirs: sang desséché, les bouses de vache, les fientes de poules etc. Ces derniers sont intéressants pour leur apport en azote à décomposition relativement lente et pour leur action favorisant la multiplication rapide de la microflore du sol, mais n'enrichissent guère le sol en humus stable, ces engrais sont enfouis dans le sol pendant la préparation du terrain ou trois semaines avant le repiquage pour la campagne de saison de pluie (**Anonyme, 2009**).

III.1.3.2. 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 adventices. Elle s'appuie sur une culture intercalaire, enfoui 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**).

III.1.3.3. Le compost

Le composte est un des éléments fondamentaux de la culture biologique, car il représente le moyen le plus rationnel d'utiliser les déchets végétaux de toutes sortes qui s'obtient par empilement dans un coin, ceux-ci sont retournés régulièrement pour activer la fermentation. L'application de ces techniques conduit au bout de trois à six mois à la formation d'un compost mûr (**Hargrovet, 2008**). Le composte est redistribués au sol sous forme d'un amendement qui remplace avantageusement le fumier, s'il est enrichi par les produits appropriés (**Fazio, 2001**).

Le compostage est un processus naturel de «dégradation» ou décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions aérobies. Les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets alimentaires, restes animaux, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisant, une fois le processus de compostage terminé (**Misra et al., 2005**).

III.1.4. Avantage des biofertilisants

Les biofertilisants offrent de nombreux avantages, tant économique qu'environnementaux. Dérivés de sources animales ou végétales, ces biofertilisants prennent plus de temps à se décomposer dans le sol, fournissant ainsi des éléments nutritifs à libération lentes (**Admin, 2013**).

Ils comportent principalement 3 éléments nutritifs : azote (N), phosphore (P) et potassium (K) et estime que L'azote favorise la pousse des feuilles et intensifie la coloration verte du feuillage. Le phosphore favorise l'enracinement et le développement des bourgeons floraux. Le potassium est un élément essentiel à la formation des fruits et il favorise la résistance des plantes aux maladies (**Glew, 1994**).

Il se compose d'agrégats grumeleux stables et d'éléments importants du complexe argilo humiques. La stabilité de ces agrégats garantit une meilleure aération et un meilleur drainage du sol. Il présente constamment une action neutre et améliore ainsi la capacité du sol à réagir aux pluies acides (**Bely, 2006**).

III.2. Généralité sur le compost

III.2.1. Définition du compost

Mustin (1987), définit le compost comme un produit organique issu d'un processus biologique assurant la décomposition des constituants organiques des sous-produits et déchets en un produit organique, stable, riche en composés humiques.

Selon **Hargrovet (2008)**, le compost est un des éléments fondamentaux de la culture biologique, car il représente le moyen le plus rationnel d'utiliser les déchets végétaux de toutes sortes qui s'obtient par empilement dans un coin, ceux-ci sont retournés régulièrement pour activer la fermentation. L'application de ces techniques conduit au bout de trois à six mois à la formation d'un compost mûr. Le compost est redistribué au sol sous forme d'un amendement qui remplace avantageusement le fumier, s'il est enrichi par les produits appropriés (**Fazio, 2001**)

III.2.2. Origine et historique du compost

Le mot 'compost' vient du latin 'Compositus' qui signifie composé de plusieurs choses. Le compostage n'est pas une technique récente, mais très ancienne pratiquée dès l'Antiquité. Depuis des millénaires, les Chinois ont rassemblé et composté toutes les matières organiques du jardin, des champs,

de la maison y compris les matières fécales. Au Proche-Orient par exemple, une aire de dépôt des déchets urbains était aménagée devant les portes de Jérusalem. Certains déchets étaient brûlés et les autres compostés. Aussi, les romains appelaient ainsi les préparations de légumes et de fruits avec des adjonctions d'huiles, de sel et d'autres adjuvants (**Znaïdi, 2002**).

du lombricompostage (vermicompostage) des déchets organiques s'est intensifié au cours des vingt dernières années. Le Canada est le deuxième producteur mondial de valorisation des résidus domestiques après les Etats-Unis, comme il est réalisé également en Angleterre, en France, en Allemagne, en Italie, au Japon, en Inde, à Hong Kong, aux Philippines, en Australie, à Cuba, aux Bahamas et dans quelques pays d'Amérique du Sud (**Edwards, 1995; Appelhof et al., 1996; Werner et Cuevas, 1996; Arora, 1997**).

III.2.3. Les types de compost

III.2.3.1. Le vermicompost

III.2.3.1.1 Définition

Le vermicompostage est un procédé de bio oxydation et stabilisation de la matière organique grâce à l'action combinée des microorganismes et des vermidiens, il donne un compost qui ne requiert pas de phase thermophile caractéristique du compostage. Ce compost appelé vermicompost est de haute qualité notamment en raison de son excellente structure granulaire (**Nagavallema et al., 2004**)

III.2.3.1.2. Composition du vermicompost

Visvanathan (2005) signale 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 des agrégats granulaires, riche en NPK (nitrate, phosphore, potassium), micronutriments et de microorganismes bénéfiques pour le sol. Le corps des lombrics contient 65% de protéines, 14% de lipide, 14% carbohydrates et 3% d'extrait sec. **Atiyeh et al. (2002)** ont découvert que le compost a une teneur plus élevée en ammonium, alors que le vermicompost est plus riche en nitrates, forme d'azote la plus assimilable par les végétaux. **Edwards (1999)**, affirme que le vermicompost est 1000 fois plus actif que le compost classique sur le plan de l'activité microbienne, même si ce taux n'est pas toujours atteint.

III.2.3.1.3. Intérêts du vermicompost

Le compost issu du vermicompost à un intérêt en tant que substance bio fertilisante, biocide et stimulateur des systèmes de défense des plantes. L'utilisation des différentes doses de biofertilisant entre autre de vermicompost, permet de mieux comprendre le rôle de cette substance naturelle sur la performance de la production de la phytomasse et dans l'induction de la résistance contre les ennemis naturels en particulier. Des études ont également montré que le traitement foliaire des plants avec du vermicompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes (**Pajot, 2010**)

III.2.3.2. Le thé de vermicompost

III.2.3.2.1. Définition

Le thé est le produit filtré d'une macération de compost dans de l'eau. En présence d'aération, la macération permet l'obtention d'un thé de compost oxygéné. Ce processus aérobique favorise les bactéries bénéfiques du compost, créant ainsi une solution biologiquement active. Ce procédé de transformation permet une multiplication rapide des microorganismes et nécessite une faible quantité de compost (**Delisle, 2011**).

III.2.3.2.2. Composition du thé de vermicompost

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

III.2.3.2.3. Intérêt du thé de vermicompost

L'utilisation des bio fertilisants, entre autre le vermicompost, permet de mieux comprendre le rôle de cette substance naturelle sur la performance de la production végétale et dans la résistance contre les ennemis naturels en

particulier. C'est un fertilisant organique naturellement stable sans odeur. Des études ont également montré que le traitement foliaire des plants avec du vermicompost est associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes (**Pajot, 2010**). Il contient des particules de silice disponibles pour les plantes, avec lesquelles elles renforcent leur épiderme et repoussent ainsi les insectes nuisibles. Ainsi que des mucosités antibactériennes qui peuvent guérir les plantes malades. Cela en fait un bon insecticide préventif (**Sloane, 2003**). Les nutriments minéraux solubles, les acides organiques et les régulateurs de croissance des plantes solubles dans le thé de vermicompost ont un effet positif sur le développement de la racine initiale et la croissance des plantes, à la fois par application foliaire et application au sol (**Keeling et al., 2006; Arancon et al., 2007**). Le vermicompost présente également certains inconvénients, car il s'agit d'un mini-écosystème fragile qui demande à être surveillé scrupuleusement afin d'éviter certaines erreurs qui pourraient tuer les vers ou apporter des insectes nuisibles. Comme, il demande une main d'œuvre qualifiée pour le suivi des vers (**Anonyme, 2011**).

III.2.3.3. Le fumier

Le fumier est constitué par les déjections solide (fèces) et liquides (urine) des animaux en stabulation, mélangées plus au moins régulièrement à des litières (paille, sciure ...). Ses caractéristiques et sa quantité varient de manière importante selon le type d'animaux, le mode de logement et le régime alimentaire du cheptel. Il stimule en quantité et en activité la biomasse du sol et augmentent la minéralisation de l'azote. En effet, l'activité des micro-organismes (mesure de l'activité enzymatique) et le niveau de minéralisation de l'azote sont favorisés. Les effets s'expriment sur une courte durée (1 année culturale). Dans ce cas ces derniers influent moins sur le stock en carbone organique du sol. On distingue les fumiers selon l'origine: fumier de cheval, de bovins, de moutons, etc. et leur état fonction à la fois de la proportion de litière et du stade de décomposition. Les fumiers de chevaux et de moutons, plus riche en azote, plus secs et plus fermentescibles sont des fumiers «chauds», les fumiers de bovins, des fumiers «froids» (**Vilain, 1997**). La composition du fumier d'origine bovine conditionne en grande partie de la qualité du compost en fin de processus. En général, la meilleure façon d'obtenir un bon compost est d'utiliser un fumier de litière accumulée dont la quantité de paille à apporter est de 7kg/U/jour en moyenne pour un bon équilibre entre carbone et azote (**Vilain, 1997**). Il contient presque tous les macros et micro-éléments qui sont nécessaires pour la nutrition de la plante. Soit en moyenne, il comprend 0,5-1% N ; 0,15-0,20% ; 0,5-0,6% O et des micronutriments à de faibles quantités tels que du fer, du manganèse, du molybdate, de l'aluminium (**FAO, 2006**).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Objectif

L'objectif de notre travail est d'estimer la capacité des engrais organiques de couvrir les exigences nutritionnelles de la culture de lentille (var. Syrie 229) sous serre. Les changements opérés sur les paramètres de croissances et les paramètres de production de lentille seront évalués après l'apport de différent type de bio fertilisants (Fumier, Vermicompost et le thé de vermicompost).

1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

Les essais de la présente étude ont été réalisés au niveau du laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales et du laboratoire de Phytopharmacie de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1 durant la période 30/01/2017 – 20/04/2017.

L'expérimentation est réalisée dans une serre de 382,5 m² de surface en polycarbonate (Fig.1) 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, un système de chauffage thermostatique permet de réguler la température durant les journées les plus froides, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre sur une longueur de 17 mètres.

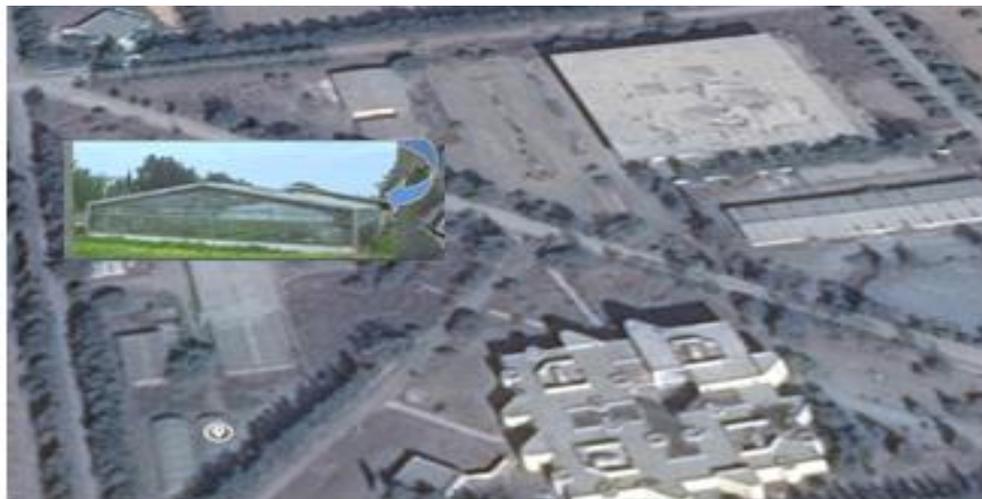


Figure 5: Présentation du site expérimental (Google earth, 2017).

2. Matériel d'étude

2.1. Obtention des plantules de la lentille

L'expérimentation a été menée sur des plantules d'une variété Syrie 229 de lentille *Lens culinaris* Medik. Les graines de la lentille sont imbibées dans l'eau pendant 24h. Le semis a été effectué dans des alvéoles en plastique le 31/01/2017 remplies de tourbe à raison de 1 graine par alvéole. Au stade 2 feuilles, les plantes de lentille ont été repiquées dans les sachets plastiques de 20,5 cm de hauteur et 13 cm de diamètre, ils sont de couleurs noir 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 sachets sont remplis de sol.

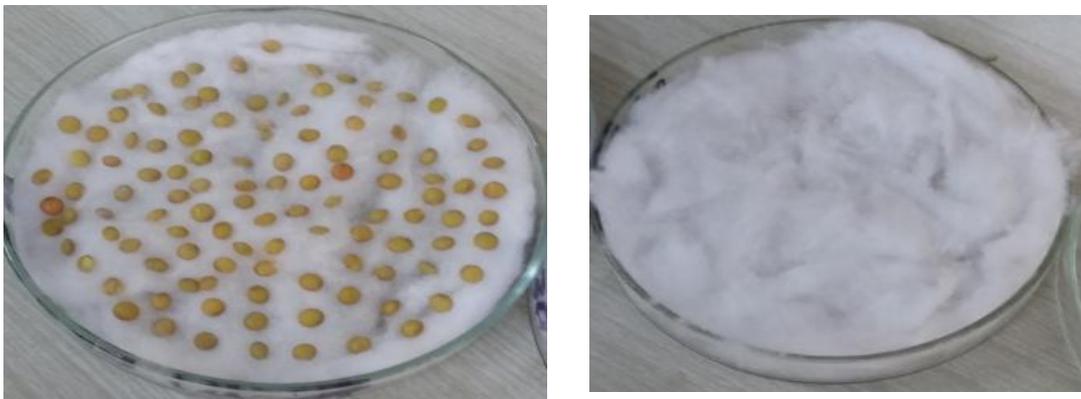


Figure 6: Pré germination de lentille (Originale, 2017)

Les grains prégermés sont semés dans des alvéoles contenant la tourbe noire et arrosés en abondance. Les arrosages ont été effectués selon les besoins des plantes pendant 10 jours dans des conditions adéquates pour le développement de la lentille afin que les plantes soient prêtes pour la transplantation (Apparition des feuilles cotylédonaires)

2.2. Préparation des Biofertilisants (traitements)

La réalisation de l'essai a mis en œuvre trois traitements à savoir:

2.2.1. Vermicompost

L'élevage des vers de terre anécique «*Eisenia fetida*» sur des déchets ménagers organiques produit deux types d'engrais, le vermicompost et le thé. Pour obtenir un vermicompost, il faut utiliser un système de casier qu'on superpose l'un sur l'autre et en mettant dedans les lombrics et les déchets ménagers et de la terre afin qu'il puisse dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu'on appelle le thé du lombric (thé de vermicompost). Le thé de vermicompost récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les

déchets de cuisine (environ 80 % de leur masse) chargée des nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l'écoulement dans le vermicompost (Fig.3). Lorsque le vermicompost est prêt, on enlève les vers de terre et on met le vermicompost sur un journal pour les sécher puis on les utilise. Le vermicompost est apporté à 0.95g/ plants



Figure 7: Dispositif de production du thé de vermicompost (a) et du vermicompost (b)

2.2.2. Thé de vermicompost

Le bioproduit est préparé sur la base du thé de vermicompost est issu d'un élevage de ver de terre anécique sur des déchets ménagés. Le thé de vermicompost brute est utilisé comme matière active. Nous avons apporté la forte dilution D10. Cette dernière est obtenue par le mélange du thé de vermicompost à l'eau courante selon le rapport (V/10V) (Fig. 8) (Djazouli, 2017).



Figure 8: Dispositif d'obtention du jus de lombricompost brut (a, b : le thé de vermicompost)

2.2.3. Fumier

Est un mélange de déjections solides et liquides et de litières (pailles, sciure, fougères, etc.) en proportion variables. On a utilisée le fumier de bovins séché et tamisé pour appliquer une quantité de 0,95g de fumier/plant

3. Méthode d'étude

3.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet. Le dispositif expérimentale est composé de 4 blocs, les blocs sont distantes de 10 cm les uns des autres, chaque blocs contient 22 plants (88 plants =unité expérimentale). Les plantules sont irriguées régulièrement selon leur besoin par l'eau du robinet (Fig.5).



Figure 9: Dispositif expérimental (Original, 2017)

Les blocs expérimentaux sont désignés selon la logique hypothétique de l'étude visant à mettre en évidence l'importance biofertilisants dans la production intégrée de la lentille (Fig. 9).

Bloc 1: Témoin (TM) n'ayant reçu aucun biofertilisants, mais il est irrigué par l'eau courante selon besoin ;

Bloc 2: Fumier (FM), reçoit 0,95g./plant de fumier solide déposé à l'aisselle des plants. L'apport est renouvelé chaque 10 jour. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin ;

Bloc 3: Vermicompost (VDE), reçoit 0,95g./plant de vermicompost solide déposé à l'aisselle des plants. L'apport est renouvelé chaque 10 jour. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin ;

Bloc 4: Thé de vermicompost (VTH), chaque plant reçoit une pulvérisation foliaire de Thé de vermicompost jusqu'à égouttage des feuilles. L'apport est renouvelé chaque 10 jour. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin.

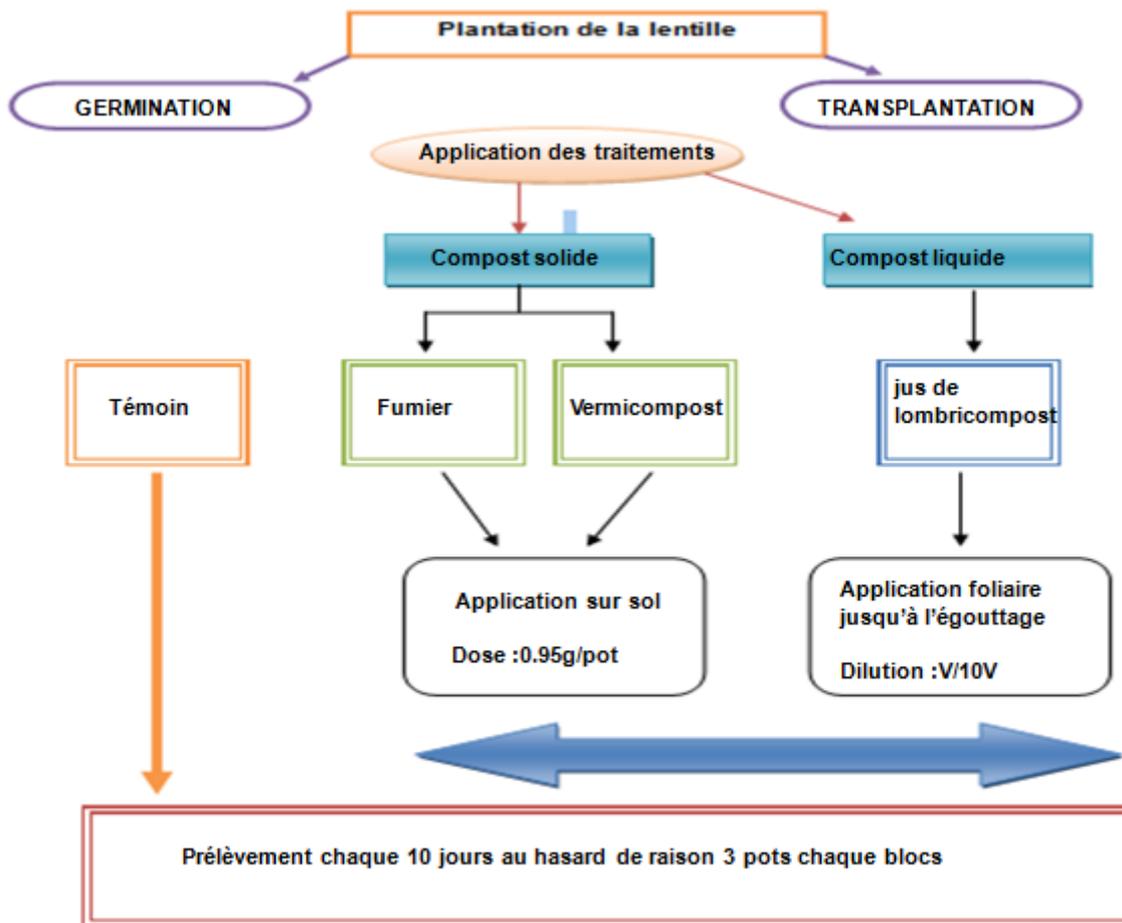


Figure 10: Schéma de la logique hypothétique de l'étude

3.2. Evaluation de l'effet des traitements sur la lentille

3.2.1. Estimation de quelques paramètres de croissance

3.2.1.1. 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 le prélèvement de trois échantillons aléatoires de chaque bloc, lavé soigneusement les plantes avant de les essorer rapidement avec du papier filtre. La longueur de la tige et de la racine principale est mesurée en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée (Fig. 11).



Figure 11: Mesure de la croissance en longueur de la partie aérienne et souterraine des plantules de la lentille (Original, 2017)

3.2.1.2. Mesure du 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.

3.2.1.3. Mesure du poids et nombre de nodosité

Le nombre de nodosité formée sur les racines est dénombré pour chaque plant. Aussi, la biomasse fraîche de nodosité a été évaluée par pesée de l'ensemble des nodosités par plants. Elle est exprimée en (mg).

3.2.2. Estimation de quelques paramètres physiologiques

3.2.2.1. Extraction et quantification de la chlorophylle (A, B) et caroténoïde

D'après le protocole proposé par **Lichtenthaler (1987)** pour mesurer la chlorophylle et les caroténoïdes. 0,1 g de matière végétale fraîche est broyée dans l'acétone 4 ml (80%) et l'extrait obtenu est centrifugé à 3000 tours pendant 10min. L'absorbance de la totalité des surnageant obtenus est mesuré à 647, 664, et 470 nm par un spectrophotomètre UV. La concentration en chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïde est donnée par la formule suivante:

$$\text{Chl}_a = 12.21(A_{664}) - 2.79(A_{647})$$

$$\text{Chl}_b = 21.21(A_{647}) - 5.1(A_{664})$$

$$\text{Caroténoïde} = (1000A_{470} - 1.8\text{Chl}_a - 85.02 \text{Chl}_b) / 98$$

$$\text{Chl}_T = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b$$

3.2.2.2. Extraction et quantification des acides aminées

Les échantillons ont été conservés en deçà de -15°C avant analyse. L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par **Naidu [1983]**. 50mg d'échantillon ont été placés dans des tubes de centrifugation contenant 5ml d'un mélange (méthanol : chloroforme : eau) (60 : 25 : 15 ml). Les tubes scellés ont été chauffés au bain marie (60°C) durant 2 h et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant a servi ensuite aux dosages des acides aminés solubles.

Un (1) millilitre de solution tampon acide acétique /acétate de sodium (pH= 4,3) et 1ml de Ninhydrine (5% dans l'éthanol) ont été additionnés à 1ml de surnageant. Les échantillons ont été agités puis chauffés au bain marie (95°C) pendant 15mn. L'absorbance des essais a été déterminée à 570nm.

Une courbe étalon a été réalisée à partir d'une solution mère de leucine à 5 Mm préparée dans l'eau distillée pour des valeurs comprises entre 0 et 200 nmoles de leucine. Les résultats ont été exprimés en µmoles d'équivalents leucine/g M.F. (Appendice B)

4. Analyses statistique des données

Les résultats présentés sous forme de courbes, ont été réalisés par l'application Excel. Les données sont représentées par les valeurs moyennes (\pm ET). L'analyse statistique a concerne l'impact des différents biofertilisants organiques sur les paramètres de croissance et de la qualité phytochimique de la lentille. 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.

Chapitre III: Résultats

Le présent travail a porté sur l'évaluation de l'application foliaire de compost liquide (thé de vermicompost), et l'application par épandage de 2 formes de compost solide (vermicompost et fumier) sur les traits de croissance, les paramètres physiologiques et de production du lentille var Syrie 229 en conditions semi-contrôlées sous serre. Ces mesures permettent d'identifier la capacité d'une bonne nutrition des plantes.

1. Variation des paramètres de croissance de lentille sous l'effet de différentes régies de nutrition organique

La fluctuation temporelle des traits de croissance de lentille a été étudiée sous l'effet de deux types de compost (solide et liquide). Nous avons considéré la croissance et la biomasse des parties aériennes et souterraines comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude de la nutrition organique à promouvoir la culture de la lentille.

1.1. Variation de la croissance en longueur et de la biomasse de la partie aérienne des plants sous l'effet des différentes régies

Nous proposons d'étudier la variation temporelle de la longueur et du poids de la partie aérienne des plants de lentille, dans un système présentant une hétérogénéité des traitements afin de visualiser l'effet réel des deux types de compost.

La figure (12) présente la croissance en longueur des plants de lentille. L'évolution est estimée selon la nature du traitement appliqué. La fluctuation par décade de la longueur de la partie aérienne des plants de la lentille sous l'effet du rythme d'apport des différents types de compost est consignée dans la figure 12 (a). Les profils de croissance en longueur des plants traités par rapport au témoin, signalent que le fumier, le vermicompost, et du thé de vermicompost affichent une même fluctuation temporelle. A partir de T3, les traités se détachent du profil du témoin. En ce qui concerne des plants traités par application foliaire de VTH (thé de vermicompost) dès le 3^{ème} apport, nous constatons une gradation croissante des mesures en longueur.

Le graphe de boîtes à moustaches (Fig. 12b) permet de mieux apercevoir les mesures en longueur occasionnées par les différents biofertilisants. Cette présentation graphique des données expérimentales a permis de montrer que sur la base de la médiane (Q2) les plants de lentille traités au Fumier (FM, Q2=45), au Thé vermicompost (VTH, Q2=44,58) et au Vermicompost (VDE, Q2=39,83) expriment des longueurs plus importantes que les plants témoin (TM, Q2=37,25).

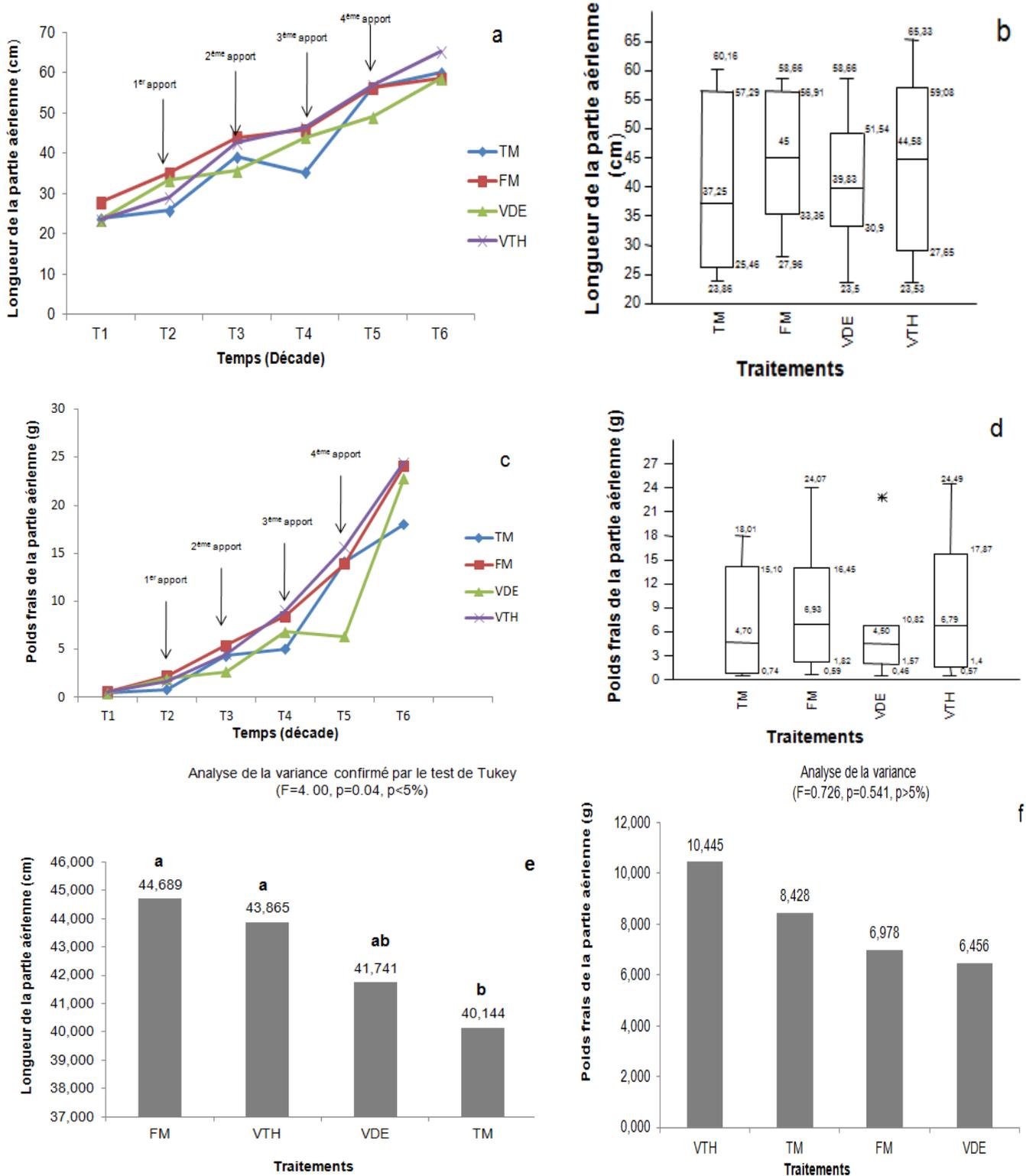


Figure 12: Effet des différentes régies de nutrition organique sur la croissance de la partie aérienne des plants de lentille

(TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

Cependant, la fluctuation du poids frais de la partie aérienne des plants de la lentille sous l'effet des différents types de compost est consignée dans la figure (12c). La fluctuation pondérale de la partie sous l'effet du fumier et du thé de vermicompost signale une même gradation positive du poids frais par comparaison au témoin D2S le deuxième apport des traitements (Fig., 12c). Les plants traités au vermicompost leur suprématie pondérale ne se détache de celle du témoin qu'à partir du quatrième apport du traitement. (Fig., 12c).

La présentation en BoxPlot a permis de constater que le fumier (FM) et le thé de vermicompost (VTH) s'ajustent pareillement à des valeurs forte de médiane (FM, $Q2=6,93$) ; (VTH, $Q2=6,79$) par rapport au témoin (TM) ($Q2=4,70$). Les plants sous l'influence du vermicompost ont enregistré la valeur médiane la plus faible ($Q2=4,50$) (Fig. 12d).

Les résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey montrent que les traitements aux biofertilisants ont un effet hautement significatif ($p=0,04$, $p<5\%$) sur la croissance en longueur des plants de lentille. Cependant il ressort que le fumier et le thé de vermicompost provoquent des effets qui se rapprochent (groupe a), mais qui se distinguent fortement de ceux du vermicompost (groupe ab) et du témoin (groupe b). (Fig. 12e). En revanche, l'effet des bio fertilisants n'affichent aucune différence significative sur le poids de la partie aérienne ($p=0,726$, $p<5\%$). (Fig.12f)

1.2. Variation de la croissance en longueur et de la biomasse de la partie souterraine des plants sous l'effet des différentes régies

Dans cette partie en illustrent les résultats de la variation de la longueur et le poids de la partie souterraine des plantules de lentille à travers l'application des différents biofertilisant (vermicompost, fumier et thé de vermicompost).

La Figure 13a, qui concerne l'évolution temporelle de la croissance en longueur de la partie souterraine chez la lentille sous l'effet de différentes régies de nutrition organique. Elle fait constater qu'au détriment du témoin, le fumier et le thé de vermicompost occasionnent des croissances racinaires précoces durant les trois premières décades. Alors que le vermicompost enregistre une croissance racinaire progressive très lente durant la même période.

La visualisation des croissances racinaires a travers les mesures expérimentales, nous fait ressortir que les valeurs des premiers quartiles ($Q1$) annoncent les meilleures croissances des parties souterraines en l'occurrence le fumier (FM, $Q1=15,31$) et le thé de vermicompost (VTH, $Q1= 11,90$) et enfin le vermicompost (VDE, $Q1= 11, 47$) par comparaison au témoin (TM, $Q1= 9,32$) (Fig.13 b).

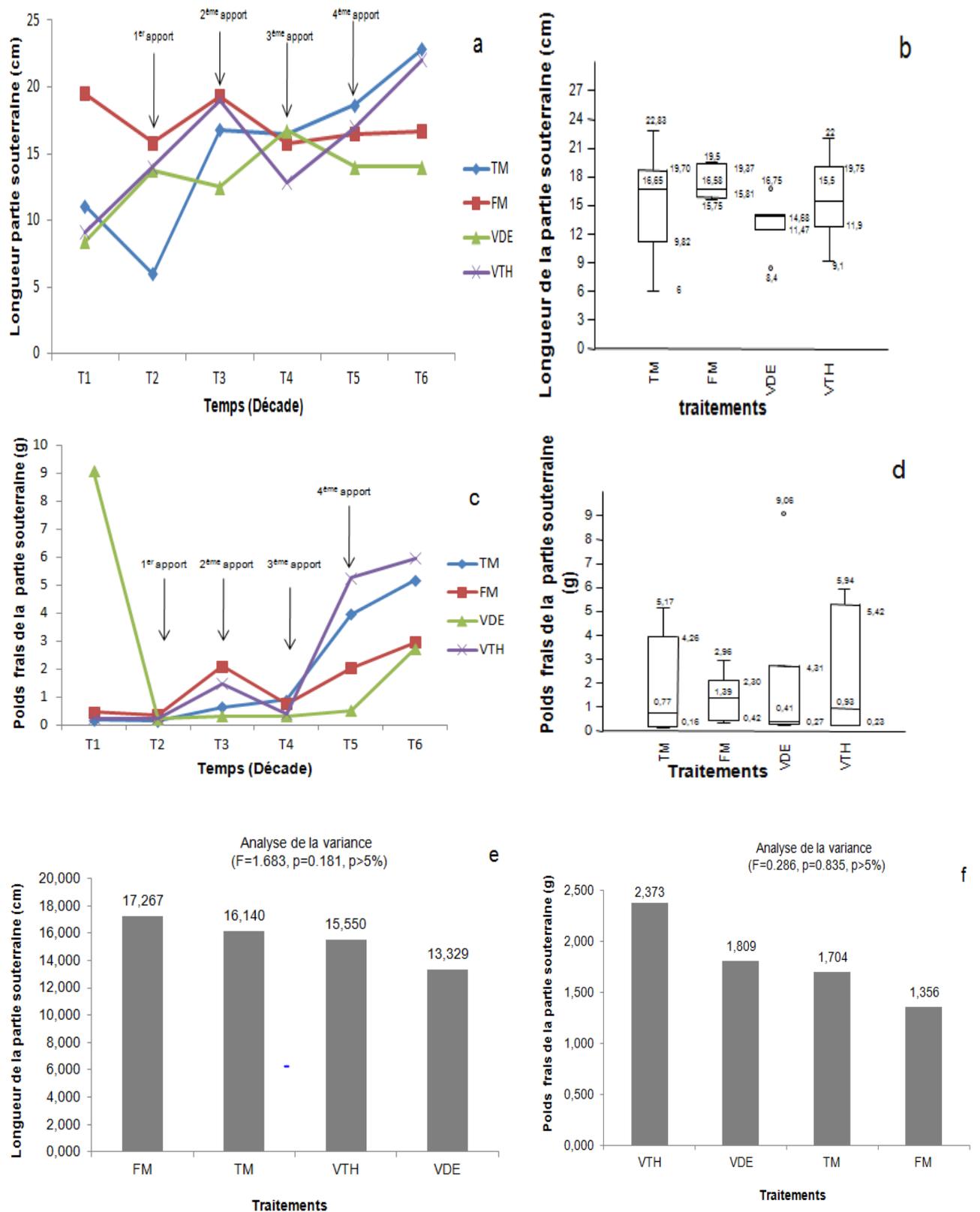


Figure 13: Effet des différentes régies de nutrition organique sur la croissance de la partie souterraine des plants de lentille

(TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

A propos de l'évolution temporelle du poids frais de la partie souterraine des plants de lentille sous l'effet de différentes régies, la Figure 13c, montre que les gains pondéraux ne s'affichent que vers la cinquième décennie pour donner un avantage aux plants traités par le thé de vermicompost.

Les BoxPlot signalent que thé de vermicompost est de loin le plus performant sur la base des poids racinaires enregistrés (Fig. 13 d).

Les résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey montrent que les traitements aux biofertilisants n'enregistrent aucun effet hautement significatif sur la croissance en longueur de la partie racinaire de la lentille ($p > 5\%$) ni sur le poids de la biomasse racinaire ($p > 5\%$).

1.3. Variation du nombre des nodosités des racines sous l'effet des différentes régies

Dans cette partie sont illustrés les résultats de la variation du nombre et du poids des nodosités signalées sur les racines des plantules de lentille à travers l'application des différents bio fertilisants (vermicompost, fumier et thé de vermicompost).

La Figure 14a, traitant de l'évolution temporelle de la formation des nodosités chez la lentille sous l'effet de différentes régies de nutrition organique. Elle affiche que l'ensemble des biofertilisants engagent une formation précoce des nodosités par comparaison au témoin durant les trois premières décades.

Les BoxPlot, signale par écartement du témoin, que le fumier est plus performant dans l'induction des nodosités (Fig.14b).

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 du nombre de nodosités des plants de lentille sous l'effet des différents bio fertilisants. Les résultats sont consignés dans la figure.14c. Cette dernière affiche la présence d'une différence significative dans l'induction et la formation des nodosités selon la variation des traitements apportés ($p = 0,047$, $p < 5$). Le témoin affiche le nombre le plus important de nodosité (groupe homogène a), le fumier et le thé de vermicompost seconde le témoin dans le nombre e nodosité formé (groupe homogène ab) enfin le vermicompost vient en dernière position concernant le nombre de nodosité formé (groupe homogène b). (Fig. 14c).

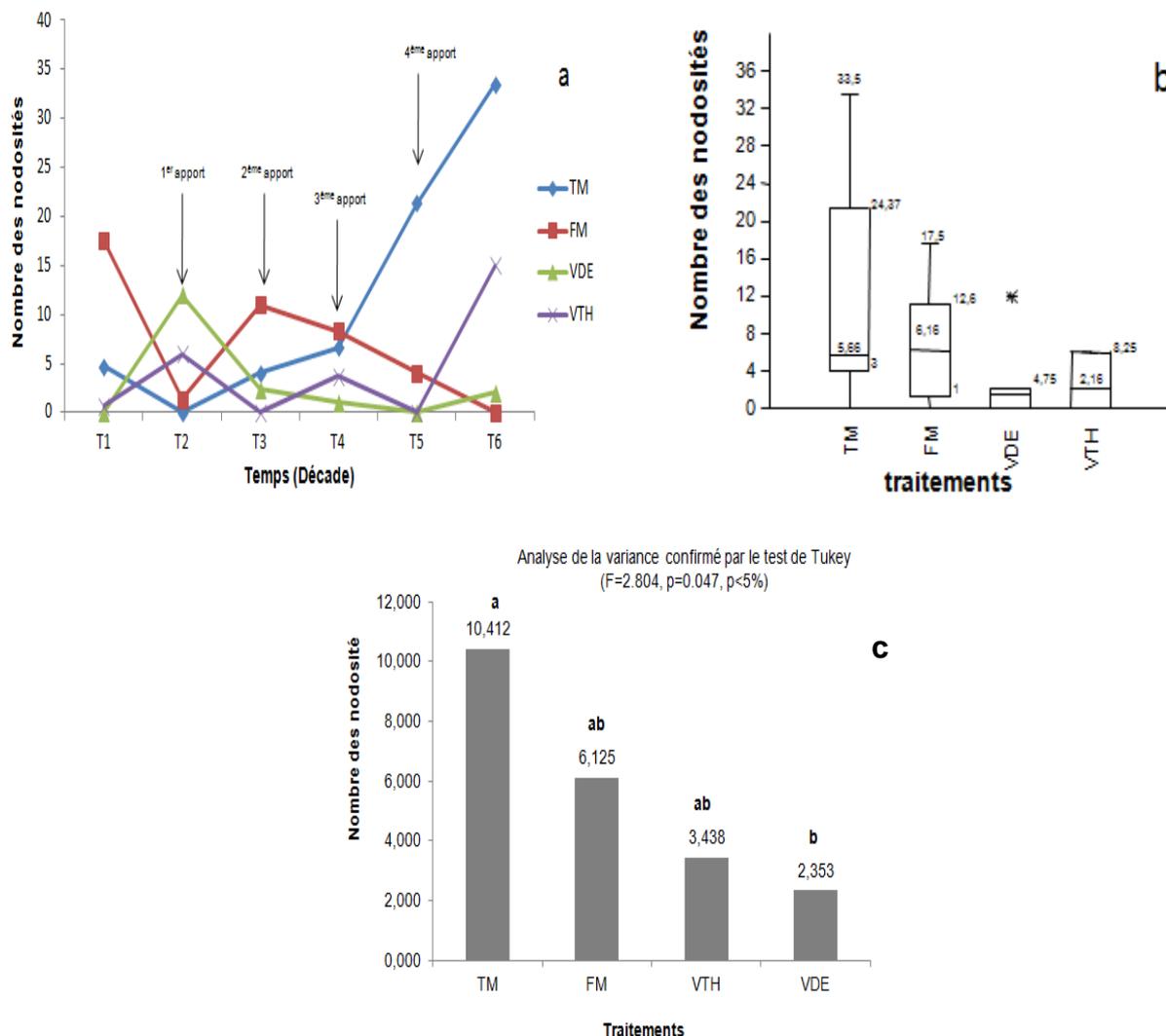


Figure 14: Effet des différentes régies de nutrition organique sur les nodosités des plants de lentille

(TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

2. Variation des paramètres physiologiques de lentille sous l'effet de différentes régies de nutrition organique

La fluctuation temporelle des traits biochimiques de lentille a été étudiée sous l'effet de différentes régies de nutrition organiques. Nous avons considéré l'accumulation de la chlorophylle et l'acide aminée comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du bio fertilisant.

2.1. Variation de 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 lentille à travers l'application des différents biofertilisants.

La chlorophylle (a) affiche son accumulation précoce sous l'effet du thé de vermicompost et du fumier et d'un degré moins sous l'effet du vermicompost dès l'application du premier apport de biofertilisant coïncidant ainsi avec la quatrième décennie et au delà (Fig. 15a). En revanche, la chlorophylle (b) et la chlorophylle totale affichent leurs accumulations tardivement sous l'effet du thé de vermicompost et du vermicompost et d'un degré moins sous l'effet du fumier dès l'application du troisième et du quatrième apport de biofertilisant coïncidant ainsi avec la troisième décennie (Fig. 15b et c). Cependant, la fluctuation des Caroténoïdes est relativement influencée par l'apport du vermicompost dès le deuxième apport coïncidant avec la troisième décennie (Fig. 15d).

Les résultats exprimés en boîte à moustache signalent que les grandes valeurs du quartile 3 sont signalées chez le thé de vermicompost et le fumier tandis que la faible valeur est signalée chez le vermicompost. Pour les valeurs du quartile 1, elles montrent clairement l'ajustement des fortes accumulations de chlorophylle a au témoin (Quartile, $Q_1=5,67$), par ailleurs le biofertilisant à base de vermicompost indique le faible taux de chlorophylle a ($Q_1=2,23$) (Fig. 15e).

Le BoxPlot représentant la chlorophylle b annonce que le biofertilisant à base de thé de vermicompost entraîne de fortes fortes ($Q_3=18.25$) et que le vermicompost enregistre les faibles valeurs du Quartile 3 ($Q_3=11.24$) (Fig. 15f).

Les résultats de la chlorophylle totale exprimés en boîte à moustache signalent que les grandes valeurs du quartile 3 sont signalées graduellement chez le thé de vermicompost, le témoin et le fumier, tandis que la faible valeur est signalée chez le vermicompost (Fig.15g). En fin le vermicompost incite l'accumulation des caroténoïdes en rapport avec la valeur forte du quartile 3 (Fig.15h).

La figure 16 présente les résultats de l'analyse de la variance confirmée par le test de Tukey. La lecture des probabilités associées signalent la présence de différence significative pour le facteur chlorophylle (a) ($p<5\%$), chlorophylle (b) ($p<6\%$), et la chlorophylle totale ($p<6\%$). Tandis que les mêmes tests signalent l'absence d'une différence significative pour le facteur caroténoïdes ($p>5\%$). Par distinction des groupes homogènes, nous constatons que le thé de vermicompost domine clairement le fumier, alors que le vermicompost occupe le dernier groupe homogène.

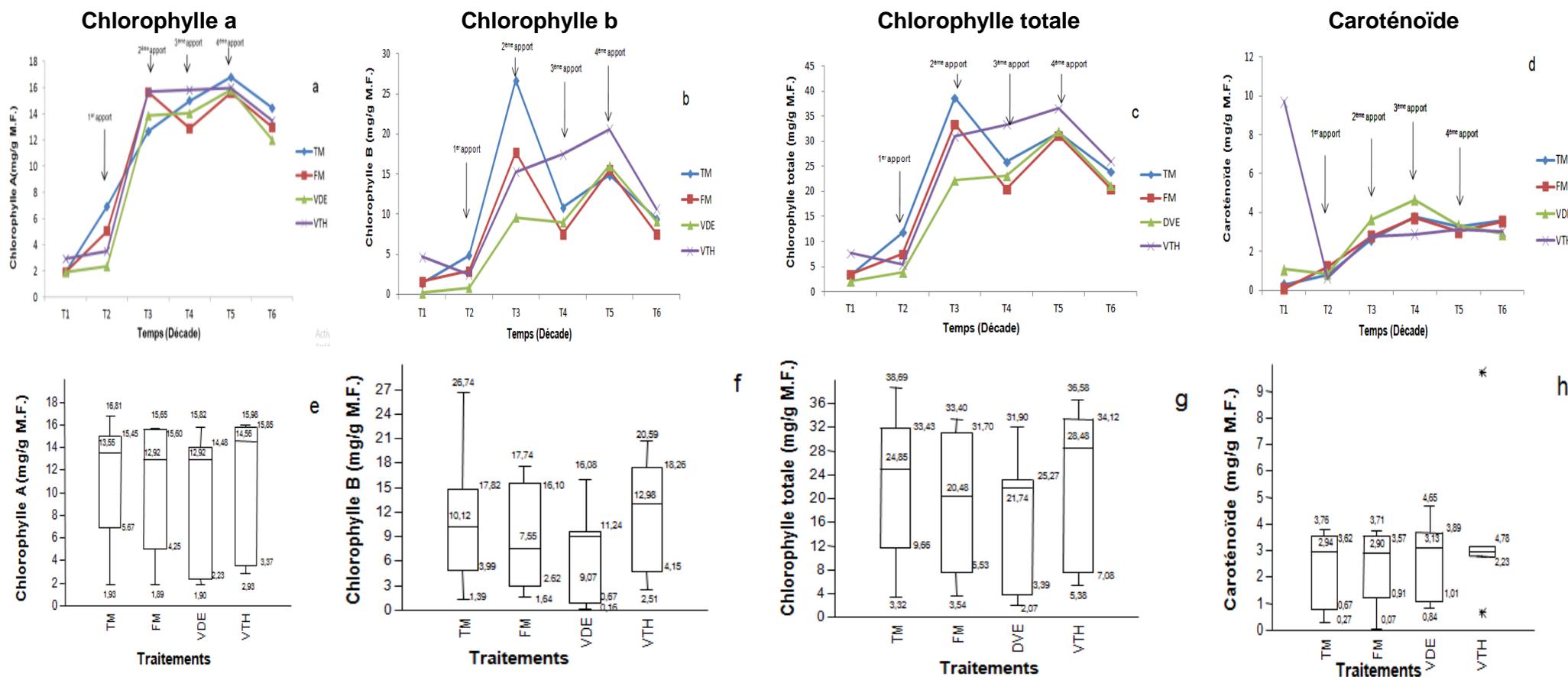


Figure 15: Effet des différentes régies de nutrition organique sur l'activité photosynthétique des plants de lentille

(TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

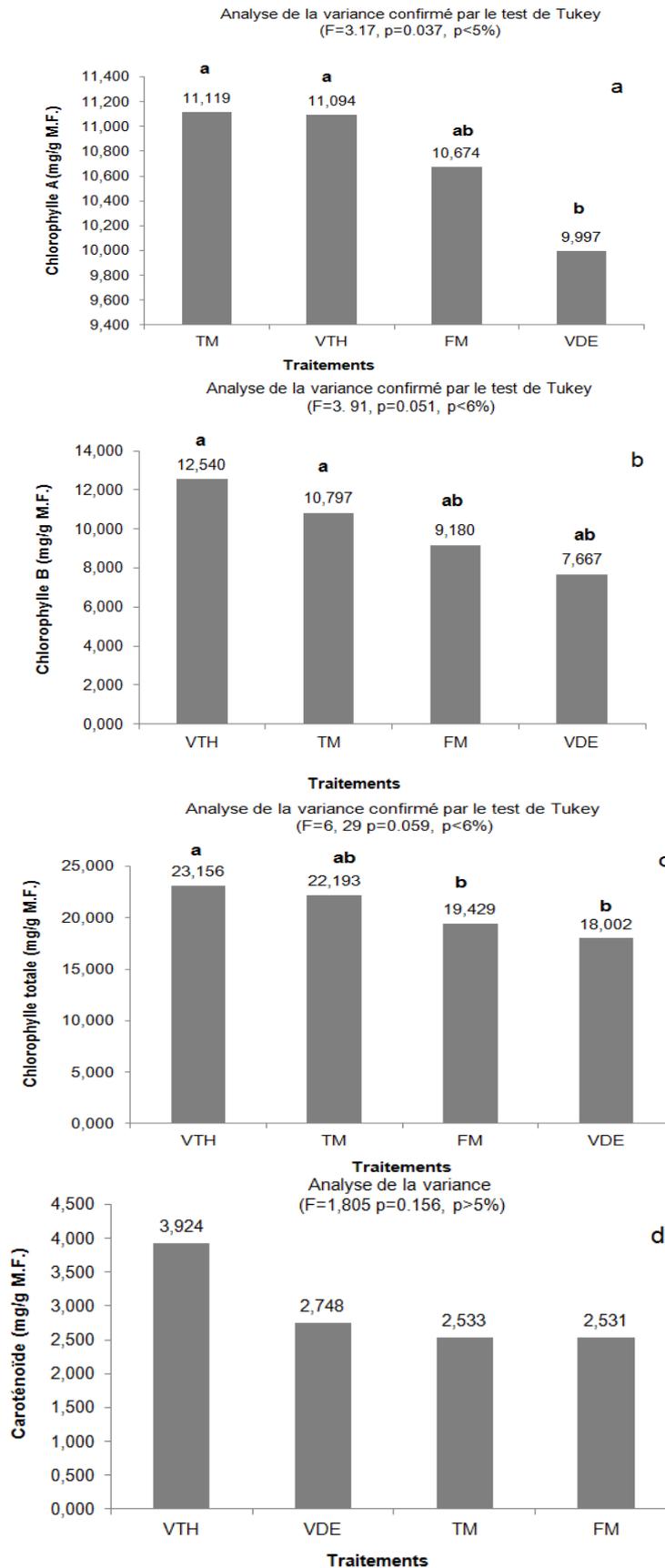


Figure 16: Effet des différentes régies de nutrition sur l'activité photosynthétique des plants de lentille

(TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

2.2. Variation des acides aminés

La figure (17a) présente la fluctuation d'accumulation des acides aminés chez les plants de lentille en fonction de différentes régies appliquées. Les résultats font remarquer une augmentation tardive d'expression des acides aminés sous l'effet du vermicompost, du thé de vermicompost et du fumier dès le deuxième apport des biofertilisants.

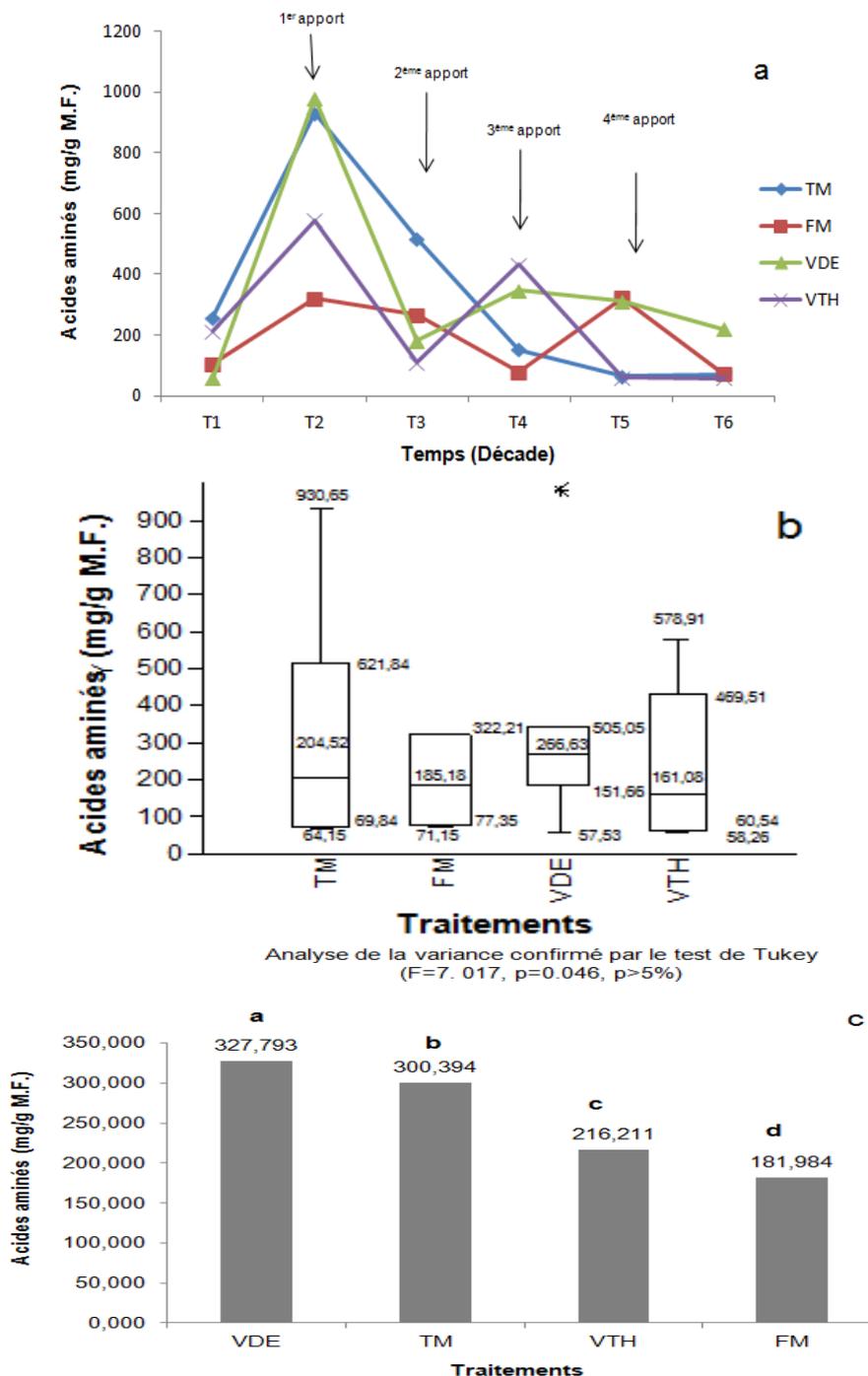


Figure 17: Effet comparé des différentes régies sur l'accumulation des acides aminés

(TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

Le graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) a démontré que le biofertilisant de vermicompost enregistre une forte valeur du quartile 1 (Quartile 1, $Q_1=151.66$), par contre la faible valeur du quartile 1 ($Q_1=60.54$) est signalée chez le VTH. En revanche, le témoin induit une accumulation en acides aminées plus importante ($Q_3=621.84$) et le fumier a un faible quartile 3 (Quartile 3, $Q_3=322.21$) (Fig.17b).

Les résultats présentées sur la figure (17c) montrent que les traitements des biofertilisants ont un effet hautement significatif ($p=0.046$, $p<5\%$) sur la variation des acides aminés. Cependant, il ressort que le vermicompost provoque de fortes accumulations (groupe a), qui se distinguent fortement du thé de vermicompost (groupe c), et du fumier (groupe c).

3. Variation des paramètres de production de lentille sous l'effet de différentes régies de nutrition organique

3.1. Production florale

La figure (18a) présente la production des fleurs chez la lentille sous l'effet des biofertilisants. Le graphe dressé permet de dire que le thé de vermicompost et le vermicompost ont enregistré une hausse dans la production florale par rapport à la production florale enregistrée chez le témoin. On en constate une précocité de production des fleurs dès le 2^{ème} apport du bio fertilisant à base du thé de vermicompost, alors que le bio fertilisant à base de vermicompost a signalé une meilleure production florale par rapport aux autres traitements. La production florale est influencée par le bio fertilisant à base de fumier dès le 4^{ème} apport des traitements.

Le graphe (18b) de boîtes à moustaches (Box Plot) démontre que les différents traitements à base de vermicompost enregistrent par rapport au témoin une différence en termes de production (Quartile 3 et valeur maximales).

Les résultats présentées sur la figure (18c) montrent que les traitements des biofertilisants ont un effet hautement significatif ($p=0,0147$, $p<5\%$) sur la production florale. Cependant, il ressort que le thé de vermicompost provoque de fortes inductions florales (groupe a), qui se distinguent fortement du vermicompost (groupe b), et du fumier (groupe c).

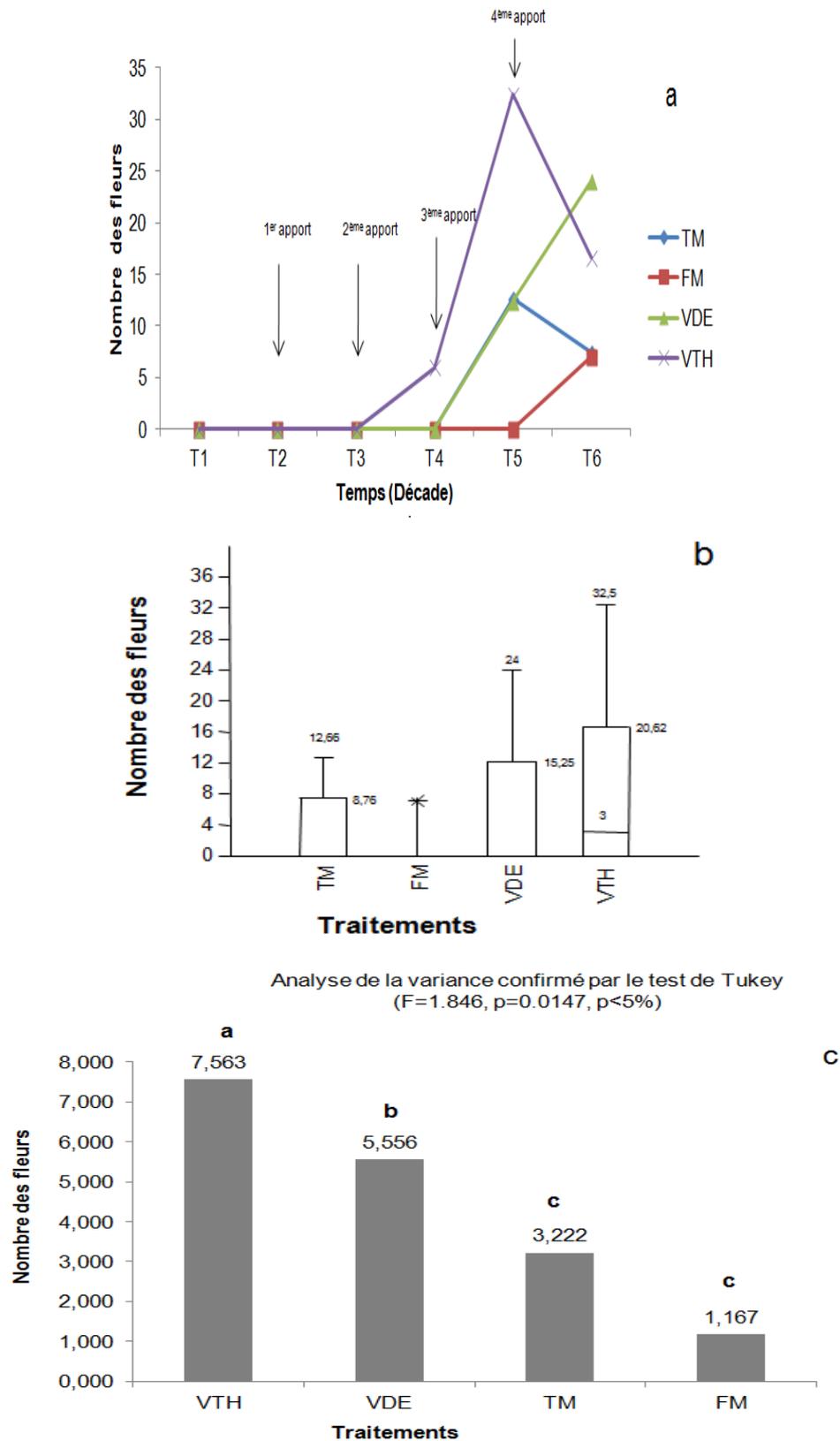


Figure 18: Effet des différentes régies de nutrition organique sur la production florale chez les plants de lentille
 (TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

3.2. Production des gousses

La figure (19) présente la variation temporelle de production des gousses chez la lentille sous l'effet de différents biofertilisants. Les graphes dressés permettent de dire que le thé de vermicompost et le vermicompost enregistrent une augmentation en nombre et en poids des gousses par rapport aux valeurs enregistrées chez le témoin et le fumier.

A partir de graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) (Fig. 19c,d), on enregistre que les différents traitements et le témoin enregistrent une égalité en termes de faible production (Quartile 1, $Q_1=0$), mais les valeurs du quartile 3 montrent clairement le rapprochement d'ajustement des bio fertilisants à base de fumier et vermicompost et le témoin. Le même graphique permet de confirmer que le bio fertilisant à base du thé de vermicompost induit une augmentation pondérale des gousses.

Les variations enregistrées dans les quartiles 3 (Q_3) font ressortir le facteur alimentation organique comme élément favorisant l'augmentation du nombre et poids des gousses chez la lentille. Ce résultats est confirmé par l'analyse de la variance calculée par le test de Tukey, qui stipule l'existence d'une différence significative ($p=0,0138$, $p>5\%$) entre les quantités enregistrées chez le témoin et les différents traitements de bio fertilisants dans le nombre des gousses (Fig.19e). Par contre en enregistre dans le poids des gousses l'absence d'une différenciation significative ($p=0.735$, $p>5\%$) entre les biofertilisants et le témoin (Fig.19f)

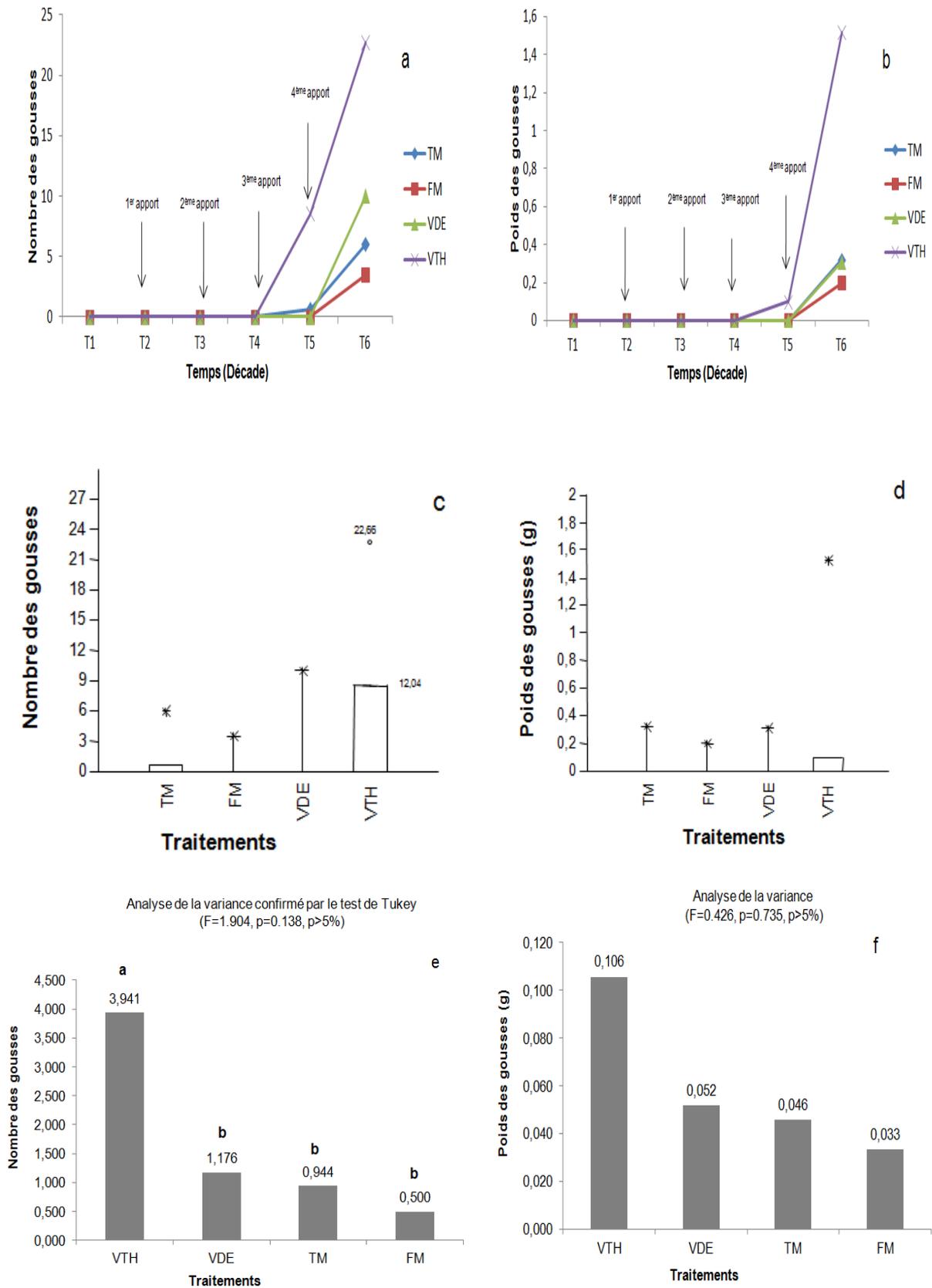


Figure19: Effet des différentes régies de nutrition organique sur la production des gousses chez les plants de lentille
 (TM=témoin, FM=fumier, VDE=vermicompost, VTH=thé de vermicompost)

Chapitre IV : Discussion

Le développement de la fertilisation a été un des éléments clés de la modernisation de l'agriculture par l'utilisation de différentes stratégies agricoles plus durables. Le niveau de fertilisation est encore nettement insuffisant dans la plupart des pays tiers monde. Donc la fertilisation est indispensable pour améliorer la quantité et la qualité des rendements. Dans cette optique la présente étude vise à mettre en évidence l'effet de différents types de biofertilisants notamment le fumier, le vermicompost et le thé de vermicompost sur les traits morphologiques de croissance et de production ainsi que sur les paramètres physiologiques de la lentille. Les résultats de l'effet de différents types de biofertilisants sur les traits du cycle végétatif du lentille var. Syrie 229 nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes.

1. Effets des biofertilisants sur la croissance de la lentille

Les résultats concernant la croissance en longueur de la partie aérienne et souterraine des plants de lentille affichent une gradation temporelle positive sous l'effet du fumier et du vermicompost mais elle est plus marquée sous l'effet du thé de vermicompost. Cependant, les gains en poids frais de la partie aérienne montrent une même gradation positive du poids frais sous l'effet du fumier et du thé de vermicompost. En revanche, le vermicompost enregistre une suprématie pondérale. Les résultats concernant la croissance en longueur de la partie souterraine affichent nettement une croissance précoce des racines sous l'effet du fumier et du thé de vermicompost. Alors que le vermicompost enregistre une croissance racinaire progressive très lente. Les résultats concernant le poids frais de la partie souterraine, font ressortir que le thé de vermicompost est le plus efficace sur des plants de lentille. Ce constat conduit à l'hypothèse suivante : Ces biofertilisants stimulent la multiplication du parenchyme qui permet d'augmentation de façon importante la croissance des plantes. Aussi, la croissance en longueur des végétaux en générale est assurée par les méristèmes apicaux situés au niveau des apex et méristèmes intercalaires situés au niveau des ramifications. Ces zones (méristèmes) constituent le lieu de prolifération des cellules. Ces résultats sont similaires à ceux de **Wallon (1922)** qui a montré que la croissance et le rendement des plantes sous l'influence des fertilisants organiques indique un apport convenable d'azote qui influence notablement la croissance en longueur de ces plantes.

Les propos avancés rejoignent les conclusions de **Danso et Eskew (1984)** que 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. Il est essentiel pour la constitution des cellules et la photosynthèse (chlorophylle). Donc c'est le principal facteur de croissance des plantes et un facteur de qualité qui influe sur le taux de protéines des végétaux (**Anon, 2005**). L'augmentation des paramètres de croissance pourrait aussi être

expliquée simplement par suite de l'efficacité de la photosynthèse. De même, il stimule la croissance de la surface foliaire, des parties aériennes, et poids frais et l'augmentation de la productivité (**Atiyeh et al., 2000 ; Amooaghaie et Golmohammadi, 2017**). Selon les travaux de **Muraleedharan (2010)**, les biofertilisants produisent des hormones et des antimétabolites qui favorisent la croissance des racines et fixent l'azote atmosphérique dans les nodosités des racines des cultures légumineuses. 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 (**Amooaghaie et Golmohammadi, 2017**). Selon **Nagavallema et al (2004)**, le thé de vermicompost contient des macroéléments et micronutriments qui présentent des effets similaires sur la croissance et le rendement des plantes

2. Effets des biofertilisants sur les paramètres physiologiques de la lentille

Les résultats affichent que le thé de vermicompost à un effet remarquable dans la synthèse chlorophyllienne par comparaison à l'effet du vermicompost et de fumier. Concernant l'effet des traitements sur la synthèse des caroténoïdes, les taux les plus importants sont enregistrés sous vermicompost. Ce constat nous permet d'avancer l'hypothèse suivant : le compost riche en éléments minéraux et organique permet une bonne activité photosynthétique. L'hypothèse avancée, rejoint l'étude d'**Atiyeh et al. (2000)**, touchant à la synthèse de chlorophylle et de caroténoïdes chez les plantes traités par le vermicompost. Ils confirment que l'apport du vermicompost contribue probablement à l'augmentation de la chlorophylle des feuilles et de caroténoïdes qui abouti à l'augmentation de l'efficacité photosynthétique. Aussi, il y a beaucoup de travaux favorisent l'impact positif des biofertilisants sur la physiologie des plantes (**Hassani et al., 2002 in Abdessamed, 2014**). **Glew (1994)**, signale que les accumulations d'azote permettent de favoriser la feuillaison et l'intensification de la coloration du feuillage.

Les résultats signalent que les plants traités au vermicompost, au thé de vermicompost et au fumier exposent un effet similaire sur la synthèse des acides aminés. On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accordée avec les travaux de plusieurs chercheurs dont ils signalent que l'effet stimulateur du compost sur la production des métabolites secondaires peuvent être liés à l'amélioration de la nutrition minérale ou l'amélioration de l'activité photosynthétique (**Amooaghaie et Golmohammadi, 2017**). Le thé du vermicompost contient des substances qui peuvent promouvoir la croissance des plantes, le rendement et la qualité nutritive (acides humique, acide fulvique et autre acide organique; des auxines; et des cytokinines) (**Khan et al., 2014**). Par ailleurs, le vermicompost enrichit l'horizon assimilable du sol. Il augmente ainsi le taux en réserve humifère du sol. Par rapport au sol environnant, le vermicompost est 5 fois plus riche en azote disponible pour les plantes, 7 fois plus riche en phosphate soluble, 11 fois plus riche en potasse et 2 fois plus riche en magnésium (**Anonyme, 2017**).

3. Effets des biofertilisants sur les paramètres de production de la lentille

Les résultats obtenus sous l'effet du thé de vermicompost et vermicompost enregistrent une hausse dans la production florale. Concernant le nombre et le poids de gousses, les résultats affichent nettement une gradation temporelle positive sous l'effet du vermicompost et du thé de vermicompost. Par référence aux fluctuations des paramètres de production de la lentille sous l'effet de différents types de compost, nous estimons que la composition de différents types de compost agit sur l'induction florale et la formation du fruit. Sous l'hypothèse que le vermicompost et le thé de vermicompost de part sa composition en phosphore et en azote conduit à la précocité de la floraison. Dans ce contexte les résultats obtenus par **Kouakou (2002)** notent que la fertilisation organique entraîne une floraison rapide. Cette hypothèse est très documentée notamment les travaux de **Yuan et al. (2005)** qui démontrent que les matières organiques améliorent significativement les rendements, la stimulation, la production florale, et la qualité des cultures, même appliquées à faibles doses, en fertilisation foliaire.

Le biofertilisant à base de vermicompost et thé de vermicompost donnent une production élevée de gousses à cause de leur teneur élevé en éléments minéraux qui favorisent une bonne production de fruit. Les résultats obtenus peuvent être justifiées par les travaux de **Rishirumhirwa & Roose (1998)** qui ont démontrés que les doses croissantes de fumier organique appliqué permettent de fournir des aliments minéraux pour la plante comme l'azote et le phosphore qui induit des rendements de plus en plus élevés chez la lentille. Selon **Awono (2002)**, les engrais et les amendements organiques et même leur association permettent d'accroître les productions végétales. Aussi l'application des fumures organiques a contribué à augmenter les rendements de nombreuses plantes par la stimulation de produire beaucoup plus de fruits (**Bockman et al, 1990; Soltner, 2003**).

Conclusion générale et Perspectives

La présente étude est consacrée essentiellement à l'évaluation de l'effet de différents biofertilisants sur les paramètres morpho-physiologique sur la lentille *Lens culinaris* Medik. var. Syrie 229, dont nous avons aboutis aux conclusions suivantes :

Les résultats relatifs aux paramètres morphologiques montrent que la croissance aérienne des plants de lentille affiche nettement une gradation temporelle positive sous l'effet du fumier mais elle est plus marquée sous l'effet de thé de vermicompost. Concernant la croissance souterraine des plants de lentille, les résultats obtenus affichent nettement une gradation temporelle positive précoce sous l'effet du thé de vermicompost et du fumier, alors que le vermicompost enregistre une croissance racinaire progressive très lente durant la même période.

Par ailleurs, les résultats relatifs aux paramètres physiologiques exposent une importante accumulation en chlorophylle totale sous l'effet du thé de vermicompost contrairement au vermicompost. L'accumulation des acides aminés montre qu'une augmentation tardive d'expression des acides aminés sous l'effet du vermicompost, du thé de vermicompost et du fumier.

Aussi, les résultats liés aux paramètres de production révèlent l'évolution de nombre de fleur sous l'effet de thé de vermicompost et de vermicompost qui permet une hausse production florale. Le thé de vermicompost et le vermicompost enregistrent une augmentation en nombre et en poids des gousses, d'après se résultats en constate que le biofertilisant de thé vermicompost donne un meilleur effet sur les paramètres de production.

En perspective, et dans un travail ultérieur, il serait ainsi réalisable d'étudier les réactions biochimiques pouvant résulter de ces combinaisons et de mettre en évidence les mécanismes métaboliques d'adaptation qui permettent à la plante d'optimiser les fonctions métaboliques de bases. Il serait aussi intéressant de se concentrer sur l'utilisation des biofertilisants notamment par l'utilisation du compost afin conquérir de nouveaux territoires.

Références bibliographiques

- **Aancon N.Q., Edwards C.A., Dick R.,L., 2007.** Vermicompost tea production and plant growth impact bio cycle, 48, 51, 52.
- **Ait Abdallah.,2011.**Culture et cout de production des grandes cultures. P 84. ISBN : 978-9961-881-18-7.
- **Amiri A., Mulvaney KA., Pandit LK., Angelis DR., 2017-** Plant Disease. Vol 101.n°3.p508.
- **Amooghaie., 2017.** Ecotoxicologie and environmental safety. Vol 139,210-218p.
- **Anon., 2005.**principaux élément fertilisant. UNIFA Edition 2005. 6 p.
- **Anonyme., 2001-** Fertiliser avec les engrais de ferme. Ed. Oxalis : 104 p.
- **Anonyme., 2011,** Guide du compostage et du lombricompostage (<http://www.ademe.fr/particuliers/Fiches/pdf/compost.pdf>).
- **Anonyme.,2013.** Culture de lentille. Disponible sur le web : www.itgc.dz.
- **Anonyme., 2014.** Définition et explications-AquaPortail. [En ligne].Disponible sur https://aquaportail.com/definition_-5629-bioengrais.html.
- **Appelhof M., Webster K. and Buckerfield L., 1996.** Vermicomposting in Australia and New Zealand. Biocycle, p63-66.
- **Arancon N.Q., 2004 :** An Interview with Dr. Normane Arancon, Casting Call, Vol.9.N°2.
- **Atiyeh R.M, Subler S., Edwards C.A., Bachman G., Meyzger J.D.et Shuster W., 2002:** Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil, *Pedo biologia*, n°44,p.579-590.*Biocycle*.2001 – Vermicompost as Insect Repellent, p.19.
- **Awono JPM., Boukong A., Mainam F., Yombo G., Tchoutang G.N et Beyegue D. H., 2002.** Fertilisation des sols dans les monts Mandara à l'Extrême-Nord du Cameroun: du diagnostic aux recommandations. Colloque: Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun: 1-11.
- **Baumgartner D. et al., 2008.** Grain legumes, environment-friendly animal feed? *Grain Legumes*, 50,17-20.
- **Bejiga G, 2006.** Lens culinaris Medik. Fiche de Protabase. Brink, M. & Belay, G.(Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas.
- **Bockman OC, Kaarstad O, Lie OH et Richards I., 1990.** Agriculture et fertilisation. Oslo (Norvège): Norsk Hydro; 258 p.
- **CGDD. 2009.** Commissariat Général au Développement Durable. La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? n°15, 43 p. http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/E_D15.pdf

- **Chen, W., Sharma, H.C., Muehlbauer, F.J., 2011.** Compendium of Chickpea and Lentil Diseases and Pests. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- **Chouaki S ,2006.** Deuxième rapport national sur l'état des ressources Phytogénétiques. INRAA. p19-20.
- **Christian schvartz, Jean charles muller, Jacsues decroux, septembre 2005 ;** Guide de la fertilisation raisonnée
- **Cokkizigin, A, et al 2013.** Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation Agricultural. Published by Science and Education Centre of North America. volume 1. ISSN 2291-448X.
- **Costa J., (1990).** Agricultura Sostenible. El Campo. Boletin de Información Agraria, 117 5-9.
- **De Faria, S., Lewis, G., Sprent, J., Sutherland, J., 1989.** Occurrence of nodulation in the *Leguminosae*. New Phytologist 111 : 607-619.
- **De kimpe C., 1996-** Congrès « La recherche agronomique européenne dans le monde du XXI ème siècle». 168p.
- **Delisle S., 2011.** les secrets d'une entreprise biologique durable. Edition de printemps de Québec Vert.
- **Doyle, JJ., Luckow, MA. (2003).** The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131: 900–10.
- **Duc G., Jeuffrouroy M.H., Tivolil B. 2011.** Les légumineuses protéagineuses pour améliorer les bilans environnementaux en grandes cultures : principaux travaux de l'Inra qui ont accompagné la naissance de la filière et les perspectives. *Innovations Agronomiques*, 12, 157-180
- **Edwards C.A., 1995.** Historical overview of vermicomposting. Biocycle, p56-58
- **Edwards C.A. et Arancon N., 2004:** Vermicomposts Suppress Plant Pest and Disease Attacks, REDNOVA NEWS, <http://www.rednova.com/display/?id=55938>.
- **Edwards C.A., Arancon N.Q.,Greytak S., 2006.** Effects of vermicompost tea on plant growthand disease..bio cycle, 47, 28, 31.
- **Falisse A., Lambert J. (1994).** *Fertilisation minérale et organique*, in Hatier – Aupel, 544 pages.
- **FAO (Organisation Des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 2006.** Sources of plant nutrients and soil amendments. In Plant nutrients for food security: a guide for integrated nutrient management. Pp. 91-136.
- **FAO., 2009.** Comment nourrir le monde en 2050.
- **Fazio M., 2001-** La culture biologique du potager et du verger. Edition de vechi : 221p.
- **Goodwinn M,2005.** Profil de la culture de la lentille au Canada. Centre pour la lutte antiparasitaire Programme de réduction des risques liés aux pesticides

Agriculture et Agroalimentaire Canada 960, avenue Carling, immeuble 57
Ottawa (Ontario) K1A 0C6 CANADA.

- **Grennan, A.K., 2006.** High Impact Abiotic Stress in Rice. An “Omic” Approach; Plant Physiology, April 2006, Vol. 140, pp. 1139–1141
- Titre: **Céréales & Légumineuses**
- Nom de fichier: cereales-and-legumineuses.pdf
- ISBN: 2842212037
- Date de sortie: March 27, 2009
- Nombre de pages: 128 pages
- Auteur: Valérie Cupillard
- Éditeur: La Plage
- **Hargrovet T., 2008-** Woorld fertilizer prices soar as food and fuel economics nerge. (accessedon 12 january 2008):254p
- **Hauggaard-Nielsen H., Ambus P. et Jensen E.S. 2001.** Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea - barley intercropping. Field Crop Res. 70, 101-109.
- **ITGC.2011.**la lentille et le pois chiche pour une conduite mécanisée.P27. . Disponible sur le web :www.itgc.dz.
- **Keeling A.A.,Mccallum K.R.,Beckwith C.P., 2006.** Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum*) and oliseed rape (*Brassica napus* L) through the action of water extractable factors.Bioressource Tchnology, 90. 127-132.
- **Ladiges PY., 1975.** Some aspects of tissue water relation in three populations of *Eucaliptus viminalis* Labill.. New phytol., 75, 53-62.
- **Le buanec B. 2010.** Evolution de la diversité génétique des variétés commercialisées chez différentes espècesde grande culture. *Le Sélectionneur Français*, 61, 7-14
- **Lewis, G.P., 2005.** *Caesalpinieae*. In : Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B., and Lock,M.(Eds). Legumes of the world. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, UK. pp 127.
- **Misra R.V., Roy N.R et Hiraoka H., 2005-**Méthodes de compostage au niveau de l’exploitation agricole.document de travail sur les terres et les eaux. F.A.O.48p.
- **Muehlbauer , F. J., Slinkard , A. E. and Wilson , V. E. 1980.** Lentils. Pages 417-426 in Hybridization of crop plants. Amer. Soc. Agron., Madison WI.
- **Mustin M., 1987 :** Le compost, gestion de la matière organique, 954p.
- **Nagavallemma K.P., Wani S.P., Lacroix S., Padmaja V.V., Babu., Rao M. and Sahrawat K.L., 2004.** Vermicomposting : Recycling wastes into valuableorganic fertilizer. Global Theme on Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andha Pradesh, India : Internatinal Crops Research Intitute for theSemi-Arid Tropics. P. 20. FFamilies. 800 pp., VermEcology, Canberra.
- **Nagavallemma K.P., Wani S.P., Stephane L., Padmaja V.V., Vineela C., Babu R.M. and Sahrawat KL., 2004 -** Vermicomposting: Recycling wastes

- into valuable organic fertilizer. Global Themeon Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 p.
- **Ohyama T, 2006**-Introduction.. In: Biofertilizer Manual. Japan Atomic Industrial Forum (JAIF), Japan. p.1-2
 - **Pajot E., 2010** : Les Stimulation des Défenses Naturelles en Production Végétale : Mythe ou Réalité ?, XVI Rencontres Professionnelles. EP Valinov-VEGEPOLYS. Rittmo. Colmar.
 - **Peron J.Y., 2006**. Productions légumières. 2^{ème} édition. Lavoisier. 389 p
 - **Riah, N. (2014)**. Diversité et structure génétique des populations de *Rhizobium leguminosarum symbiovar viciae* isolées du pois (*Pisum sativum*) et de la lentille (*Lensculinaris*) cultivés dans deux zones éco-climatiques subhumide et semi-aride de l'est algérien. Thèse de doctorat de l'Université Constantine1. Algérie.
 - **Rishirumhirwa T et Roose E (1999)**. Productivité de biomasse et gestion durable des exploitations dans le cas des plateaux à forte population du Burundi. [En ligne]. Disponible sur [http:// horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins-texte/pleinstextes-7/bre/010017979.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins-texte/pleinstextes-7/bre/010017979.pdf).
 - **Schwartz C., Muller J-C. ET Decroux J., 2005**- Guide de la fertilisation raisonnée. France , Ed. agricole, pp 167-226.
 - **Schwartz et Langham, 2012** .grows stage of lentil. Disponible sur internet : <http://legume.ipmpipe.org>
 - **Silguy C., 1998**- L'agriculture biologique. Presses universitaires de France, Paris, 127 p.
 - **Singh R., Sarma R., Satyendra K., Gupta R. and Patil R., 2008**. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa (Duch)*). Biorecourse Technology 99, 8502-8511.
 - **Slama F. 1998**. Cultures industrielles et légumineuses à graines. (Ed. Centre de diffusion Universitaire Tunisie); p 300.
 - **Sloane N.J.A., 2003**. The on-line encyclopeda of integer sequences. Notices Am. Math. Soc. 50, p : 912-915.
 - **Street , K et al 2008**. Directives pour la régénération: lentille. In: Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 10 pp.
 - **Tilman U., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S.2002**. Agriculture sustainability and intensive production practices. Nature,418, 671-677.
 - **Trouillier A. 2012**. Grandes Cultures : Quels enjeux, Quels outils ? *Chambres d'agriculture*, 1016, 35-38

- **Vermorel, M. et Bernard, M., 1979.** Intérêt agronomique et nutritionnel du Triticale ; Bull. Techn. CRZV THEIX INRA 36: .31- 42.
- **Vessey J. K., 2003-**Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil, 255: 571-586.
- **Vilain M., 1997.** La production végétale. Vol 2. La maîtrise technique de la production. Ed; Lavoisier. Paris. 361p.
- **Visvanathan , 2005 :** Vermicomposting as an Eco-tool in Sustainable solid Waste management, Asian Institute of Technology, Anna University, India.
-
- **Wenger G. , 2004** .la vogue des légumineuses et autre légumes a cosse. Séminaire professionnelle de la fédération de producteur suisse de lait PSL pour les enseignants en économie familiale.
- **Werner M et Cuevas J.E., 1996.** Venniculture in Cba. *Biocycle*. p57-62.
- **Wilson, V. E. and Law , A. G. 1972.** Natural crossing in *Lens esculenta* Moench. J. Am. Soc. Hort. Sci. 97:142-143.
- **World A. C., 2009-** Les engrais verts peuvent stimuler la sécurité alimentaire en Afrique. Guide politique, N002: 6 p.
- **Yuan Y.V., Carrington M. F., Walsh N. A., 2005.** Extracts from dulse (*Palmariapalmata*) are effective antioxidants and inhibitors of cell proliferation in vitro. *Food Chem Toxicol* ;43 (7):1073-81.
- **Zidane., 1989-**Effet de la variation de la dose et la forme d'engrais (N.P.K) sur la croissance et le développement de la culture d'aubergine (*Solanum melongena*) variété (node de valence), p17.
- **Znaidi E.I., 2002.** Etude et évaluation du compostage de différents types de matières organiques et des effets des jus de composts biologiques sur les maladies des plantes. Ed, Mediterranien agronomic institute of barimaster of science degree mediterranien organic agriculture (Cl..H.E.A.M), p11.
- **Zohary, D. 1972.** The wild progenitor and the place of origin of the cultivated lentil *Lens culinaris*. Econ. Bot. 26:326-332.
- **Zohary, D. and Hopf, M. 1973.** Domestication of pulses in the Old World. Science 182:887-894.