

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB – BLIDA1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Mémoire

*Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master II académique en
Biotechnologie végétale*

Thème

**Evaluation de l'effet d'un stress nutritionnel sur
quelques paramètres morpho-physiologique de
l'haricot (*phaseolus vulgaris. L*)**

Par Mlle: RECHID Yasmin

Mlle : BOUKHALFA Nabila

Devant le Jury :

Mme BOUCHENAK.F	M.C.B.	U. Blida 1	Président de
M. DJAZOULI Z. E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
Mme ZIOUCHE S	M.A.B.	U. Bordj Bou Arrirej	Co-promotrice
M. ABBAD M.	M.A.A.	U. Blida 1	Examineur
M. ZAID R	Doctorant	U .Blida 1	Examineur

Année Universitaire 2014-2015

Remerciements

Louange à dieu, seigneur de l'univers, qui nous a comblés de ses bienfaits, nous a guidé toutes les années d'études et nous a donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères gratitudee et remerciements à :

Notre Monsieur DJAZOULI Z.E, Maitre de conférences a L'USDB 1, Département de Biotechnologie végétale qui a accepté de diriger ce travail. Son aide, ses conseils précieux, sa discrétion, sa rigueur. Je le remercie également pour sa grande disponibilité.

J'exprime ma profonde et respectueuse gratitude à Madame BOUCHENAK qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de jury de soutenance.

Nous adressons mes vifs et sincères remerciements aux membres de jury d'avoir accepté d'honorer et d'enrichir mon travail.

A tout les professeurs qui ont enseignées 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 conseilles.

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 et amis (ies) pour leurs encouragements et qui nous ont soutenue durant tous les années scolaires et universitaires.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

Mon cher père, qui tout au long de mes études n'a pas cessé de participer par ses conseils, ses encouragements et son très précieux soutien moral.

A ma chère mère, qui c'est toujours sacrifiée pour ma réussite et qui m'a énormément encouragée.

A mes chères sœurs Hadda, Hafida, Fatima, Nawel, Racha, Aicha.

A mes frères : Mohammed, Ali, Mourad, Yacine, Hocine

A mes neveux : Ismail Saleh, Abd el hakfi, Younes Iyed, et a mes

nièces : Hadjer et Maria.

A tous mes amis et ceux que j'aime beaucoup.

Nabila

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes chères parents qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leur grand soutien et leurs encouragements et par les énormes sacrifices durant mes études et qui ont toujours aimé me voir réussir, je les remercie.

A mes frères: Samir, Radouane, Rafik, abde el majide.

A mes sœurs: Karima et Imen .

A mes amies qui ont resté toujours à cotés de moi dans les moments les plus difficiles de ma vie.

YASMI

SOMMAIRE

Introduction	1
CHAPITRE I : Synthèse bibliographique sur la plante du Haricot	4
I.1. Origine et répartition géographique du haricot commun.....	4
I. 2- Haricot dans le monde.....	4
I.3- Haricot en Algérie.....	5
I.4- Position systématique.....	6
I. 5-Description morphologique et botanique du haricot	6
I.6- Valeur alimentaire.....	8
I.7- Exigences de la plante.....	9
I.7.1- Exigences climatiques.....	9
I.7.2- Exigences hydriques	10
I.7.3-Exigences édaphiques.....	10
I.7.4. Travaux d'entretien.....	11
I.8. Intérêt agronomique.....	12
Chapitre II : la nutrition des plantes	14
II.1. Nutrition minérale des plantes.....	14
II.1.1. Les éléments minéraux	14
II.1.2. La fertilisation	18
II.2. La nutrition organique	22
II. 2.1. Les engrais.....	22
II.2.2. Le compost	24
II.2.3. Les extraits d'algues marines en agriculture.....	26

Chapitre III : Matériel et méthodes	31
III.1. Présentation et climat de la région d'étude.....	31
III.2. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....	32
III.3. Matériel d'étude.....	33
III.3.1. Obtention des plantules du haricot.....	33
III.3.2. Présentation des traitements (Biofertilisants).....	34
III.4. Méthodes d'étude.....	36
III.4.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai.....	36
III.4.2. Evaluation de l'effet des traitements sur les paramètres de croissance.....	37
III.4.3. Evaluation de l'effet des traitements sur les paramètres de production	37
III.4.4. Evaluation de l'effet des traitements sur la phytochimie du haricot.....	38
III.4.5. Analyses statistiques des résultats.....	39
 Chapitre IV : Résultats	 41
IV.1. Effet de l'alimentation organique sur les paramètres biochimiques.....	41
IV.1.1. Effet sur l'accumulation en Chlorophylle.....	41
IV.1.2. Effet sur l'accumulation en Proline.....	44
IV.2. Effet de l'alimentation organique sur les paramètres de croissances.....	47
IV .2.1. Effet sur la croissance en longueur des plants.....	47
IV.2.2. Effet sur la croissance de la surface foliaire des plants.....	50
IV.2.3. Effet sur le poids des racines des plants.....	52
IV.3. Effet de l'alimentation organique sur les paramètres de production.....	56
IV .3.1. Effet sur production florale	56
IV.3.2. Effet sur la nouaison.....	58
IV.3.3. Effet sur le poids des gousses.....	61

Chapitre V : Discussion.....	66
Conclusion générale et Perspectives	72
Référence bibliographiques.....	75

Evaluation de l'effet d'un stress nutritionnel sur quelques paramètres morpho-physiologique de l'haricot

Résumé

La fertilisation organique est une technique fondamentale dans la conduite des cultures maraichère. Elle influence directement sur la croissance et le développement des plants et également le rendement en quantité et qualité. Les fumures organiques sont des engrais complets qui enrichissent le sol par des macros et microéléments qui constituent l'alimentation minérale des plants. L'objectif de notre travail est d'estimer la capacité des engrais organiques à couvrir les exigences nutritionnelles de la culture d'haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. (var. Djadida) cultivé sous serre. Les changements opérés sur la qualité phytochimique, les paramètres de croissances et les paramètres de production de l'haricot seront évaluées après l'apport de deux biofertilisants (extrait d'algues marines & lombricompost).

Les principaux résultats montrent que le biofertilisant à faible dose à base de lombricompost B4 (4ml/l) a un effet positif marquant sur la croissance foliaire et la longueur, aussi l'association d'une forte dose de lombricompost B8 (8ml/l) et biofertilisant à dose homologuée d'extraits d'algues influent positivement sur la croissance des racines. L'étude du paramètre de production florale montre que l'application du biofertilisant à faible dose à base de lombricompost B4 (4ml/l) stimule favorablement et d'une manière précoce la production florale et la nouaison et enregistre une meilleure production des gousses. Le maximum de production florale est enregistré sous l'effet de biofertilisant à la dose homologuée d'extraits d'algues marines. L'analyse des paramètres biochimiques obtenus ne désigne aucun effet significatif des biofertilisants sur la production de chlorophylle. En revanche le biofertilisant à base de lombricompost a un effet avantageux sur l'accumulation de la proline.

Mots clés: Biofertilisant, Extraits d'algues marines, Haricot, Jus de lombricompost.

تقييم تأثير الإجهاد الغذائي على بعض عوامل morpho-physiologique للفاصوليا

الملخص

يعتبر التسميد تقنية أساسية في تسيير زراعة الخضراوات حيث يؤثر بشكل مباشر على نمو و تطور النباتات أيضا على كمية المحصول و جودته. الأسمدة العضوية هي أسمدة كاملة ألتي تثري التربة من قبل العناصر المعدنية الأساسية و الجزئي التي تشكل التغذية المعدنية للنباتات.

هدف عملنا هو تقييم قدرة الأسمدة العضوية على تغطية كل الاحتياجات الغذائية لمحصول البازلاء الخضراء (*Phaseolus vulgaris L. (Var. Djadida)* في البيوت البلاستيكية. التغيرات الملاحظة على نوعية phytochimique , عوامل النمو و الإنتاج لدى الفاصوليا حيث قيمت بعد إضافة نوعين من biofertilisants (مستخلص الطحالب البحرية و lombricompost)

أهم النتائج المتحصل عليها تبين أن biofertilisant ذو مقدار ضعيف لمادة lombricompost B4 (4ml/l) له تأثير ايجابي مسجل على نمو الأوراق وكذا طول النبتة و إضافة مقدار قوي lombricompost B8 (8ml/l) و biofertilisant ذو مقدار متجانس لمستخلص الطحالب أثرا ايجابيا على نمو الجذور. دراسة عوامل الإنتاج الزهري بينت أن تطبيق biofertilisant ذو مقدار ضعيف لمادة lombricompost B4 (4ml/l) يحفز باستحسان و بطريقة مبكرة الإزهار و الإثمار حيث سجل أحسن إنتاج.

اعلي إنتاج زهري سجل تحت تأثير biofertilisant ذو مقدار متجانس لمستخلص الطحالب البحرية. تحاليل عوامل البيوكيميائية المتحصل عليها لم تعط أي تأثير ذو دلالة biofertilisant على إنتاج اليخضور. بالمقابل biofertilisant ذو أساس lombricompost له تأثير ايجابي في معدل تراكم proline

الكلمات الدالة : Biofertilisant, مستخلص الطحالب البحرية, الفاصوليا, عصير lombricompost

Evaluation of the effect of a nutritional stress on some morpho-physiological parameters of the bean

summary

The organic fertilization is a fundamental technique in the conduct of market garden crops. It directly influences the growth and development of plants as well as its productivity in quantity and quality. Organic manures are complete fertilizers that enrich the soil with macro and micro-elements which constitute the mineral nutrition of the plants. The aim of our work is to estimate the ability of organic fertilizers to cover the nutritional requirements of the green bean crop cultivation *Phaseolus vulgaris* L. (var. Djadida) under greenhouse. The changes on the phytochemical quality, growth parameters and the bean production parameters will be evaluated after the addition of two biofertilizers (seaweed extract & vermicompost).

The main results show that the biofertilizer in low-dose based on lombricompost B4 (4 ml/l) has a positive significant effect on leaf growth and length, and the combination of a high dose of vermicompost B8 (8 ml/l) and biofertilizer with approved dose of algae extracts influences positively the growth of roots. The study of floral production parameter shows that the application of the biofertilizer with low-dose based on lombricompost B4 (4 ml/l) positively stimulates an early stage of flower production and better production records nouaison and led to a maximum production of pods. The maximum floral production is registered under the effect of the biofertilizer in approved dose of extracts of seaweed. Analysing the biochemical obtained parameters does not designate any significant effect on the production of biofertilizer chlorophylle. However, the biofertilizer based on lombricompost has a positive effect on the accumulation of proline.

Keywords: Biofertilizers, seaweed extracts, Bean Juice vermicompost.

INTRODUCTION

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

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

La gestion de la nutrition végétale est une face de l'agriculture biologique qui permet aux végétaux d'absorber dans le milieu ambiant et d'assimiler les éléments nutritifs nécessaires à leurs différentes fonctions physiologiques. La production maraîchère a connu une évolution grâce aux nouvelles techniques et modes d'intervention, parmi ces techniques, la fertilisation qui permette d'assurer les besoins nutritionnels des plantes qui agissent sur le rendement du point de vue quantitatif et qualitatif, et maximise la productivité dans le secteur agricole (Costa, 1990 ; Deziel et al, 2006).

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

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'efficacité des biofertilisants à base de lombricompost et d'extraits d'algues marines sur les paramètres biochimiques, de croissance, et de production de l'haricot. Pour cela nous avons émis quelques hypothèses auxquelles nous allons essayer de répondre : (i) Les biofertilisants appliqués peuvent apporter une meilleure nutrition aux plantes? (ii) Quelle est l'influence de ces biofertilisants sur la promotion de la culture de l'haricot ? (iii) Existe-t-il un moyen d'utiliser les deux types de biofertilisants dans un programme de nutrition de la plante de l'haricot.

Liste des tableaux

Tableau 1	Production du haricot vert en Algérie 2010-2012.....	6
Tableau 2	Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (Calorie /100g) des graines d'haricot (<i>phaseolus vulgaris</i>	9
Tableau 3	Test de comparaison par paire appliqué aux taux de la Chlorophylle.	43
Tableau 4	Test de comparaison par paire appliqué aux taux de la proline.....	46
Tableau 5	Test de comparaison par paire appliqué à la longueur des plants	49
Tableau 6	Test de comparaison par paire appliqué à la surface foliaire.....	52
Tableau 7	Test de comparaison par paire appliqué aux poids des racines.....	55
Tableau 8	Test de comparaison par paire appliqué à la production florale.....	58
Tableau 9	Test de comparaison par paire appliqué au nombre de gousses.....	61
Tableau 10	Test de comparaison par paire appliqué aux poids des gousses.....	63

Liste des figures

Photos 1	Appareils végétatif et reproducteur du Haricot	8
Figure 2	Présentation du site expérimental.....	33
Figure 3	plantules de l'haricot à la levée.....	34
Figure 4	dispositifs de production du jus de lombricompost	35
Figure 5	dispositifs expérimentaux.....	36
Figure 6	Méthode d'estimation de la croissance foliaire et la croissance en longueur des plantules du haricot.....	37
Figure 7	Evolution temporelle des taux de la chlorophylle sous l'effet des Biofertilisant.....	41
Figure 8	Effet comparé des biofertilisants sur l'accumulation de la Chlorophylle.....	42
Figure 9	Evolution temporelle des taux de la proline sous l'effet des Biofertilisant.....	44
Figure 10	Effet comparé des biofertilisants sur l'accumulation de la proline.....	45
Figure11	Variation temporelle de la croissance en longueur des plants du haricot sous l'effet des des biofertilisants.....	47
Figure12	Effet comparé des biofertilisants sur la croissance en longueur des plants.....	48
Figure13	Variation temporelle de la croissance foliaire des plants du haricot.....	50
Figure 14	Effet comparé des biofertilisants sur la croissance de la surface Foliaire.....	51
Figure 15	Variation temporelle des gains en poids des racines du haricot sous l'effet des biofertilisants.....	53

Figure 16	Effet comparé des biofertilisants sur le poids de la phytomasse racinaire.....	54
Figure 17	Variation temporelle de la production florale du haricot sous l'effet des biofertilisants.....	56
Figure 18	Effet comparé des biofertilisants sur la production florale.....	57
Figure 19	Variation temporelle de la production de gousses du haricot sous l'effet des biofertilisants.....	59
Figure 20	Effet comparé des biofertilisants sur la production de gousses.....	60
Figure 21	Variation temporelle des gains en poids des gousses du haricot sous l'effet des biofertilisants.....	62
Figure 22	Effet comparé des biofertilisants sur le poids de la phytomasse des gousses.....	63
Figure 23	Schéma synthétique des effets de la faible dose du jus de lombricompost formulé et des extraits d'algues marines sur la promotion de l'haricot vert.....	66
Figure 24:	Schéma synthétique des effets de la forte dose du jus de lombricompost formulé et des extraits d'algues marines sur la promotion de l'haricot vert.....	67
Figure 25	Schéma synthétique des effets de la faible et la forte dose du jus de lombricompost formulé sur la promotion de l'haricot vert.....	68

Liste des abréviations

ATP:	Adenosine Triphosphate
B4 (4ml/l):	biofertilisant 4ml/l
B8 (8ml/l) :	biofertilisant 8ml/l
C/N:	Rappore carbone sur azote
C° :	Degré Celsius
Cm :	Centimètre
BDH :	biofertilisant à dose homologué.
g :	gramme
h:	Heure
Kg:	Kilogramme
L :	litre
ml :	millilitre
mg:	milligramme
m²:	mètre carrée.
Na :	sodium
SO₄:	sulfate de sodium
T :	témoin.

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur la plante du Haricot

1. Origine et répartition géographique du haricot commun

Phaseolus vulgaris L., a été domestiqué en Amérique centrale et en Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales (PERON, 2006).

Le haricot commun est produit principalement en Amérique latine et en Afrique ; il est répandu surtout dans la zone Amazonienne du Brésil, dans les Cordillères des Andes et en Amérique centrale, tandis qu'en Afrique, il est produit principalement en Afrique centrale et Orientale (NYABYENDA, 2005).

La domestication s'est produite indépendamment au Mexique et au Guatemala d'une part, et au Pérou et dans les pays voisins d'autre part. Des écotypes à petites graines sont présents à l'état sauvage au nord de l'Argentine et en Amérique centrale (GENTRY, 1969).

D'après PERON (2006), des graines sèches furent introduites et semées au XVI^e siècle en Espagne et *Phaseolus vulgaris L.*, se diffusa ensuite en France. Les gousses immatures ne tardèrent pas à devenir un légume apprécié en Europe.

Le haricot se trouve dans tous les pays d'Afrique tropicale. Il est davantage apprécié dans les pays francophones qu'anglophones, davantage dans les zones urbaines que rurales, plutôt dans les hautes terres que dans les basses terres et en saison fraîche plutôt qu'en saison chaude (GENTRY, 1969).

2. Haricot dans le monde

Phaseolus vulgaris L., est une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement et d'une source importante de fer, de zinc et de fibres (DURANTE et GIUS, 1997 in BAYUELO-JIMENEZ *et al*, 2002). Quant au secteur

de culture, le haricot représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde (AYDINETAL, 1997).

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

Durant la période allant de 1994 à 2004 la production mondiale de haricot sec a connu des fluctuations mais la tendance est légèrement à la hausse. Pendant cette période, la production a varié d'un plancher de 15,5 millions de tonnes à un sommet de 18,9 millions de tonnes (FAO, 2004 *in* KASSEMI, 2006)

En 2002, ces chiffres étaient respectivement de 25,7, 18,3, 5,7 et 1,7 millions de tonnes. Entre 1961 et 2006, la production totale de haricots a doublé passant de 14,4 à 28,6 millions de tonnes, progressant assez régulièrement au taux de 1,5% par an. En 2006, la production mondiale d 'haricot, selon les statistiques publiées par la F.A.O., s'est élevée à 28,6 millions de tonnes, dont 19,6 de haricots secs (68%), 6,4 de haricots frais (22%) et 2,6 de haricots verts (9%). (Anonyme, 2004).

3. Haricot en Algérie

Le haricot est une plante cultivée dans le territoire du nord Algérien. Le haricot est placé en 13^{ème} position des cultures maraîchères, soit 2,16% de la production totale. Parmi les légumes, le haricot occupe la 3^{ème} position par une surface de 14,57% et ce par rapport à la superficie totale réservée au maraîchage. Selon le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R.), l'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des Légumineuses. La production moyenne pour l'Algérie a été estimée à 0,72

t/ha avec une surface totale d'environ 161,6 hectares en 2009 (ANONYME, 2002).

Tableau 1 : Production du haricot vert en Algérie 2010-2012

Années	Superficie (ha)	Production (qx)	Rdt (qx/ha)
2010	167,09	12 144	72,7
2011	147,89	15 373	103,9
2012	141,48	14 460	102,2

Source (MADR, 2013)

4. Position systématique

Le haricot, *Phaseolus vulgaris* L., appartient à la tribu des *Phaseolus* dont le nombre Chromosomique est $2n = 22$ (CHAUX et FOURY, 1994). Est une plante annuelle à végétation rapide, son cycle est de 90 à 120 jours (PERON, 2006). Selon GUIGNARD (1998), la position systématique du haricot est la suivante :

- Règne :.....Végétal.
- Embranchement :.....Spermaphytes.
- Sous embranchement :.....Angiospermes.
- Classe :.....Dicotylédones.
- Ordre :.....Fabales.
- Famille :.....Fabacées.
- Genre :.....*Phaseolus*
- Espèce :.....*Phaseolus vulgaris* L.

5. Description morphologique et botanique du haricot

L'espèce *Phaseolus vulgaris* L., est une plante annuel herbacée à croissance déterminée ou indéterminée, à végétation rapide, son cycle est de 90 à 120 jours (PERON, 2006).

C'est une plante constituée par l'assemblage de trois organes fondamentaux : la tige, les feuilles et les racines, formant ensemble l'appareil végétatif tandis que les deux organes qui sont le fruit et la fleur forment ensemble l'appareil reproducteur.

La plante est généralement à une racine pivotante mais peu après des racines adventives se développent sur toute la racine principale, qui présentent des renflements ou nodosités, elles sont le siège de phénomènes de nodulation par symbiose avec une bactérie du genre *Rhizobium* qui peut fixer l'azote atmosphérique et fournir de l'ammonium (GUIGNARD, 1998).

A l'issue de la germination épigée, il y a formation de deux feuilles opposées s'appelées feuilles primaires simples et s'attachent face à face sur la tige puis des feuilles trifoliées à folioles cordiformes, disposées d'une façon alterne (Fig. 1b). Les fleurs sont portées en grappes axillaires et terminales. Elles sont zygomorphes composées de deux pétales en carène, deux pétales latéraux ailés et un pétale standard disposé extérieurement. La fleur contient dix étamines et un sac ovarien multiple (Fig. 1a). Dans la plupart des cas, la fleur réalise une autofécondation et développe un fruit ou gousse droit ou légèrement courbé. Ces fleurs peuvent être blanches, roses ou violettes (souvent, rouges chez *P. coccineus*) (CHAUX et FOURY, 1994).

Selon GUIGNARD (1998), les gousses sont allongées, leur couleur varie selon les cultivars, du vert pâle au jaune au vert foncé (Fig. 1c). Elles sont parfois tachées de couleurs diverses à maturité et peuvent être renforcées par des fibres ligneuses formant un parchemin sur les côtés.

Les graines, sans albumen, sont riches en protéines et en glucides. Elles sont réniformes, arrondies à ovales plus ou moins allongées (Fig. 1d). Le tégument peut être noir, blanc ou revêtu de différentes nuances de jaune, brun, rouge, ou rose selon les variétés (CHAUX et FOURY, 1994).

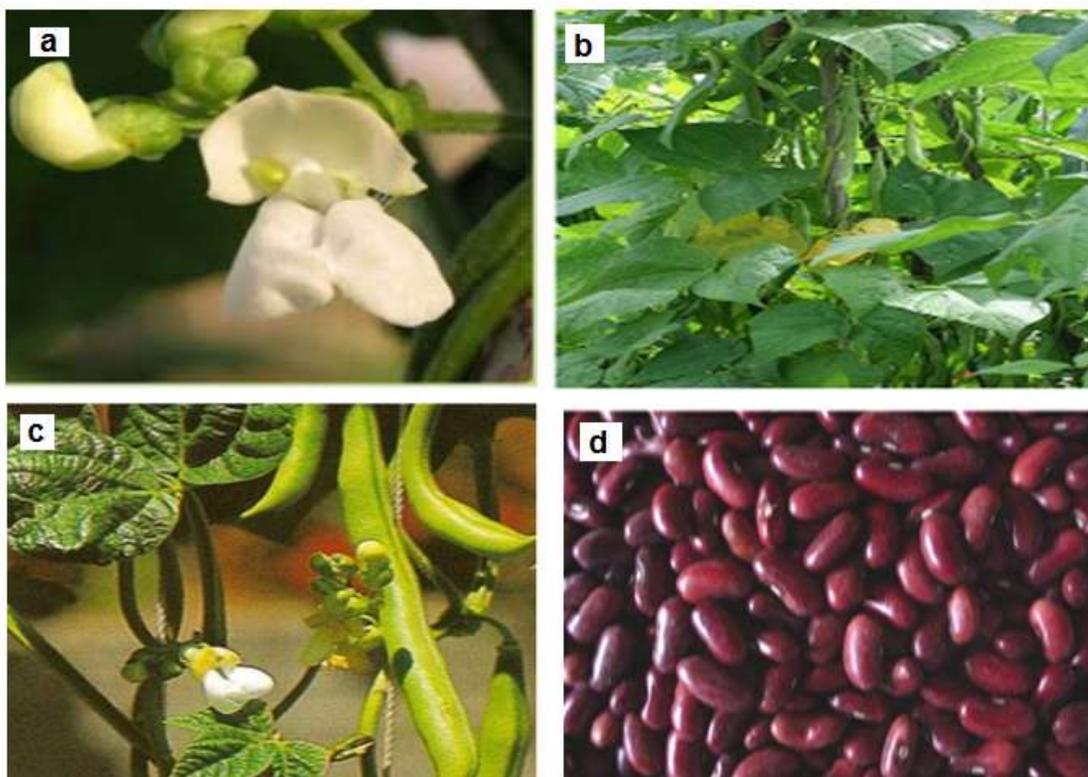


Figure 1 : Appareils végétatif et reproducteur du Haricot

(a) Fleur, (b) Feuilles, (c) Gousses, (d) Graines (CHAUX et FOURY, 1994).

6. Valeur alimentaire

L'alimentation quotidienne de chaque individu doit lui apporter une quantité suffisante des différents macronutriments (protéine, lipide et glucide) et micronutriments (vitamines, sels minéraux...) pour assurer la couverture de l'ensemble de ses besoins. La valeur alimentaire des graines de légumineuses dépend de leur composition chimique et principalement de la teneur et de la qualité de leur protéine brute (DEMOL, 2002).

La culture des légumineuses, source de protéines végétales, a été reconnue comme étant l'une des meilleures et des moins coûteuses des solutions pour la couverture des besoins alimentaire en protéines pour les populations des pays, qui compense le manque de source de protéines animales pour une grande partie de la population (NYABYENDA, 2005)

La teneur en protéine de la plupart des graines des légumineuses est de 20 à 25% du poids sec, celle du haricot renferment les 24 acides aminés indispensables à l'alimentation humaine. En outre elles possèdent des minéraux importants comme le fer, le calcium et des vitamines. Leurs teneurs élevées en amidon qui donne une valeur énergétique nette et élevée, proche de celle de blé (HUIGNARD *et al*, 2011).

Tableau n°2 : Composition (g/100g de graines) et valeur énergétique (calorie/ 100g) des graines de *Phaseolus vulgaris* (SINHA et WATTERS ,1980 ; ISERIN ,1997)

Légumineus	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Matières Minérales	Eau	Calories
<i>Phaseolus vulgaris</i>	20-27	1-2	60-65	4-5	4-5	11	341

7. Exigences de la plante

7.1. Exigences climatiques

7.1.1. Température

D'après PERON (2006), les haricots verts sont cultivés en zone tempérée comme en zone tropicale. La température optimum pour sa culture est entre 20°C et 25°C. Le zéro végétatif est à 10°C et la germination n'est normale qu'au-dessus de 14 à 15°C mais les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des

fleurs (CHAUX, 1972). Selon LAUMONIER (1979), le haricot est une plante très sensible à l'influence de la température. Cette sensibilité varie selon les variétés.

7.1.2. Lumière

La plante présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de la floraison. Une insuffisance en lumière entraîne l'avortement des fleurs (PERON, 2006). La croissance et la fructification demande seulement 2400 Lux (MASS, 1986).

7.1.3. Humidité

Le haricot est très exigeant en humidité de l'air et du sol. Pendant toute sa végétation, un excès ou un manque d'humidité gêne le développement et peut compromettre la nouaison et le rendement (Kolev, 1976).

7.2. Exigences hydriques

L'eau est un facteur très important pour la qualité des filets des variétés cultivées (LAUMONNIER, 1979). Selon BESAPLAY (1984), le haricot exige beaucoup d'eau notamment pendant la floraison et la formation des gousses. L'insuffisance de l'humidité au cours de cette phase de développement, diminue considérablement le rendement, et l'excès d'eau allonge la période de fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques telle que l'antracnose.

7.3. Exigences édaphiques

Généralement le haricot se développe sur des substrats fertiles à pH neutre ou légèrement alcalin compris entre 6,5 à 7,5 (KHACHANI, 1981). Il préfère bien les sols à texture moyenne sableux humifères et siliceux-argilo, peu profonds et bien approvisionnés en eau et en sels minéraux, et craint les terres battantes, sèches et pauvres (HAMZA, 1980).

C'est une espèce très sensible au manque d'eau et à la salinité, un excès de sel lui est défavorable qui se manifeste par une faible résistance des tissus à la déshydratation initiale (diminution de la capacité de l'absorption de l'eau), la dose létale est de 2,35g NaCl/kg de sol (KHACHANI, 1981).

Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité et un bon état sanitaire et de richesse relative (LAUMONIER, 1979).

7.4. Travaux d'entretien

7.4.1. Désherbage

Le désherbage chimique du haricot est valable mais il demande de la prudence et de l'expérience. Le comportement des variétés et aussi des saisons de mise en culture étant fort variables (LAUMONNIER, 1979).

7.4.2. Arrosage

Les arrosages distribués par aspersion sont à exécuter le soir pour écarter tout risque de grillage du feuillage (LAUMONNIER, 1979).

7.4.3. Tuteurage

Les haricots à rames ont besoin d'être tuteurés pour le soutien des pousses, qui atteignent 1,80 m. Les bambous, piquets, ficelles, fil de fer, grillage sont utilisés pour le tuteurage (DOOREMBOS, 1980)

7.4.4. Aération

Elle a pour objectif de renouveler la serre, d'abaisser la température et le degré hygrométrique quand cela est nécessaire. Ceci permettra d'éliminer les excès

d'humidité et de chaleur qui favorisent le développement des maladies cryptogamiques (SNOUSSI, 2010).

7.4.5. Gestion des mauvaises herbes

Pour une gestion efficace des mauvaises herbes la pratique de binage est indispensable car elle permet de briser la croûte du sol (permettre donc une bonne aération du sol) et de supprimer les mauvaises herbes qui se développent autour du plant (SNOUSSI, 2010).

8. Intérêt agronomique

Les cultures de Légumineuses (plantes capables de fixer l'azote de l'air) permettent d'enrichir le sol en azote. Le haricot fait partie du groupe des cultures capables de fixer et d'utiliser l'azote atmosphérique grâce au rhizobium situé dans les nodosités (BALON et KIMON, 1985 ; DOUCET, 1992 et ROLAND, 2002).

Les éléments nutritifs sont rendus disponibles pour les plantes par la minéralisation des matières organiques dans le sol, ce qui explique l'importance accordée par les cultures de Légumineuses à la vie biologique dans les sols (micro- organismes, vers de terre, racines).

Dans les sols très pauvres en azote, telles que les zones tropicale, les Légumineuses peuvent être efficaces comme alternative à la fertilisation notamment dans les pays en voie de développement (ROLAND, 2002).

Chapitre II : Nutrition des plantes

1. Nutrition minérale des plantes

La nutrition minérale de la plante concerne l'ensemble des mécanismes impliqués dans le prélèvement, le transport, le stockage et l'utilisation des ions minéraux nécessaires au métabolisme, la croissance et la reproduction de la plante pour se développer (F.A.O., 2005).

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

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

1.1. Les éléments minéraux

On classe les éléments minéraux en macroélément ceux dont la plante a besoin en quantités importantes : l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le soufre (S), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Les trois premiers, N,

P et K, sont Les éléments minéraux dont la plante utilisée en plus grandes quantités. Les micro-éléments «oligo-éléments» sont également nécessaires en quantité moindre: le fer, le zinc, le cuivre, le bore, le manganèse, le silicium, le molybdène, le sodium, le cobalt et le chlore (EL ALAOUI, 2009).

Un sol fertile doit contenir tous les éléments fertilisants essentiels, en quantités suffisantes et en proportions équilibrées. Faute de ces deux conditions, les plantes ne pourront pas atteindre leur plein potentiel de croissance (EL ALAOUI, 2009).

1.1.1. Les éléments majeurs

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

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

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

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

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

Une alimentation convenable en phosphore permet un développement harmonieux des plantes (HELLALI, 2002).

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

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

Carences en calcium : sont rarement visibles car les effets secondaires liés à l'acidité du sol qui, (i) limite la croissance, (ii) Jeunes feuilles tordues, de petite taille, vert foncé, s'incurvent, se craquellent, (iii) Croissance racinaire ralentie,

racines pourrissent, (iv) Dessiccation et chutes des bourgeons (cas graves), (v) Affaiblissement des tiges (F.A.O., 2005).

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

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

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

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

1.1.2. Les oligo-éléments

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

Une carence en cet élément affecte donc l'ensemble des processus physiologiques d'un végétal. Les premiers symptômes visuels d'une carence en

fer incluent l'apparition de chloroses intercostales, principalement chez les feuilles jeunes (ANONYME, 2006).

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

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

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

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

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

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

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

1.2. La 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 et 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.

1.3.1. La fertilisation minérale

Les engrais minéraux sont des matériaux naturels ou manufacturés, qui contiennent des éléments fertilisants essentiels pour la croissance et le développement normaux des plantes. Les engrais étant des substances destinées à fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle a besoin, il va de soi que les engrais sont principalement composés des éléments dont la plante a le plus besoin, c'est-à-dire l'azote, le phosphore et le potassium.

Il existe donc des engrais azotés, des engrais phosphatés et des engrais potassiques. Dans une moindre mesure, il y a aussi des engrais soufrés, des fertilisants calciques et magnésiens et des engrais destinés à combler les carences en oligo-éléments (F.A.O., 2005).

1.3.1.1. Les engrais simples

Les engrais simples sont des engrais qui ne contiennent qu'un seul élément fertilisant, il en existe donc plusieurs types: Parmi les engrais azotés, on distingue les engrais ammoniacaux (dans les quels l'azote est sous forme d'ammoniac, NH_4^+ , par exemple le sulfate et le chlorure d'ammoniac):

- **Les engrais nitriques (NO_3^-)**, ne contenant que l'azote nitrique (qui sont le nitrate de soude et le nitrate de chaux). Les engrais ammoniacaux : ne renfermant que l'azote ammoniacale (le sulfate d'ammoniaque $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ et l'ammoniac anhydre NH_3 (82 % de N). Les engrais ammoniaco-nitriques: L'azote est présent à la fois sous forme ammoniacale et nitrique. Les ammonitrates de différents dosages: 20,5 %; 26 %; 33,5 % de N, et le sulfo-nitrate d'ammoniaque 7 % nitrique et 19 % ammoniacale (VILAIN ,1989).

-**Les engrais phosphatés (P_2O_5)**, sont caractérisés par leur teneur en phosphore, exprimée en anhydride phosphorique, et par leur solubilité dans différents réactifs qui sont le superphosphate simple, le superphosphate tripe et les phosphates naturels comme par exemple le P.N.T. (Phosphate Naturel de Tahoua) (VILAIN, 1989).

- **Les engrais potassiques**, proviennent essentiellement de l'exploitation minière de dépôts de sels de potassium. Dans la pratique, on utilise presque exclusivement le chlorure de potassium (KCl) et le sulfate de potassium (K_2SO_4), ce dernier ayant l'avantage de contenir également du soufre (F.A.O, 2005).

1.3.1.2. Les engrais composés

Les engrais qui contiennent plus d'un élément fertilisant seront appelés engrais composés, dont la composition sera mentionnée en N-P-K.

1.3.2. La fertilisation organique

L'apport de fumure organique (débris végétaux, déjections animales, le sang desséché, la corne broyé, les déchets de cuir, la farine de plume) constitue un apport extérieur d'éléments nutritifs. Ceux-ci sont apportés sous forme organique et subissant l'action conjointe des bactéries et des éléments météorologiques (température, pluie), seront minéralisés pour libérer sous forme assimilable les éléments fertilisants dont ils sont constitués.

La matière organique, une garantie pour la fertilité physique, chimique et biologique des sols. Les engrais de ferme constituent, en effet, un mélange complexe plus performant que les minéraux seuls (ANONYME, 2001).

1.3.3. Les fertilisations organo-minérales

Les engrais organo-minéraux résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques. Les matières organiques azotées représentent généralement 25 à 50 % des produits finis. Les autres constituants du fertilisant, sels simples et minéraux, apportant l'azote, le potassium et le calcium sous des formes appropriées, sont dilués dans les matières organiques (HARGROVET, 2008).

1.3.4. Fertilisation foliaire

Il est bien établi que les racines ne sont pas les seuls organes d'une plante capables d'absorber les éléments minéraux, les feuilles et les tiges également susceptibles de le faire à partir des substances nutritives apportées aux parties aériennes (LEMAIRES et MORAL, 2003). C'est une technique qui permet de distribuer aux plantes des éléments nutritifs sous forme assimilable par pulvérisation, ils sont rapidement absorbés par l'épiderme des feuilles et par toutes les parties vertes (MAINARDI, 2002). Plusieurs recherches démontrent que l'utilisation de la fertilisation foliaire ne peut être une méthode alternative à la fertilisation racinaire, mais plutôt complémentaire (MENGEL, 2002).

Un nombre élevé de facteurs limitants peut limiter son efficacité qui sont de : formes chimiques, des fertilisants (BUKOVAC *et al*, 2002), et d'une part liés aux conditions climatiques (température, humidité, lumière).

L'absorption des sels par les feuilles ne se réduit pas à des simples pénétrations et diffusion physiques, le processus d'absorption est assez complexe et suit en gros trois phases : (i) Pénétration dans la cuticule et la paroi cellulosique des cellules épidermiques, (ii) L'absorption à la surface de la membrane plasmique, (iii) En fin d'inclusion dans le cytoplasme des cellules selon un processus métabolique (GAUTIER, 1993).

La fertilisation par application foliaire permet la mise à disposition de l'élément en période de demande importante et en peu de temps, comme elle réduit les pertes par lessivage (GRISSA, 2010).

La fertilisation foliaire devient beaucoup plus efficace que l'application conventionnelle des fertilisants au sol. Bien qu'il en demeure certain Inquiétudes sur l'efficacité de la fertilisation foliaire pour prévenir des carences minérales, son utilisation soutenue pourrait réduire la pollution des sols associée à la surfertilisation du sol, et dans un même temps réduire les coûts associés (CHAMEL, 1988 ; GOODING et DAVIES, 1992).

La fertilisation foliaire peut être une méthode efficace pour contrer les carences nutritives, dans les cas où toutes les conditions favorables à son efficacité sont réunies (MARSCHNER, 1995).

2. La nutrition organique

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

2.1. Les engrais

Les engrais de fermes sont des engrais complets, ils sont aussi, grâce à la matière organique, une garantie pour la fertilité physique, chimique et biologique

des sols. Ils constituent, en effet, un mélange complexe plus performant que les minéraux simples (ANONYME, 2001).

2.1.1. 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 (WORLD AGROFORESTRY, 2009).

- **Le Fumier**, est un mélange de déjections solides et liquides et de litières (pailles, sciure, fougères, etc.) en proportion variables. 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)

- **Les Lisiers**, sont des déjections animales, urines et fèces, mélangées et fermentées. Ils contiennent des débris alimentaires, des éléments carbonés, des matières cellulosiques et lignifiées et peuvent éventuellement être dilués par des eaux de pluie et de nettoyage. Ils sont stockés en fosse et sont pompables (ANONYME, 2001).

- **Les Purins**, sont le produit d'égouttage du fumier en étable entravée ou sur une plate-forme. Ils peuvent être purs ou dilués par de l'eau de pluie. Ils sont pompables. Le purin renferme de 2 à 2,5 kg d'azote par m³ dont environ 80% sous la forme ammoniacale nitrifiant rapidement. Il est pauvre en phosphore. Ils doivent être stockés Les purins dans des fosses étanches présentant une surface de

contact avec l'air aussi réduite que possible pour minimiser les pertes (ANONYME, 2001).

- **Les Fientes**, sont les déjections des volailles, sans litière. Ce sont des engrais à dominance azotée, mais dont le contenu en phosphore est également intéressant (FASIO, 2001). Selon CHABALIER *et al* (2006), la teneur en matière sèche est supérieure à 20% (en dessous de ce seuil la matière est considérée comme un lisier), elle présente un rapport C/N varie de 4 à 8 et un pH entre 8 et 9.

2.1.2. Les engrais d'origine végétale

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

Le principe de l'engrais vert reprend la pratique ancestrale qui consiste à enfouir les mauvaises herbes. Elle s'appuie sur une culture intercalaire, 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)

2.2. 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).

2.2.1. Quelques exemples de composts

- **Le compostage de fumier de bovins**, la composition du fumier d'origine bovine conditionne en grande partie 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 (CASELLATO, 1987 *in* KEZZIM Y, 2013).

- **Le compostage de fumier d'ovins**, les déjections ovines étant plus sèches que les déjections bovines, la quantité de paille nécessaire à une bonne structure du tas de fumier est un peu plus faible. Il n'est cependant pas recommandé de descendre en dessous de 6kg/U/jour (ROBERT et VAN, 1992 *in* KEZZIM Y, 2013).

- **Le compostage de déchets verts**, la valorisation des déchets verts, terme générique qui regroupe en fait des produits très différents, passe le plus souvent par le compostage. Les déchets verts sont constitués de tontes de gazon, de feuilles mortes, de tailles de haies, de branches. Enfin, le co-compostage déchets verts et déjection animale (fumier mou, fumier de volailles) est d'ailleurs de plus en plus pratiqué dans le but d'augmenter la structure du compost (NDEGWA et THOMPSON, 2001 *in* KEZZIM Y, 2013).

- **Le compostage des déchets ménagers**, il s'agit uniquement de la fraction fermentescible des ordures ménagères (F.F.O.M.) qui est compostée, et non les ordures ménagères brutes (non triées à la source). Le compost obtenu avec ces ordures ménagères brutes (appelé compost d'ordure ménagères ou urbain) et en effet de mauvaise qualité (MUSTIN, 1987 *in* KEZZIM Y, 2013).

2.2.2. Avantages de l'utilisation du fumier de vers

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 *in* KEZZIM Y, 2013).

Il contient des particules de silice disponibles pour les plantes, avec lesquelles elles renforcent leur épiderme et repoussent ainsi les insectes nuisibles. Il contient des mucosités antibactériennes qui peuvent guérir les plantes malades. Il stimule la croissance des racines et permet des rendements plus élevés et de meilleure qualité (SLOANE, 2003 *in* KEZZIM Y, 2013).

L'utilisation à différentes doses de Biofertilisant, entre autre le lombricompost, nous permettra 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 (PAJOT, 2010 *in* KEZZIM Y, 2013).

Des études antérieures ont également montré que le traitement foliaire des plantes avec du lombricompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes (Pajot, 2010 *in* KEZZIM Y, 2013).

2.3. Les extraits d'algues marines en agriculture

Les algues sont des organismes capables de pratiquer la photosynthèse et vivant majoritairement dans un milieu aquatique (marin ou dulcicole), ce sont donc des végétaux. Elles sont dépourvues de tige, de racine, de feuille ou de fleur. Des milliers d'espèces d'algues sont unicellulaires et de tailles microscopiques, elles constituent le phytoplancton. Elles sont à la base des réseaux trophiques aquatiques, *i.e.* des chaînes alimentaires. D'autres espèces multicellulaires peuvent atteindre des tailles impressionnantes. La kelp géante possède par exemple des thalles (des feuilles) pouvant atteindre 45 mètres de long. De nombreuses espèces sont comestibles pour l'Homme ou les animaux. Elles servent également d'engrais dans les régions littorales où elles sont récoltées sur les plages. Plusieurs projets essaient d'exploiter les algues pour la production de biocarburant. Certaines algues sont devenues invasives, comme la *Caulerpa taxifolia*.

L'analyse de la composition des algues fraîches montre qu'elles contiennent entre 50 et 60 oligo-éléments différents en faibles doses, une vingtaine d'acides aminés, des enzymes, des antibiotiques et des hormones de croissance végétales (PERSON, 2010)

Depuis longtemps, les algues sont utilisées dans les régions côtières comme fertilisants pour les sols. Leur utilisation est déjà mentionnée au XVI^{ème} siècle dans les fermes écossaises proches des côtes, et un peu plus tard en France (Bretagne) où cet amendement prendra le nom de goémon (MURATA *et al*, 2001). Initialement employées entières, sous forme d'amendement organique, les algues sont actuellement de plus en plus utilisées sous forme d'extraits liquides. Les premières pulvérisations foliaires d'extraits d'algues sur les plantes ont eu lieu en 1950, époque où le concept de nutrition des plantes était encore fondé sur le principe que les racines étaient les organes d'absorption des éléments minéraux du sol et les feuilles ceux de l'assimilation carbonée. Bien que la nutrition foliaire soit déjà utilisée à cette époque pour corriger les carences en oligoéléments, elle ne s'est développée dans le cadre de la fertilisation générale des plantes que vers les années 1960, favorisant la vente d'extraits d'algues. Depuis cette époque, de nombreux essais ont été entrepris pour montrer l'efficacité de ces produits (MICHEL *et al*, 1999). Toutefois, beaucoup d'articles ont été écrits dans un intérêt plus commercial que scientifique, et doivent donc être considérés avec prudence. Divers effets phytoactifs de ces extraits d'algues marines ont cependant pu être mis en évidence malgré des résultats parfois irréguliers. Une synthèse bibliographique des effets observés suite à l'application de ces extraits sur les plantes cultivées a été réalisée par JOLIVET *et al* (1991 in JULIEN L., 2004). De nombreux effets bénéfiques y sont rapportés, tel l'amélioration du taux de germination, l'augmentation des rendements, l'augmentation de la résistance au froid, à certaines maladies, l'intensification de l'absorption des éléments minéraux du sol ou encore la durée de conservation des fruits.

2.3.1. Composition phytochimique des extraits d'algues

A l'heure actuelle, les mécanismes d'action de ces extraits ne sont pas connus de façon satisfaisante. Quels que soient leur origine, ou leur mode de préparation, ces extraits sont très complexes et renferment de nombreux éléments minéraux et constituants organiques. Aujourd'hui, on s'accorde à dire que les algues marines contiennent quatre types de composants particulièrement intéressants : (i) colloïdes, (ii) acides aminés et éléments minéraux, (iii) sucres et (iv) phytohormones (ANONYME, 2004 in JULIEN L., 2004).

Une des caractéristiques des algues (à de rares exceptions près) est d'avoir une matrice polysaccharidique enserrant les cellules des thalles.

Les algues renferment également des polysaccharides de réserve (e.g. laminarine). Ces colloïdes sont principalement destinés à l'industrie agro-alimentaire pour leurs propriétés épaississantes et gélifiantes (acide alginique, agar-agar, alginates, carraghénanes,...). L'acide alginique possède des propriétés chélatantes. Le deuxième type de composants, les éléments minéraux et revêt une importance pour la nutrition humaine et la nutrition des plantes (dans le cas d'amendements organiques). En effet, la richesse de ces organismes en oligo-éléments et en vitamines suscite un intérêt grandissant dans les pays occidentaux (BRUNETON, 1993 in JULIEN L., 2004). les bétaines (acide aminé) dérivées d'acides aminés, sont des molécules osmo-compatibles dont on a montré les effets bénéfiques lors de leur application sur les plantes pour l'adaptation au stress thermique, hydrique et salin .Il participe à la production de la chlorophylle et intervient dans le cycle du formaldéhyde qui est utilisé comme agent protecteur pour la plante contre les nématodes. MCNEIL *et al.*, 1999; MÄKELÄ *et al.*, 1999; XING et RAJASHEKAR, 2001 in JULIEN L., 2004). Le troisième type de composant : les sucres simples dominants sont fréquemment des polyols : D-mannitol et le D-sorbitol. Il s'agit souvent de composés osmo-compatibles pour les cellules, résultant d'une adaptation au milieu salin. Le mannitol a également des propriétés chélatantes exploitables pour la nutrition minérale des plantes.

Le quatrième type est les phytohormones qui jouent un rôle primordial directement dans la division cellulaire, la taille des cellules, dans le débourrement des bourgeons, elles dopent le métabolisme des jeunes pousses, retardent la sénescence foliaire et activent la production de chlorophylle. Les cytokinines participent activement à la division cellulaire et à la formation des membranes. Les auxines et les gibbérellines favorisent l'élongation cellulaire. Les hormones de croissance des algues fraîches ne se retrouvent pas toutes dans les produits commerciaux. Les auxines, contrairement aux cytokinines, plus stables, ne semblent pas bien se conserver. Les gibbérellines se dégradent au bout de quelques mois d'où l'importance de travailler avec des formulations parfaitement maîtrisées du point de vue de la stabilité ; ainsi pour l'*Ascophyllum nodosum* qui est classée comme algue brune, parce qu'elle le devient en séchant, la couleur verte du départ est un bon indicateur de sa fraîcheur et des qualités attendues liées aux polysaccharides (PERSON, 2010).

2.3.2. Avantages de l'utilisation des extraits d'algues

Au XI^{ème} siècle, les paysans des côtes de Bretagne et du Portugal utilisaient déjà les algues comme amendement pour améliorer et maintenir la fertilité de leur sol. Les orientaux en avaient déjà réalisé les bienfaits quelques siècles auparavant. L'usage des algues marines en horticulture s'est répandu en Amérique surtout à partir des années cinquante (FAO, 2010).

Des recherches démontrent alors que les algues améliorent significativement les rendements et la qualité des cultures, même appliquées à de faibles doses, en fertilisation foliaire ou sur le sol. Des produits concentrés, sous forme de farine ou de liquide, commencent à être distribués (YUAN et al, 2005). Les extraits d'algues participent dans : (i) l'amélioration de l'absorption des éléments nutritifs, (ii) la stimulation de la germination, (iii) la stimulation de la rhizogénèse, (iv) la stimulation de la croissance foliaire, (v) la stimulation de la floribondité, (vi) l'accroissement du calibre des fruits, (viii) une meilleure résistance aux stress abiotiques (stress hydrique, chaleur, gel ...), (ix) une meilleure résistance aux stress biotiques (phytopathogènes, ravageurs) (HOSOKAWA et al, 2004).

Chapitre III : 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 l'haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. (var. Djadida) cultivé sous serre. Les changements opérés sur la qualité phytochimique, les paramètres de croissances et les paramètres de production de l'haricot seront évaluées après l'apport de deux biofertilisants (extrait d'algues marine & lombricomposte).

1. Présentation et climat de la région d'étude

La Mitidja est une vaste plaine, située à une altitude Nord moyenne de 36 à 48° et une altitude moyenne de 30 et 50 mètres. Elle s'étend sur une longueur de 100 kilomètres et une largeur de 5 et 20 kilomètres. Elle couvre une superficie de 150 000 ha et correspond à une dépression allongée d'Ouest en Est. Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued Nador, à l'Est par l'Oued Boudouaou et bordée par deux zones élevées; le Sahel au Nord et l'Atlas Tellien au Sud. Elle ne s'ouvre que sur quelques kilomètres sur la mer Méditerranée (LOUCIF et BONAFONTE, 1977).

Les données climatiques sont parmi les facteurs écologiques les plus importants qui agissent sur les populations (DAJOZ, 2006 *in* STASAIID F. Z., 2014). Selon RAMADE (2003) *in* STASAIID F. Z., 2014, la température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Selon l'I.T.A.F. (2014), l'analyse des températures de la dernière décennie de la région de Mitidja, fait ressortir que les basses températures sont enregistrées aux mois de janvier et février. Les hautes températures sont notées durant les mois de juillet et août. À partir du mois du février les températures augmentent et

atteint le maximum au mois d'aout, et à partir de ce mois. Les données enregistrées durant l'année de l'expérimentation nous révèlent que la température la plus élevée a été observée au mois Aout (30,45°C) de l'année 2014 et la température la plus basse a été enregistrée au mois de février (11,51°C).

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale. Le total des précipitations cumulées durant l'année ne dépasse pas les 669,40 mm. Les mois les plus pluvieux sont Mai, Janvier et Février. Cette distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et l'alternance saison humide et saison sèche joue un rôle régulateur des activités biologiques des êtres vivants.

Le diagramme Ombrothermique de (2004 à 2014), montre deux périodes fondamentales: l'une humide de huit mois s'étalant de Janvier à Mai puis d'Octobre à Décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à Septembre. L'indice d'EMBERGER permet la caractérisation des climats et leur classification dans l'étage bioclimatique sub –humide à hiver doux.

2. 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 de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida 1 durant la période 28/12/2014 – 12/03/2015.

L'expérimentation a été réalisée dans une serre de 382,5 m² de surface en polycarbonate (Fig. 2), sous des conditions semi-contrôlées, d'exposition nord-sud. L'éclairement 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 2 : Présentation du site expérimental (Google earth, 2014).

3. Matériel d'étude

3.1. Obtention des plantules du haricot

L'expérimentation a été menée sur des plantules d'haricot vert *Phaseolus vulgaris*. L d'une variété Djedida à croissance déterminée (naine), appartenant au groupe des haricots mange-tout et destiné pour la consommation en frais. Les graines du haricot sont imbibées dans l'eau pendant 24h. Le semis a été effectué dans deux alvéoles en plastique le 10/12/2014 remplies de tourbe à raison de 1 graine par alvéole (Fig. 3). Au stade 2 feuilles, les plantes de haricot ont été repiquées dans les pots plastiques de 13,5 cm de hauteur et 15,5 cm de diamètre, ils sont de couleurs marron ayant une capacité de 1500 ml et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la quantité d'eau excédentaire. Les pots sont remplis de terre et peut de gravier à la bas.



Figure3 : Plantule de l'haricot à la levée (Originale, 2014)

3.2. Présentation des traitements (Biofertilisants)

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

- **DALGIN**, est un produit liquide 100% d'extrait d'algue marine, formulé à partir de *l'ascophyllum nodosum*, qui constitue une réserve naturelle de micro et des macronutriments, des acides aminés et des hydrates de carbone qui augmentent le rendement des cultures, de sa qualité et de sa vigueur, inclut des promoteurs de croissance d'origine naturelle comme cytokinines, auxines et gibbérellines. DALGIN, est un fertilisant spécialement recommandé pour des applications foliaires, bien qu'il puisse aussi s'employer en irrigation par voie racinaire, pour une action parfaite du produit, on recommande de distribuer les pulvérisations en augmentant la fréquence d'application.

- BIOFERTILISANT (Le jus de lombricompost brute formulé)

L'élevage de ver de terre anécique « *Eisinia fetida* » sur des déchets ménagés produit deux types d'engrais ; le lombricompost et le jus. Pour obtenir un lombricompost, il faut utiliser un système de casier qu'on superpose l'un sur l'autre et en mettant dedans les lombrics et les déchets ménagés et de la terre a

fin qu'il puisse dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu'on appelle le thé du lombric (jus de lombricompost). Le jus de lombricompost 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 lombricompost (Fig. 4 a).

Le bioproduit est préparé sur la base du jus de lombricompost est issu d'un élevage de ver de terre anécique sur des déchets ménagés. Le jus de lombricompost brute est utilisé comme matière active à la quelle un mélange de mouillant, de pénétrant set tension actif (Glycérol, poly glucoside et Plastifiant) sont ajoutés, après une agitation active à l'ultraturax. La formulation testée est enregistrée au non de Mr. DJAZOULI Z.E. sous le numéro du brevet (DZ/P/2015/000256) (Fig. 4 b)



Figure 4 : dispositif de production du jus de lombricompost

(a)lombricomposteur vertical (b) bioproduit formulé

4. Méthodes d'étude

4.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

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

A partir du stade deux feuilles, nous avons procédé à l'apport par application foliaire des différents traitements aux doses respectives ($V_{\text{produit formulé}}/V_{\text{quantité d'eau}}$) : biofertilisant a faible dose a base de jus d'ombricomposte **B4 (4ml/l)**, **B8** biofertilisant a forte dose a base de jus d'ombricomposte (**8ml/l**), le biofertilisant a dose homologué a base d'extrait d'algue **BDH (4ml/l)**. Le bloc témoin a reçu une application foliaire à l'eau courante. L'apport des traitements est renouvelé chaque 15 jour durant toute la période d'étude. Avant chaque apport des biofertilisants deux plants sont prélevés de chaque bloc afin d'estimer les paramètres biochimiques, de croissance et de production.



Figure 5: Dispositif expérimental

4.2 Evaluation de l'effet des traitements sur les paramètres de croissance

A partir des plantules retirées de chaque bloc expérimentale et du début d'apparition du stade deux feuilles et jusqu'au stade de nouaison 4 feuilles sont étalées sur un papier millimétré on faisant apparaître clairement les rebords. Ainsi, pour la croissance en longueur des plants, les plantes sont ajustées à une règle. Les feuilles ainsi étalées et les plantes ajustés à la règle sont prises en photos par un appareil photos numérique en gardant le même taux de pixel. Les photos numérisées sont traités par le logiciel ImageTool ver. 3.0. Afin d'évaluer la longueur des plants du haricot et la surface foliaire. Enfin, les racines sont pesées séparément par traitement et par bloc.



Figure 6 : Méthode d'estimation de la croissance foliaire et la croissance en longueur des plantules du haricot (Original, 2015)

4.3. Evaluation de l'effet des traitements sur les paramètres de production

4.3.1. Estimation du nombre des fleurs

Nous avons procédé un comptage des fleurs de chaque plante jusqu'à la nouaison. Ainsi, la somme de la production florale par bloc a été obtenue. Pour les études comparative, nous avons opté pour la valeur moyenne de la

production florale on calculant le rapport production florale par bloc / Nbre de plant (22).

4.3.2. Estimation du nombre des gousses

Ce comptage est effectué à la maturité, les fruits sont cueillis et comptés individuellement des plantes et au niveau de chaque bloc. Pareillement, comme les fleurs, le nombre de gousse est estimé par le rapport production de fruit par bloc / Nbre de plant (22).

4.3.3. Estimation du poids des gousses

Les fruits sont pesés séparément par traitement et par bloc.

4.4. Evaluation de l'effet des traitements sur la phytochimie du haricot

4.4.1. Extraction et quantification de la Proline

La proline est déterminée par la méthode proposée par BERGMAN et LOXLEY (1970) qui consiste à mettre 200 mg de matière végétale fraîche avec 1ml d'eau distillé dont le tout est homogénéisé 10 min par centrifugation. Dans des tubes à essai on prendra 0.5ml d'homogénat est additionnée à 0,5ml d'acide acétique glacial et 0,5ml de solution de ninhydrine. Le mélange est incubé dans le bain marri pendant 100 min à 100 °C.

Après incubation les échantillons ont été extraits avec un volume 1.5ml de xylène. L'absorbance de la phase aqueuse a été quantifiée à 522 nm. Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de courbe d'étalon dont la relation est la suivante :

$$Y=0,1043 X$$

Avec :

Y:étant l'absorbance

X: étant la quantité de proline exprimée en µg /g.M.F.

4.4.2. Extraction et quantification de la chlorophylle totale

La chlorophylle totale est estimée d'après le protocole proposé par TAHIRI *et al.*, (1998) *in* STASAIID F. Z., 2014. 50 mg de matière végétale fraîche est broyée dans l'acétone 80%. L'extrait obtenu est centrifugé à 4500 tours pendant 5min.

L'absorbance de la totalité des surnageant obtenus est mesuré à 646,8 nm et à 663,2 nm. La concentration en chlorophylle totale est donnée par la formule suivante:

$$\text{C.C.T (mg. /g.M.F.)} = 7, 15 \times \text{DO}_{663, 2} + 18, 71 \times \text{DO}_{646, 8} \text{V/M}$$

Avec :

V= volume de l'extrait totale en litre.

M= la masse de la matière fraîche broyée en gramme.

4.5. Analyses statistiques des résultats

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (doses du bioproduit, variation des quantités des intrants de la formulation, abondance, densité et fécondité), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour ANalysis Of VAriance), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans les cas la distribution n'obéit pas à la loi normal on aura recoure au test kruskal-Wallis. Dans la mesure où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 4 catégories. Les tests statistiques ont été déroulé par le logiciel PAST version 3.1 (Hammer *et al.*, 2001 *in* STASAIID F. Z., 2014). Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests.

Chapitre V : Résultats

Dans le présent chapitre nous exposons les résultats relatifs aux effets de différents biofertilisants (phytofortifiants) formulés à base d'algues marines et de jus de lombricompost sur la productivité de l'haricot vert. Les réponses de l'haricot vert en termes de la modulation de la qualité phytochimique, et de variation des paramètres de croissance et de production seront développées.

1. Effet de l'alimentation organique sur les paramètres biochimiques

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats du remaniement des taux de la chlorophylle et de la proline obtenus à travers l'application des différentes doses des biofertilisants.

1.1. Effet sur l'accumulation en Chlorophylle

Le graphe de la figure 7 présente l'évolution temporelle de l'accumulation de la chlorophylle chez le haricot vert sous l'effet de la dose faible B4 (4ml/l) et forte B8 (8ml/l) du biofertilisant à base de lombricompost et de la dose homologuée de l'extrait d'algues marines BDH (4ml/l). Les profils dressés par la fluctuation des taux de la chlorophylle permettent de dire que les différents biofertilisants ont enregistré une baisse temporelle appréciable par comparaison aux quantités enregistrées chez le témoin durant toute la période d'étude (Figure 7).

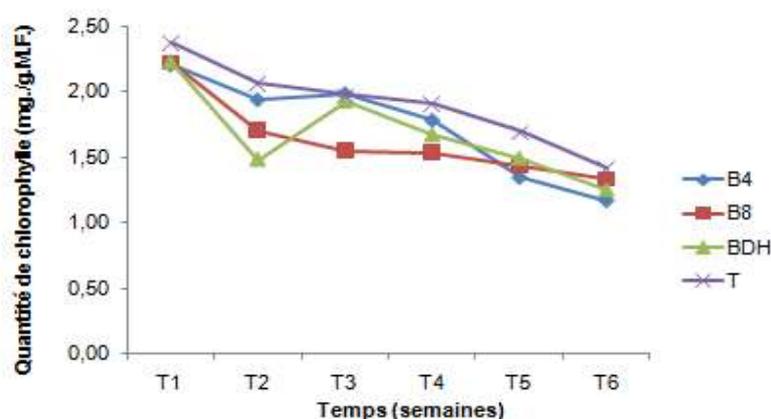


Figure 7: Evolution temporelle des taux de la chlorophylle sous l'effet des biofertilisants.

Dans l'esprit de mieux visualiser l'effet des différents biofertilisants, sur le taux d'accumulation de la chlorophylle, nous avons été conduits à tracer le graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) (Fig. 8). Ce dernier a permis de dire que les différentes doses des biofertilisants s'ajustent pareillement en termes des faibles quantités de la chlorophylle (Quartile 1, $Q_1=1,4$) par rapport au témoin (Quartile 1, $Q_1= 1,8$). En revanche, les valeurs du quartile 3 ($Q_3=2$) montrent clairement le rapprochement de la faible dose (B4) du biofertilisant à base de jus de lombricompost et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines au quartile 3 du témoin. Le même graphique indique que la forte dose (B8) du biofertilisant à base de jus de lombricompost induit une forte baisse en chlorophylle ($Q_3= 1,7$) (Fig. 8).

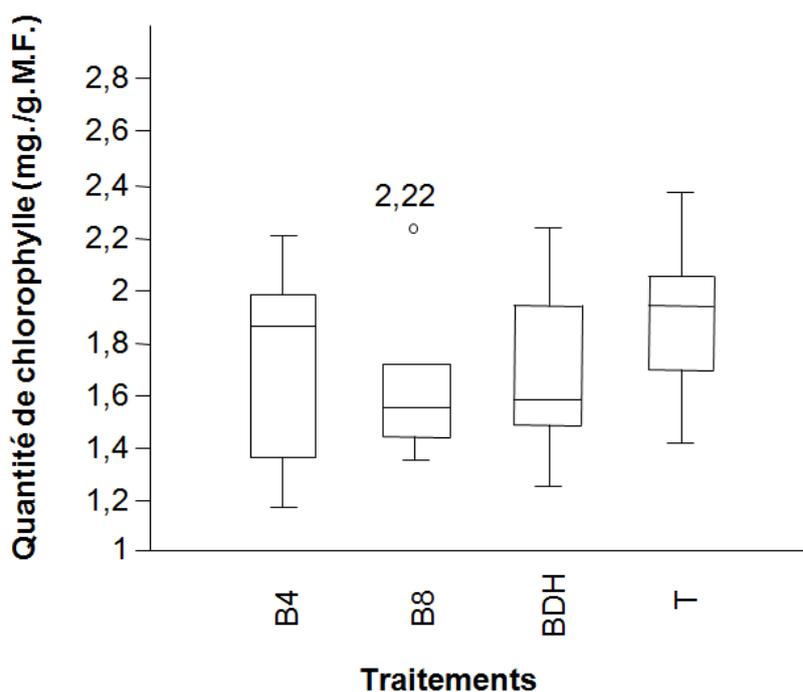


Figure 8 : Effet comparé des biofertilisants sur l'accumulation de la chlorophylle

En finalité, les valeurs de la médiane indiquent que les proportions des taux les plus faibles sont les plus dominants chez le témoin (T) (Médiane=1,93) et la

faible dose du biofertilisant (B4) (Médiane=1,86), alors que les proportions des taux les plus

forts sont les plus dominants chez le biofertilisant homologué (BDH) (Médiane=1,58) et la forte dose du biofertilisant (B8) (Médiane=1,54) (Tableau 3).

Tableau n°3: Test de comparaison par paire appliqué aux taux de la chlorophylle

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	1,7367	1,8983	1,63	1,8983	1,675	1,8983
Médiane	1,86	1,935	1,54	1,935	1,58	1,935
Test Wilcoxon	0,0463*		0,0277*		0,0277*	
Test Monte Carlo	0,0632 ^{N.S.}		0,0308*		0,0305*	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	1,7367	1,63	1,7367	1,675	1,63	1,675
Médiane	1,86	1,54	1,86	1,58	1,54	1,58
Test Wilcoxon	0,3454 ^{N.S.}		0,7531 ^{N.S.}		0,6001 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,4404 ^{N.S.}		0,8445 ^{N.S.}		0,6864 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations enregistrées dans les quartiles 1 (Q₁) font ressortir le facteur alimentation organique comme élément de restriction dans l'accumulation de la chlorophylle chez le haricot vert. Ce constat est confirmé par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui stipule l'existence d'une différence significative (p<5%) entre les quantités enregistrées chez le témoin (traité à l'eau courante) et les traités (exposés aux différentes doses de biofertilisants formulés). Les mêmes tests font ressortir l'absence de différence dans les taux de chlorophylle accumulés par application des biofertilisants (p>5%) (Tableau 3).

1.2. Effet sur l'accumulation en Proline

Le graphe de la figure 9 présente l'évolution temporelle de l'accumulation de la proline chez le haricot vert sous l'influence de la dose faible B4 (4ml/l) et forte B8 (8ml/l) du biofertilisant à base de lombricompost et de la dose homologuée de l'extrait d'algues marines BDH (4ml/l). Les profils dressés sont caractérisés par l'instabilité des taux de la proline. Globalement, la fluctuation des taux de la proline nous a permis de dire que les biofertilisants à base de lombricompost a faible dose B4 (4ml/l) a enregistré la plus grande production de proline par comparaison au biofertilisant a forte dose B8 (8ml/l) et l'extrait d'algues marines BDH et le témoin et en remarque aussi que le biofertilisant à base de lombricompost induit une production de proline plus élevée que l'extrait d'algues marines sous l'effet de la dose homologuée de BDH.

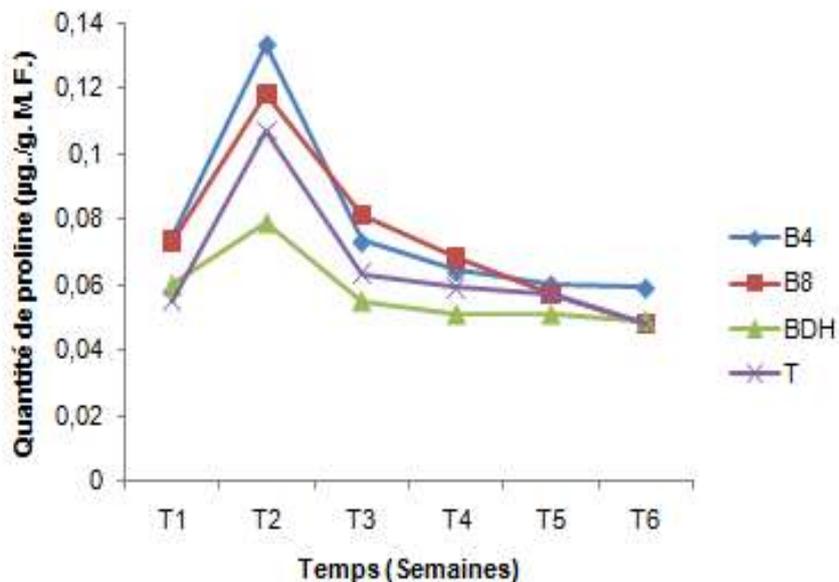


Figure 9 : Evolution temporelle des taux de la proline sous l'effet des biofertilisants

Le graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) (Fig. 10), fait distinguer l'effet des différents biofertilisants sur le taux d'accumulation de la proline.

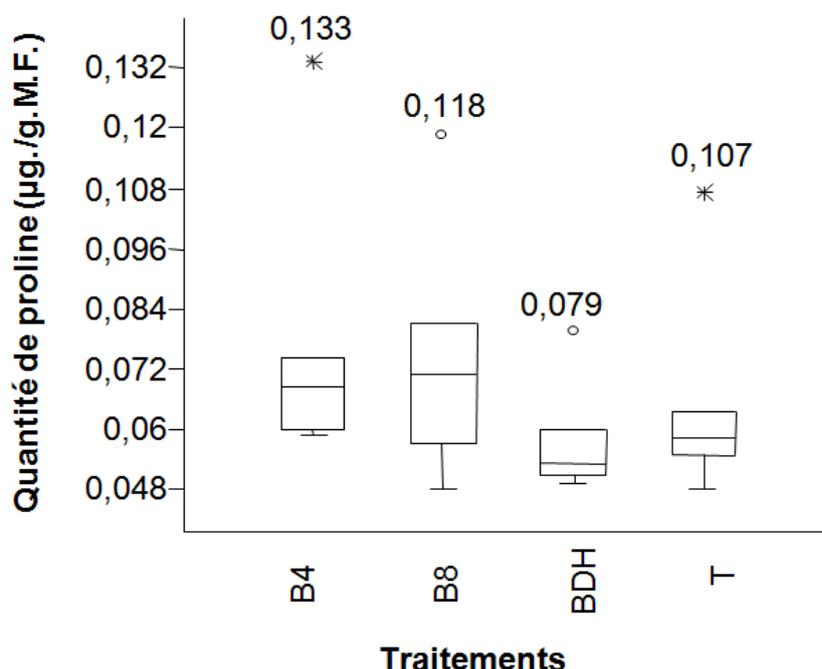


Figure 10 : Effet comparé des biofertilisants sur l'accumulation de la proline

Ce graphe a permis de dire que le biofertilisant à base de lombricompost à faible dose B4 (4ml/l) et forte dose B8 (8ml/l) a une valeur du quartile 3 ($Q_3=0,08$) plus élevé par rapport à la dose homologuée (BDH) du biofertilisant et du témoin. Mais, en remarque que les différentes doses des biofertilisants à base de lombricompost et le témoin s'ajustent similairement en termes des faibles quantités de la proline (Quartile 1, $Q_1=0,06$) par contre en constate une diminution plus importante chez la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines (Quartile 1, $Q_1= 0,04$).

En finalité, les valeurs de la médiane présentent que les proportions des taux les plus forts sont les plus dominants chez le biofertilisant homologué (BDH) (Médiane= $0,053$) et le témoin (T) (Médiane= $0,058$) par contre les proportions des taux les plus faibles sont les plus dominants chez la faible dose du biofertilisant (B4) (Médiane= $0,0685$), et la forte dose du biofertilisant (B8) (Médiane= $0,0705$), (Tableau 4)

Tableau n°4: Test de comparaison par paire appliqué aux taux de la proline

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	0,077167	0,0649	0,074167	0,0649	0,057517	0,0649
Médiane	0,0685	0,058	0,0705	0,058	0,053	0,058
Test Wilcoxon	0,0277*		0,0678 ^{N.S.}		0,1158 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0306*		0,125 ^{N.S.}		0,1579 ^{N.S.}	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	0,077167	0,074167	0,077167	0,057517	0,074167	0,057517
Médiane	0,0685	0,0705	0,0685	0,053	0,0705	0,053
Test Wilcoxon	0,4630 ^{N.S.}		0,0277*		0,0463*	
Test Monte Carlo	0,5618 ^{N.S.}		0,0307*		0,0635 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations notées dans les quartiles 1 (Q_1) fait ressortir le facteur alimentation organique comme élément de limitation dans l'accumulation de la proline chez le haricot vert. Ce travail est confirmé par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui précise l'existence d'une non signification ($p > 5\%$) ceci indique l'absence de différence dans les taux de proline entre le biofertilisant a forte dose (B8) et les quantités enregistrées chez le témoin (*traité à l'eau courante*) et entre le biofertilisant homologué (BDH) et le temion (T) par contre en enregistre l'existence d'une différence significative ($p < 5\%$) entre le biofertilisant a faible

dose (B4) et le témoin. Les mêmes tests font ressortir l'existence d'une différence significative ($p < 5\%$) entre les biofertilisant B4 et BDH et entre B8 et BDH par contre en enregistre l'absence de différence dans les taux de proline ($p > 5\%$) entre le faible dose (B4) et forte dose (B8) (Tableau 4).

2. Effet de l'alimentation organique sur les paramètres de croissances

Dans cette partie on illustre les résultats du changement de croissance en longueur et en surface foliaire et du poids des racines des plantes obtenus à travers l'application des différentes doses des biofertilisants

2.1. Effet sur la croissance en longueur des plantes

L'évolution temporelle de la longueur des plantules du haricot vert (figure 11) sous l'effet de la dose faible B4 (4ml/l) et de la forte dose B8 (8ml/l) du biofertilisant à base de lombricompost et de la dose homologuée de l'extrait d'algues marines BDH (4ml/l) permettent de révéler une augmentation importante de la longueur par rapport au témoin dès la première application. Le B4 (4ml/l) affiche les meilleurs résultats, par rapport à la forte B8 (8ml/l) du biofertilisant à base de lombricompost et de la dose homologuée de l'extrait d'algues marines BDH qui a enregistré une évolution moins conséquente de la longueur des plantes traitées. Par la suite la longueur présente une stabilité régulière de la croissance durant toute la période d'étude.

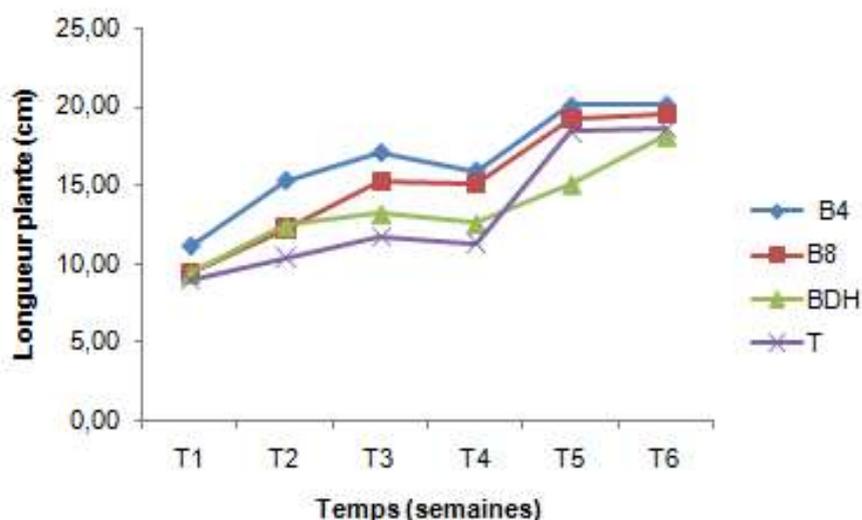


Figure 11 : Variation temporelle de la croissance en longueur des plants du haricot sous l'effet des biofertilisants

Le graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) (Fig. 12) permet de mieux apercevoir l'effet des différents biofertilisants sur la croissance en longueur. Ce graphe a permis d'exprimer que le biofertilisant à faible dose B4 (4ml/l) enregistre une meilleure élévation dont le quartile 1 indique une valeur importante (Quartile 1, $Q_1=15$) par rapport à la forte dose B8 (8ml/l) du même biofertilisant et la dose homologuée (BDH) à base d'algues marines (Quartile 1, $Q_1=12$). Similairement, le témoin enregistre une faible élévation par rapport au autre traitement (Quartile 1, $Q_1=10,5$). En revanche, les valeurs du quartile 3 montre clairement l'ajustement en terme de forte élévation d'ordre de ($Q_3=20$), du biofertilisant à base de jus de lombricompost de la faible dose (B4) et la forte dose (B8) et le témoin, par ailleurs le biofertilisant à base d'extraits d'algue BDH (4ml/l) indique une faible réduction en longueur d'ordre de ($Q_3=15$) (Fig. 12).

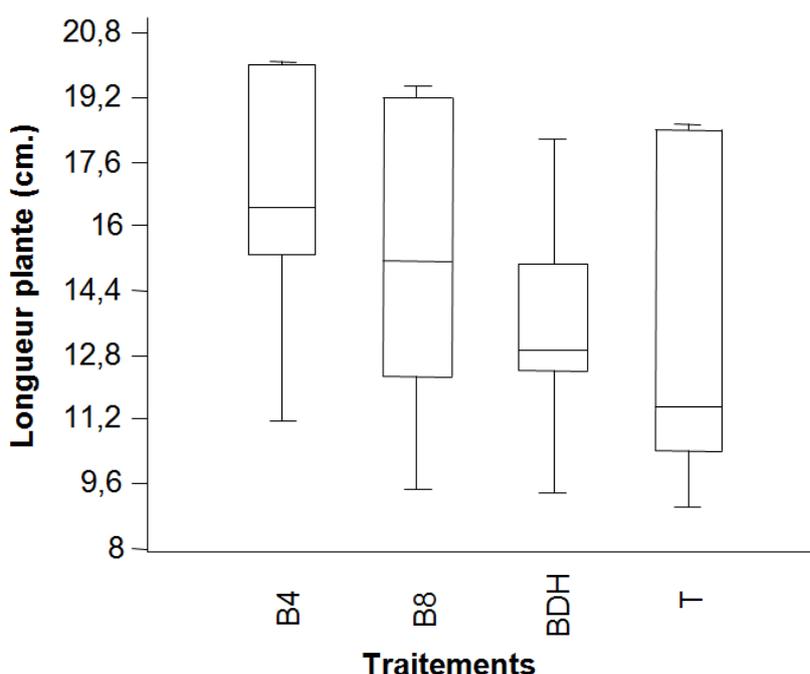


Figure 12 : Effet comparé des biofertilisants sur la croissance en longueur des plants

Les valeurs de la médiane montrent que les proportions des taux les plus forts sont les plus dominants chez le biofertilisant à faible dose (B4) (Médiane=16,46),

la forte dose du (B8) (Médiane=15,145) et le témoin (T) (Médiane=11,51). En revanche,

les proportions des taux les plus faibles sont importants mais le taux les plus forts restent les plus dominants chez le biofertilisant homologué (BDH) (Médiane=12,875) (Tableau5).

Les variations enregistrées dans les quartiles 3 (Q₃) font ressortir que alimentation organique favorise l'élongation des plantules du l' haricot vert. Ce constat est confirmé par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui précise l'existence d'une différence significative (p<5%) entre le biofertilisant a faible dose (B4) et le témoin (traité à l'eau courante) et entre les biofertilisant a forte dose (B8) et témoin. Par contre enregistre l'absence de différence signification entre le biofertilisant à base d'extrais d'algue BDH et témoin. Les mêmes tests font ressortir une différence significative (p<5%) entre les biofertilisant a faible dose (B4) et a forte dose (B8) et les biofertilisant à base d'extrais d'algue BDH et a faible dose (B4) par contre enregistre l'absence d'une signification entre le biofertilisant à forte dose (B8) et la dose homologué à base d'extrais d'algue BDH (Tableau 5).

Tableau n°5: Test de comparaison par paire appliqué à la longueur des plants

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	16,555	13,212	15,098	13,212	13,448	13,212
Médiane	16,46	11,51	15,145	11,51	12,875	11,51
Test Wilcoxon	0,0277*		0,0277*		0,6001 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0304*		0,0308*		0,6872 ^{N.S.}	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	16,555	15,098	16,555	13,448	15,098	13,448
Médiane	16,46	15,145	16,46	12,875	15,145	12,875
Test Wilcoxon	0,0277*		0,0277*		0,0747 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0298*		0,0314*		0,0952 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

2.2. Effet sur la croissance de la surface foliaire des plantes :

La (Figure 13) qui concerne l'évolution temporelle de la surface foliaire chez l'haricot vert sous l'effet de la dose faible B4 (4ml/l) et la dose forte B8 (8ml/l) du biofertilisant à base de lombricompost et de la dose homologuée de l'extrait d'algues marines BDH (4ml/l).

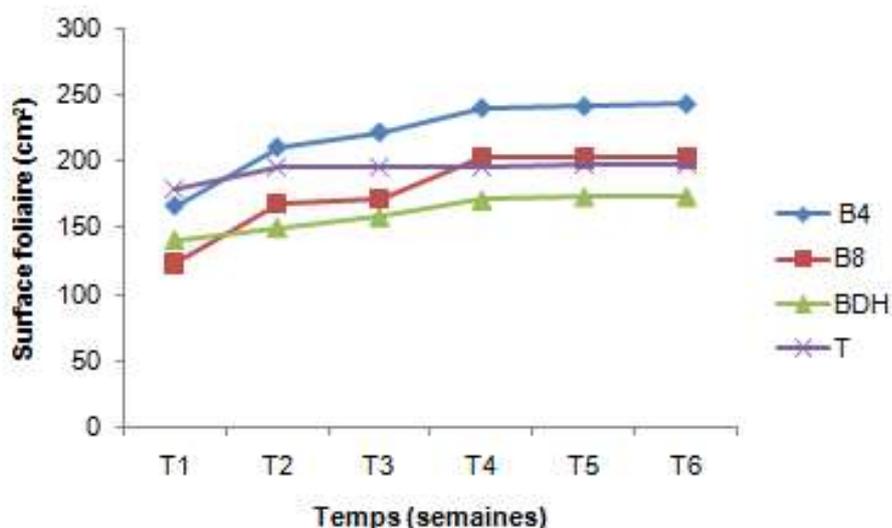


Figure 13 : Variation temporelle de la croissance foliaire des plants du haricot sous l'effet des biofertilisants

D'après le graphe on constate que le biofertilisant à dose faible B4 (4ml/l) enregistre une évolution progressive notable de la surface foliaire suivi par le biofertilisant à la dose forte B8 (8ml/l) par comparaison au témoin et à l'extrait d'algues marines BDH. Ce dernier n'a pas un effet remarquable sur la croissance de la surface foliaire, où nous avons enregistrées une faible évolution. La croissance en surface foliaire se stabilise dès le 5^{ème} apport.

Le Box Plot (Fig. 14), révèle que le biofertilisant a dose faible B4 (4ml/l) abouti à une croissance foliaire importante (Quartile 1, $Q_1=210$). Tandis que le biofertilisant à forte dose B8 (8ml/l) et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant

à base d'extrais d'algue s'accroissent pareillement en termes des faibles quantités (Quartile1,

$Q_1=150$). Les valeurs du quartile 3 montrent le rapprochement de biofertilisant à forte dose B8 (8ml/l) et le témoin (Quartile 3, $Q_1=200$) qui diffèrent du biofertilisant a dose faible B4 (4ml/l) (Quartile 1, $Q_1=240$). Le même graphique indique que le BDH à base d'extrais d'algue mentionne une forte baisse en croissance de la surface foliaire (Quartile 1, $Q_1=170$). (Fig. 14).

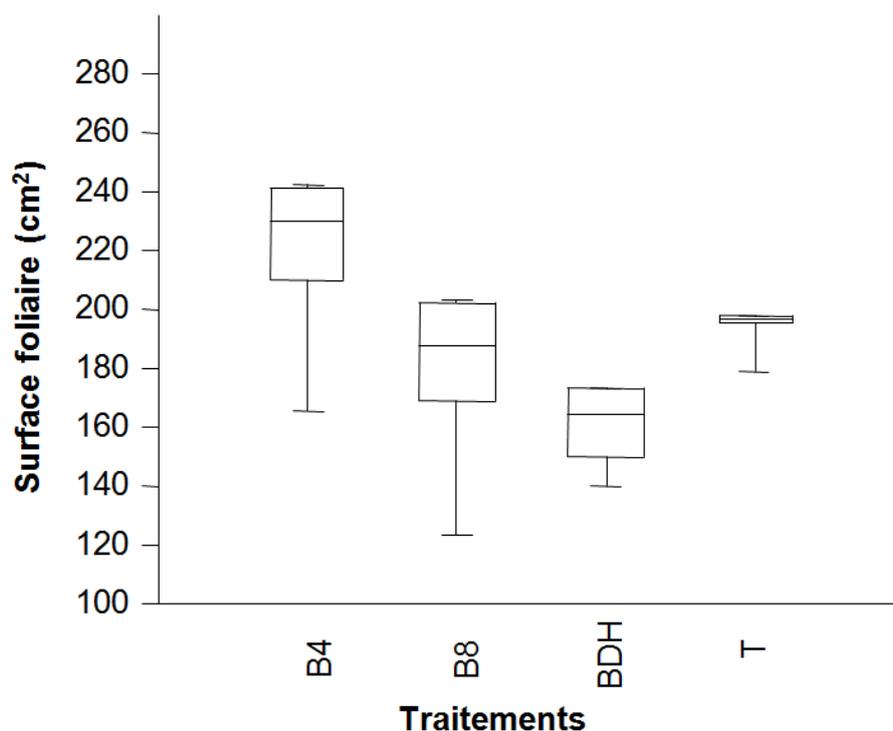


Figure 14 : Effet comparé des biofertilisants sur la croissance de la surface foliaire

Les valeurs de la médiane indiquent que les proportions des taux les plus faibles sont les plus dominants chez le biofertilisant à faible dose du (B4) (Médiane=230,47), et à forte dose (B8) (Médiane=187,31), aussi le BDH à base d'extrais d'algue (Médiane=164,08) (Tableau 6).

Tableau n°6 : Test de comparaison par paire appliqué à la surface foliaire

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	220,02	193,71	178,63	193,71	160,68	193,71
Médiane	230,47	196,22	187,31	196,22	164,08	196,22
Test Wilcoxon	0,0463*		0,3454 ^{N.S.}		0,0277*	
Test Monte Carlo	0,0623 ^{N.S.}		0,4373 ^{N.S.}		0,0311*	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	220,02	178,63	220,02	160,68	178,63	160,68
Médiane	230,47	187,31	230,47	164,08	187,31	164,08
Test Wilcoxon	0,0277*		0,0277*		0,0747 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0308*		0,0302*		0,0938 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations notées dans les quartiles 1 (Q_1) font ressortir que l'alimentation organique favorise la croissance en surface foliaire chez l'haricot vert. Cette hypothèse est confirmée par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmée par le test de Monte Carlo, qui présente une différence significative ($p < 5\%$) entre le biofertilisant à faible dose (B4) et le témoin, aussi entre le biofertilisant à base d'extraits d'algues BDH et témoin. Le même test signale l'existence de différence non significative ($p > 5\%$) chez le biofertilisant à forte dose (B8) et le témoin. Les mêmes tests font ressortir une différence significative ($p < 5\%$) entre les biofertilisants à faible dose B4 et à forte dose B8, également pour les traitements (B4) et BDH. En dernier il en résulte l'absence de différence ($p > 5\%$) entre les biofertilisants à base de lombricompost à forte dose (B8) et le BDH à base d'extraits d'algues (Tableau 6).

2.3. Effet sur le poids des racines des plantes

Les profils de l'évolution temporelle du poids des racines chez l'haricot vert dressés permettent de dire que les différents biofertilisants ont enregistré un gain

pondéral appréciable par comparaison aux valeurs enregistrées chez le témoin durant toute la période d'étude. Le graphique affiche aussi que la forte dose (B8) du biofertilisant à base du jus de lombricompost et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines se démarquent positivement en termes de poids par rapport à la faible dose (B4) du biofertilisant à base du jus de lombricompost ainsi que le témoin (Fig. 15)

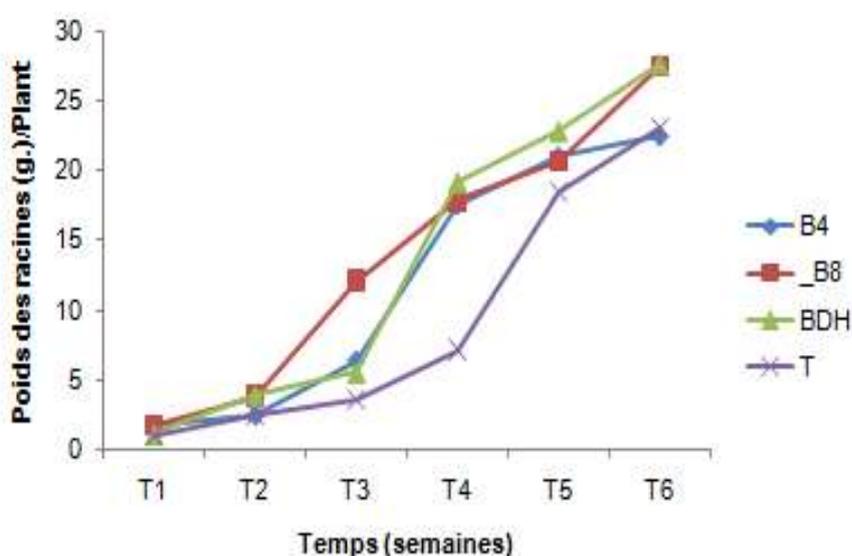


Figure 15: Variation temporelle des gains en poids des racines du haricot sous l'effet des biofertilisant

Dans le but de bien visualiser l'effet des différents biofertilisants, sur le poids des racines, nous avons été conduits à tracer le graphe de boites à moustaches (Box Plot) (Fig. 16).

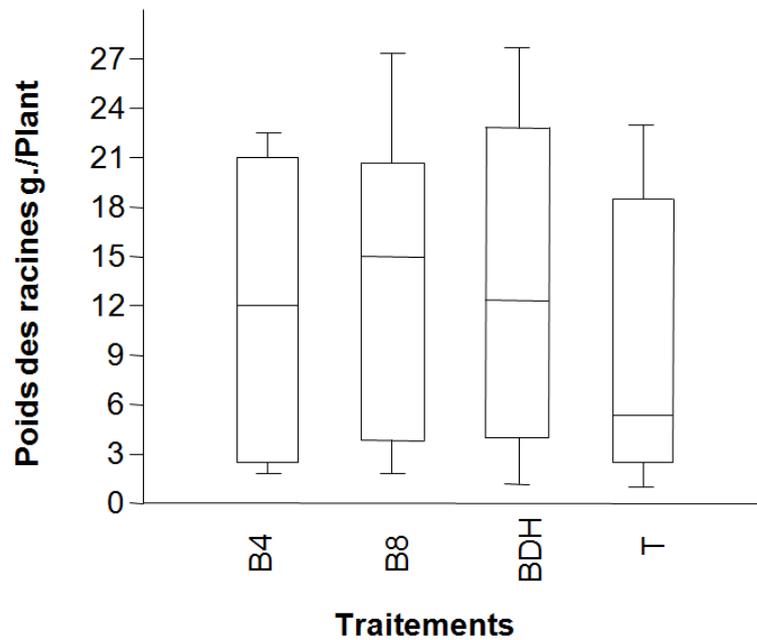


Figure 16 : Effet comparé des biofertilisants sur le poids de la phytomasse racinaire

Ce graphe a permis de dire que les différentes doses des biofertilisants à base du jus de lombricompost s'ajustent pareillement à des valeurs forte du Quartile 3 ($Q_3=21$) par rapport au témoin qui enregistre une faible valeur du Quartile 3 ($Q_3=19$). Contrairement la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines qui a enregistré un poids des racines plus grand que les autres traitements (Quartile 3, $Q_3=23$). En revanche, les valeurs du quartile 1 montrent clairement que la faible dose (B4) du biofertilisant à base du jus de lombricompost et le témoin s'ajustent pareillement (Quartile 1, $Q_1=2,8$). Le même graphique indique que la forte dose (B8) du biofertilisant à base de jus de lombricompost et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines induit un plus important de l'ordre de (Quartile 1, $Q_1=5$)

Les valeurs de la médiane indiquent que les proportions du poids racinaire les plus fortes sont les plus dominants chez le témoin (T) (Médiane=5,35) alors que les proportions du poids des racines sont égale dans la faible dose du biofertilisant (B4) (Médiane=1,86), alors que les proportions des taux les plus faible sont les plus

dominants chez la forte dose du biofertilisant (B8) (Médiane=14,95) par contre chez biofertilisant homologué (BDH) les proportions des taux les plus faible sont important mais le taux les plus forts reste le plus dominants (Médiane= 12,37) (Tableau 7)

Tableau n°7 : Test de comparaison par paire appliqué aux poids des racines

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	11,972	9,295	13,95	9,295	13,388	9,295
Médiane	12,005	5,35	14,95	5,35	12,37	5,35
Test Wilcoxon	0,1158 ^{N.S.}		0,0277*		0,0277*	
Test Monte Carlo	0,156 ^{N.S.}		0,0312*		0,0318*	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	11,972	13,95	11,972	13,388	13,95	13,388
Médiane	12,005	14,95	12,005	12,37	14,95	12,37
Test Wilcoxon	0,1158 ^{N.S.}		0,1158 ^{N.S.}		0,7531 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,1550 ^{N.S.}		0,1564 ^{N.S.}		0,8452 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations enregistrées dans les quartiles 1 (Q_1) font ressortir le facteur alimentation organique comme élément de stimulation des gains en poids racinaire de l'haricot vert. Ce résultats est confirmé par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui stipule l'existence d'une différence significative ($p < 5\%$) entre les quantités enregistrées chez le témoin et les traités par contre enregistre l'absence d'une différenciation significative ($p > 5\%$) entre le biofertilisant à faible dose (B4) et le témoin. Les mêmes tests font ressortir l'absence de différence dans le poids des racines par application des différents biofertilisants ($p > 5\%$) (Tableau 7).

3. Effet de l'alimentation organique sur les paramètres de production

Cette partie est consacrée à la présentation de l'effet d'application des différentes doses de biofertilisants sur la production florale, la nouaison et le poids des gousses

3.1. Effet sur production florale

La figure (17) présente la variation temporelle de la production florale de l'haricot sous l'effet des biofertilisants. Les graphes dressés permettent de dire que les différents biofertilisants 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 florale dès la 2^{ème} application du biofertilisant à base du jus de lombricompost à faible dose B4 (4ml/l), alors que le biofertilisant à base d'extrait d'algue (BDH) a signalé une meilleure production florale par rapport aux autres traitements. La production florale est influencée par le biofertilisant à base d'extrait d'algue (BDH) et à base de lombricompost à faible dose B4 (4ml/l) dès la 3^{ème} application des traitements

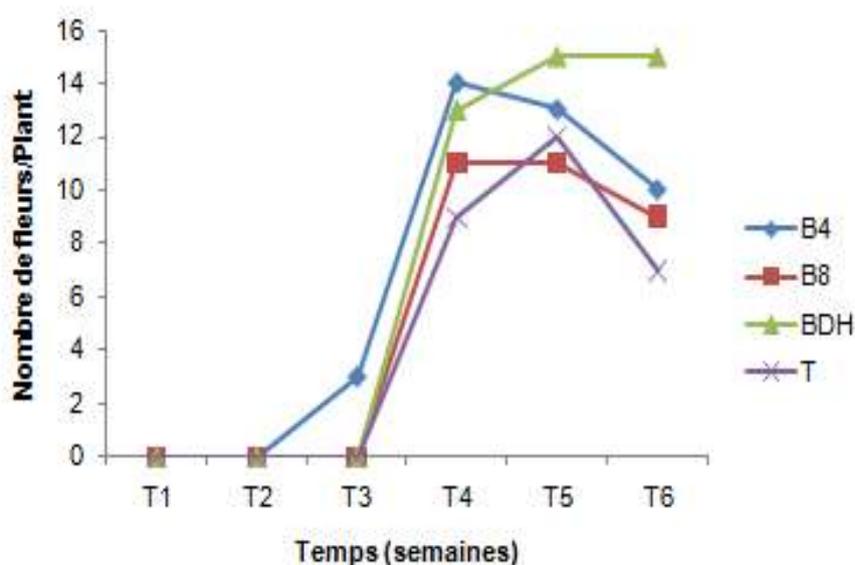


Figure 17 : Variation temporelle de la production florale du haricot sous l'effet des biofertilisants

Le graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) a démontré que les différents traitements et le témoin enregistrent une égalité en terme de faible production florale (Quartile 1, $Q_1=0$), par contre les valeurs du quartile 3 ($Q_3=14$) montrent clairement le rapprochement de la faible dose (B4) du biofertilisant à base du jus de lombricompost au quartile 3 de la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines. Et montre le rapprochement au quartile 3 ($Q_3=10$) de témoin au quartile 3 de la forte dose (B8) du biofertilisant à base du jus de lombricompost (Fig.18).

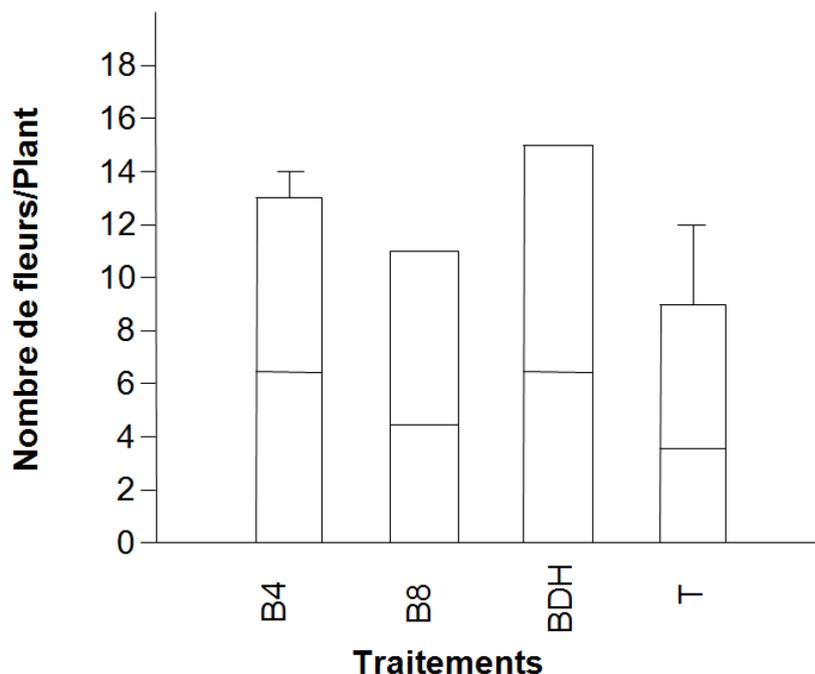


Figure 18: Effet comparé des biofertilisants sur la production florale

Les valeurs de la médiane indiquent que les proportions des taux les plus fort sont les plus dominants chez la forte dose (B8) du biofertilisant à base du jus de lombricompost (Médiane=4,5), la même information est signalée pour la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines (Médiane=6,5), et le témoin (T) (Médiane=3,5). En revanche il existe une parité entre le taux le plus faible et le taux le plus fort (Médiane=6.5) (Tableau 8).

Tableau n°8: Test de comparaison par paire appliqué à la production florale

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	6,6667	4,6667	5,1667	4,6667	7,1667	4,6667
Médiane	6,5	3,5	4,5	3,5	6,5	3,5
Test Wilcoxon	0,0656 ^{N.S.}		0,5637 ^{N.S.}		0,0832 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,1253 ^{N.S.}		1 ^{N.S.}		0,2502 ^{N.S.}	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	6,6667	5,1667	6,6667	7,1667	5,1667	7,1667
Médiane	6,5	4,5	6,5	6,5	4,5	6,5
Test Wilcoxon	0,0633 ^{N.S.}		0,4614 ^{N.S.}		0,0832 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,1260 ^{N.S.}		0,6235 ^{N.S.}		0,2485 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations enregistrées dans les quartiles3 (Q₃) font ressortir le facteur alimentation organique comme élément favorisant seulement la précocité dans la production florale chez l'haricot vert. Ce résultats est confirmé par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui stipule l'absence d'une différence significative ($p > 5\%$) entre les quantités enregistrées chez le témoin et les traités. on enregistre aussi l'absence d'une différence significative ($p > 5\%$) même avec les produits entre eux.

3.2. Effet sur la nouaison :

La figure (19) présente la variation temporelle de la production des gousses de l'haricot sous l'effet des biofertilisants. Les profils dressés par ce dernier permettent de dire que les différents biofertilisants ont enregistré une hausse production fruitière par rapport aux quantités enregistrées chez le témoin. Par contre on constate une précocité de production des gousses dès la 2^{ème} d'application du biofertilisant à base de lombricompost à faible dose B4 (4ml/l) qui a signalé une meilleur production par rapport aux autres traitements.

La production des gousses est influencée similairement par le biofertilisant à base de lombricompost à forte dose B8 (8ml/l) et le biofertilisant à base d'extrait d'algues marines BDH dès la 3^{ème} application des traitements.

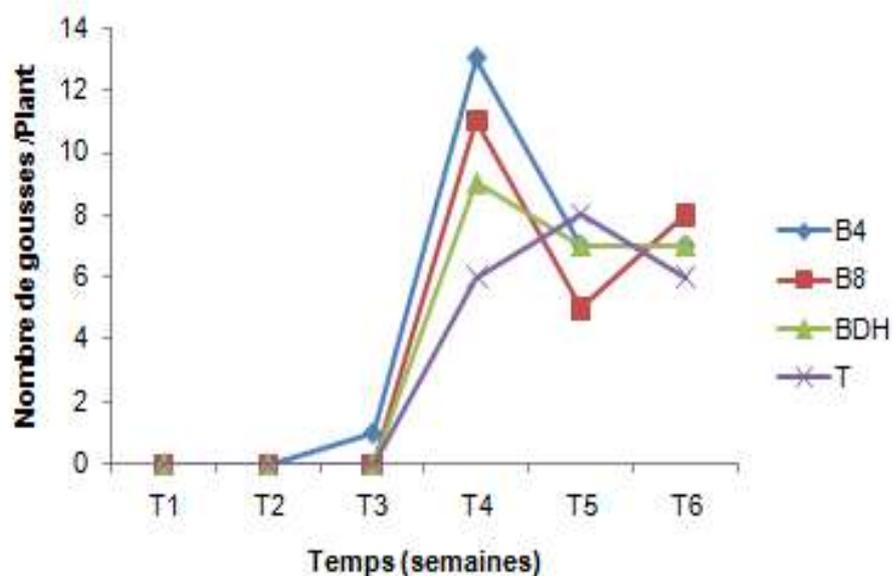


Figure 19: Variation temporelle de la production de gousses du haricot sous l'effet des biofertilisants

D'après le graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) (Fig. 20), les différents traitements et le témoin enregistrent une égalité en termes de faible production fruitière (Quartile 1, $Q_1=0$). En revanche, les valeurs du quartile 3 montrent clairement le rapprochement de la faible dose (B4) du biofertilisant à base du jus de lombricompost et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines ($Q_3=7$) au quartile 3 de la forte dose (B8) du biofertilisant à base du jus de lombricompost (Quartile 3, $Q_3=8$). Le témoin induit une production moins importante ($Q_3=6$) (Fig.20).

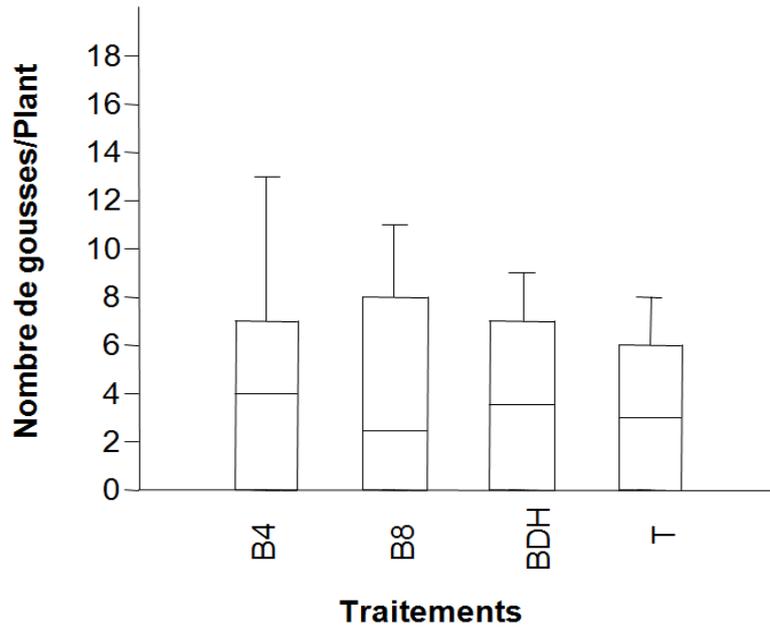


Figure 20 : Effet comparé des biofertilisants sur la production de gousses

Les valeurs de la médiane indiquent que les proportions des taux les plus faibles sont les plus dominants chez la faible dose (B4) du biofertilisant à base de jus de lombricompost (Médiane=4) , en revanche pour le témoin (T) taux les plus faibles et les plus forte sont égale (Médiane=3), le même constat est signalé pour la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines (Médiane=3,5) alors que les proportions des taux les plus forts sont les plus dominants sous forte dose du biofertilisant à base du jus de lombricompost (B8) (Médiane=2,5) (Tableau 9).

Tableau n°9: Test de comparaison par paire appliqué au nombre de gousses

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	4,6667	3,3333	4	3,3333	3,8333	3,3333
Médiane	4	3	2,5	3	3,5	3
Test Wilcoxon	0,0461*		0,0371*		0,0513 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0281*		0,0184*		0,0601 ^{N.S.}	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	4,6667	4	4,6667	3,8333	4	3,8333
Médiane	4	2,5	4	3,5	2,5	3,5
Test Wilcoxon	0,7127 ^{N.S.}		0,0157*		0,0375*	
Test Monte Carlo	0,74938 ^{N.S.}		0,0301*		0,0487*	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations notées dans les quartiles 3 (Q₃) font ressortir le facteur alimentation organique comme élément favorisant la production des gousses chez l'haricot vert. Ces résultats sont confirmés par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui visible l'existence d'une différence significative ($p < 5\%$) entre les différentes dose des biofertilisants à base de jus (faible dose (B4) et forte dose (B8)) avec le témoin. par contre la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines. Les mêmes tests font ressortir la présence de différence significative ($p < 5\%$) entre les biofertilisants a faible dose (B4) et le BDH à base d'algues marines et même pour a forte dose (B8) et le BDH à base d'algues marines, et a la fin en enregistre la non signification ($p > 5\%$) entre la faible dose (B4) et la forte dose (B8) du biofertilisant à base de jus de lombricompost. (Tableau 9).

3.3. Effet sur le poids des gousses

La figure (21) présente la variation temporelle de poids des gousses de l'haricot sous l'effet de la dose faible B4 (4ml/l), la dose forte B8 (8ml/l) du biofertilisant à

base de lombricompost et de la dose homologuée de l'extrait d'algues marines BDH (4ml/l). Les graphes dressés permettent de dire que le biofertilisant à base de lombricompost a faible dose B4 (4ml/l) enregistre une hausse en poids des gousses par rapport aux valeurs pondérales enregistrées chez les autres biofertilisants et le témoin.

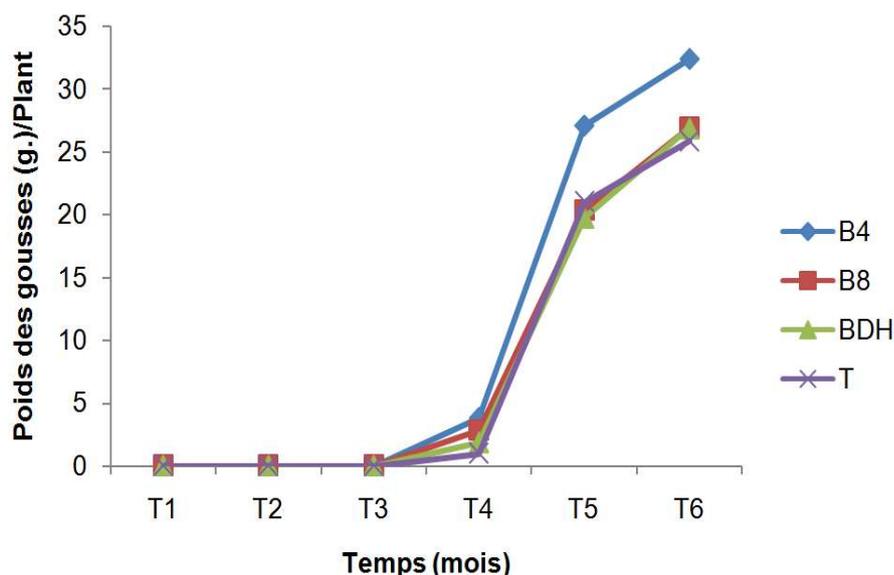


Figure 21 : Variation temporelle des gains en poids des gousses du haricot sous l'effet des biofertilisant

A partir de graphe de boîtes à moustaches (Box Plot) (Fig. 22), 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 de la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines et la forte dose (B8) du biofertilisant à base du jus de lombricompost et le témoin (Quartile3, $Q_3=20$). Le même graphique permet de confirmer que la faible dose (B4) du biofertilisant à base du jus de lombricompost induit une augmentation pondérale des gousses ($Q_3=27$) (Fig.22).

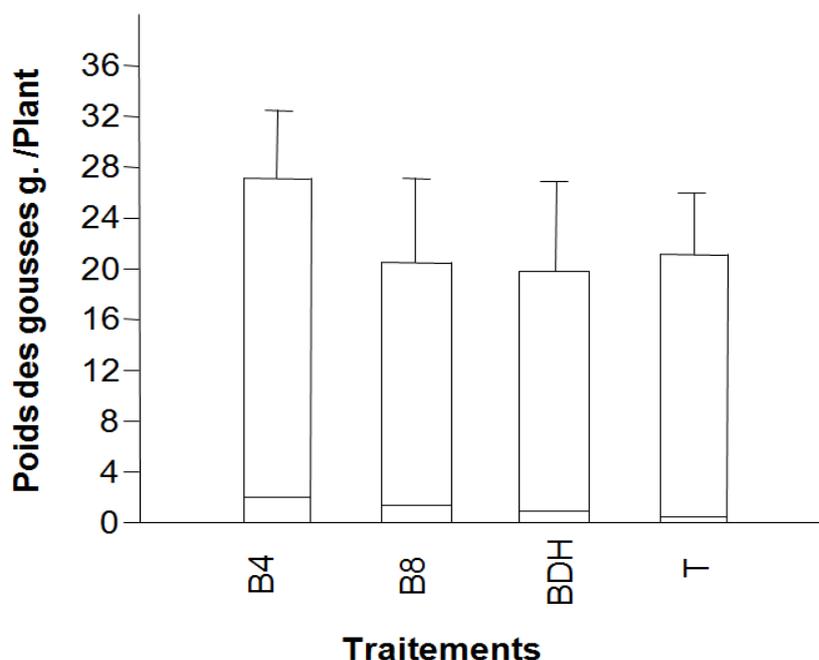


Figure 22 : Effet comparé des biofertilisants sur le poids de la phytomasse des gousses

Les valeurs de la médiane indiquent que les proportions des taux les plus faibles sont les plus dominants chez la faible dose (B4) du biofertilisant à base du jus de lombricompost (Médiane=1.9) et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines (Médiane=0.93), aussi pour le témoin (T) (Médiane=6), et même pour la forte dose du biofertilisant à base du jus de lombricompost (B8) (Médiane=1.41) (Tableau 10).

Tableau n° 10: Test de comparaison par paire appliqué aux poids des gousses

	B4	T	B8	T	BDH	T
Nombre	6		6		6	
Moyenne	10,55	7,9942	8,3717	7,9942	8,0967	7,9942
Médiane	1,9	0,4875	1,41	0,4875	0,93	0,4875
Test Wilcoxon	0,0326*		0,5637 ^{N.S.}		0,5637 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0251*		1 ^{N.S.}		1 ^{N.S.}	
	B4	B8	B4	BDH	B8	BDH
Nombre	6		6		6	
Moyenne	10,55	8,3717	10,55	8,0967	8,3717	8,0967
Médiane	1,9	1,41	1,9	0,93	1,41	0,93
Test Wilcoxon	0,0325*		0,0225*		0,0832 ^{N.S.}	
Test Monte Carlo	0,0221*		0,0203*		0,2491 ^{N.S.}	

N.S. : Non Significative au seuil 5%, * : Significative au seuil 5%

Les variations enregistrées dans les quartiles 3 (Q_3) font ressortir le facteur alimentation organique comme élément favorisant l'augmentation du poids des gousses chez l'haricot vert. Ce résultats est confirmé par la probabilité globale calculée par le test de Wilcoxon et confirmé par le test de Monte Carlo, qui stipule l'existence d'une différence significative ($p < 5\%$) entre les quantités enregistrées chez le témoin et la faible dose (B4) de biofertilisants à base du jus de lombricompost Par contre en enregistre l'absence d'une différenciation significative) ($p > 5\%$) entre le biofertilisant à forte dose (B8) et la dose homologuée (BDH) du biofertilisant à base d'algues marines avec le témoin. Les mêmes tests font résulter l'existence d'une différence significative par application des différences dose biofertilisants à base du jus de lombricompost (B4, B8) ($p < 5\%$). Mais avec l'application de la dose homologuée (BDH) du biofertilisant, en enregistre une absence de signification ($p > 5\%$) (Tableau 10).

Chapitre VI : Discussion

Les résultats auxquels nous avons aboutis en traitant l'effet des biofertilisants à base de lombricompost et d'extraits d'algues marines sur les paramètres biochimiques, de croissance et de production de l'haricot vert, nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes

Le biofertilisant à faible dose B4 (4ml/l) à base de lombricompost exerce un effet stimulant en favorisant l'accumulation de la proline, la croissance en longueur, l'augmentation de la surface foliaire et la précocité du phénomène de nouaison, par contre l'extrait d'algues marines BDH (4ml/l) influence positivement l'augmentation du poids des racines. En revanche, les deux types de biofertilisants aux doses appliquées induisent une réduction dans l'accumulation de la chlorophylle, plus accentuée chez l'extrait d'algues marines et provoquent une apparition précoce de la production florale avec un avantage à l'extrait d'algues marines (Fig.22).

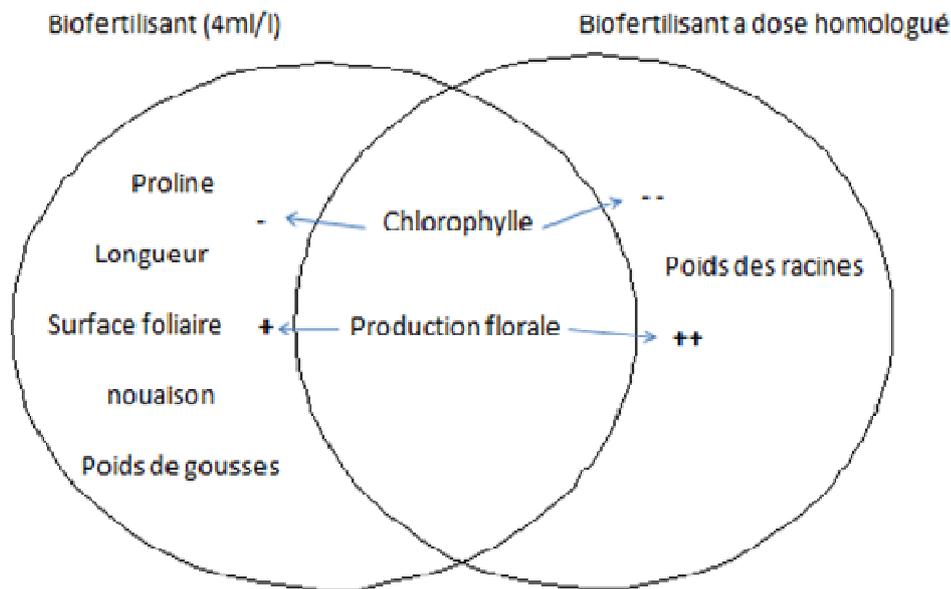


Figure23: Schéma synthétique des effets de la faible dose du jus de lombricompost formulé et des extraits d'algues marines sur la promotion de l'haricot vert

Le biofertilisant à base de lombricompost à forte dose agit positivement sur l'accumulation de la proline, la croissance en longueur, et la nouaison. Par contre le biofertilisant à base d'extraits d'algues marines a un effet plus important sur la production florale. Le point commun entre les deux traitements, c'est la production de chlorophylle, le gain dans le poids des racines et le poids des gousses. Les deux traitements influent négativement la production de la chlorophylle. Pour le poids des racines et le poids des gousses les deux biofertilisants agissent positivement avec un penchant pour le BDH (Fig.22).

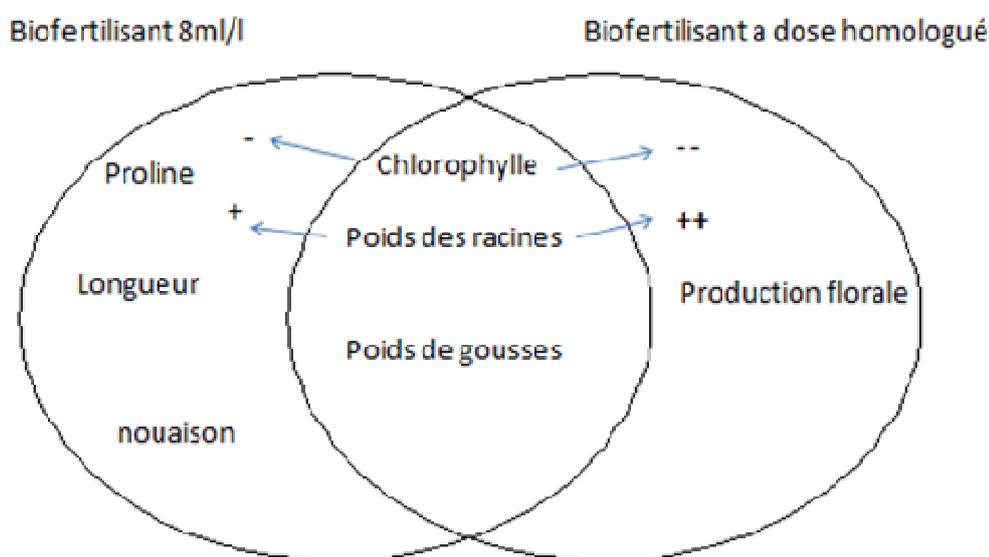


Figure 24: Schéma synthétique des effets de la forte dose du jus de lombricompost formulé et des extraits d'algues marines sur la promotion de l'haricot vert

D'après le schéma, le biofertilisant à faible dose B4 a un effet plus appréciable sur la production florale, la nouaison et sur le poids des gousses, par contre la forte dose B8 influence positivement la croissance du poids racinaire. Les deux doses agissent pareillement sur la production de la chlorophylle et la proline, et stimulent la croissance des plants et la surface foliaire.

La synthèse des effets fait apparaître un effet plus appréciable de la faible dose par comparaison à la forte dose (Fig.23).

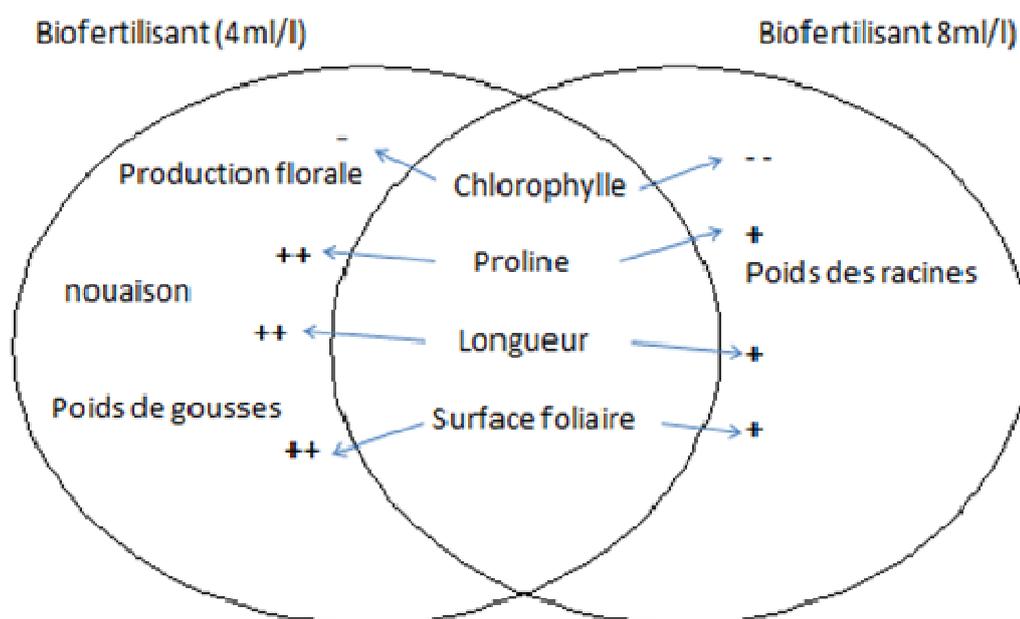


Figure 25: Schéma synthétique des effets de la faible et la forte dose du jus de lombricompost formulé sur la promotion de l'haricot vert

Les résultats concernant les paramètres de croissance affichent une croissance de la phytomasse des plantules qui expose une évolution graduelle et rapide de la croissance en longueur, en surface foliaire et en poids des racines sous l'effet de différentes doses du biofertilisant à base de lombricompost. Ce constat conduit à l'hypothèse suivante : Ces biofertilisants stimulent la multiplication du parenchyme qui permet de façon importante l'augmentation de 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 maraîchères (piment et du poivron, etc.) sous l'influence

des fertilisants organiques indique un apport convenable d'azote qui influence notablement la croissance en longueur de ces plantes.

De copieux études ont a montré que l'azote permet un accroissement du nombre de feuille chez les jeunes plants. Ces résultats sont également similaires aux travaux de Delarbre (1988) qui avait noté une variation significative du nombre de feuilles par plant à différents taux d'azote chez le piment et le poivron.

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 du sol et de la racine des cultures légumineuses.

L'évolution du taux de la chlorophylle sous l'effet des biofertilisants appliqués montre que le témoin révèle le meilleur taux accumulé de chlorophylle par apport aux différents biofertilisants. Cet état de fait nous permet d'avancer l'hypothèse suivante : la qualité et la concentration des biofertilisants a un effet sur la phytochimie des plantes. Les propos avancées trouvent leur justification au niveau des études qui ont été réalisées sur la qualité de biofertilisant et son effet sur la phytochimie des plantes. Beaucoup de travaux argumentent l'impact des biofertilisants sur la physiologie des plantes (Hassani *et al.*, 2002 *in* Abdessemed N, 2014). Les résultats concernant la production de la proline sous l'effet des biofertilisant ont montré que le traitement B4 révèle une accumulation forte de celle-ci, suivi par le B8 ce constat induit a l'hypothèse suivante : le biofertilisant a base de l'ombricompost assure une bonne protection de plante par la production de la proline. Selon les études de Tahri *et al.*, (1998) *in* Abdessemed N, 2014, l'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress. D'après Slama *et al.* (2005), l'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance au stress. D'autres parts, Monneveux (1991), a constaté que l'accumulation de la proline permet la protection de la membrane cellulaire et participe à l'ajustement osmotique, l'augmentation de proline est inversement proportionnelle à la teneur en eau dans les feuilles.

L'évolution de nombre de fleurs sous l'effet des biofertilisants appliqués donnent des meilleures productions florales par rapport au témoin avec un effet plus important du biofertilisant à faible dose (B4) à base de l'ombricompost qui révèle une précocité de la floraison au bout du 2^{ème} apport. Sous l'hypothèse que le lombricompost de part, avec sa composition de 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. La meilleure production florale est enregistrée chez le BDH à base d'extraits d'algues marines suite a sa richesse en hormones de croissance et d'acides aminés. Cette hypothèse est très documentée notamment les travaux de Yuan *et al.* (2005) qui démontrent que les algues améliorent significativement les rendements, la stimulation, la production florale, et la qualité des cultures, même appliquées à faibles doses, en fertilisation foliaire.

Les résultats obtenus concernant la rentrée en nouaison nous permettent d'enregistrer l'effet positif des différents biofertilisants sur la production des gousses par rapport au témoin. La nouaison a été meilleure sous l'effet du jus de lombricompost à faible dose (B4) qui affiche une précocité et signale une meilleure production des gousses par rapport aux autres traitements.

Le biofertilisant à base de l'ombricompost donne une production élevée de gousses à cause de sa teneur élevée en éléments minéraux qui favorisent une bonne production de fruit. Les résultats obtenus peuvent être justifiés par les travaux de Rishirumhirwa & Roose (1998) qui ont démontrés que les doses croissantes de fumier organique appliqué permettent de fournir des éléments minéraux pour la plante comme l'azote et le phosphore qui induit des rendements de plus en plus élevés chez le haricot. 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

A travers les résultats relatifs à l'évaluation de l'efficacité du biofertilisant à base de jus lombricompost à deux doses (4 ml et 8ml) et l'extrait d'algues marines à 4ml sur les paramètres morpho-physiologique sur l'haricot vert *Phaseolus vulgaris*. L. var. Djedida, nous avons aboutis aux conclusions suivantes :

Les résultats relatifs aux paramètres morphologiques montrent que l'évolution de la surface foliaire et la croissance en longueur sous l'effet de biofertilisant à base de jus de lombricompost à faible dose B4 (4 ml) enregistre une évolution progressive notable de la surface foliaire suivi par le biofertilisant à la dose forte B8 (8ml/l). Le poids des racines affiche les valeurs maximales sous l'effet de lombricompost à forte dose B8 (8 ml) et l'extrait d'algues marines 4 ml en comparant aux autres produits. Les résultats ont montré que l'application foliaire de jus lombricompost donne un meilleur effet sur les paramètres morphologique et l'extrait d'algue pour avoir un système racinaire bien développé.

Les résultats relatifs aux paramètres biochimiques exposent l'évolution d'accumulation de la proline sous l'effet de différentes doses B4 (4ml), B8 (8ml) de biofertilisant à base du jus de lombricompost qui révèle une évolution graduelle et importante de la proline dès le 2^{ème} apport du traitement par rapport au biofertilisant à dose homologuée à base d'extrait d'algue, les résultats concernant l'accumulation de taux de chlorophylle permettent de distinguer la non-signification des traitements de biofertilisant par rapport au témoin. D'après les résultats en concluent que l'application foliaire de jus lombricompost à faible dose B4 (4ml) donne un meilleur effet sur les paramètres biochimique

Aussi, les résultats liés aux paramètres de production révèlent l'évolution de nombre de fleur sous l'effet de la faible dose B4 (4ml) de biofertilisant à base du jus de lombricompost qui permet une floraison rapide (précocité) dès la 2^{ème} application par contre la dose homologuée d'extrait d'algue améliore significativement la floraison.

Le Nombre de gousses affichent les valeurs maximales sous l'effet de différents doses de lombricompost B4 et B8, ainsi le poids de gousses annonce un poids maximale sous l'effet de lombricompost B4 a 4 ml, d'après ses résultats on constate que le biofertilisant à base de lombricompost donne un meilleur effet sur les paramètres de production

A la fin on déduit que l'application foliaire du jus de lombricompost à faible dose 4ml au cours de tout son cycle de vie d'haricot montre un meilleur effet sur les paramètres morpho-physiologique d'une part et l'application d'extrait d'algues marines dans la période de floraison pour améliorer le rendement.

Référence Bibliographiques

ABDESSEMED N., 2014. Implication des phytofortifiants dans la régulation du stress salin sur une culture du haricot : *Phaseolus vulgaris*L.var Djedida. Cas d'un biofertilisant issu de la lombriculture, SDB, Alger, 65 p.

AMAND L., LANGLIOS N., 2004. Agriculture biologique, les grands principes de production et l'environnement professionnel. Ed. Eduagri, pp : 7-95.

ANONYME., 2004. Statistiques agricole série B, 18-23p.

ANONYME., 2001. Fertiliser avec les engrais de ferme. Ed. Oxalis, 104 p.

ANONYME., 2002.Rapport de ministère de l'agriculture, les statistiques agricoles, série «B». 59p

ANONYME., 2006.Le verger et sa conduite, article, Ed. EDP, pp. 1- 17

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.

BALON N., KIMON H., 1985. Nutrition azotée des légumineuses : Nitrogen nutrition of légumes. Institut National de Recherche Agronomique. 281p.

BOCKMANOC, KAARSTAD O, LIE OH et RICHARDS I., 1990. Agriculture et fertilisation. Oslo (Norvège): Norsk Hydro sp; 258 p.

Boulbaba L., Bouaziz S., Mainassara Z. A., Mokhtar H et Mokhtar L., 2009. Effets de la fertilisation azotée, de l'inoculation par *Rhizobium*. et du régime des pluies sur la production de la biomasse et la teneur en azote du pois chiche», volume 13, numéro 4,p p 537-544.

BRETAUDEAU J., FAURE Y., 1992. Atlas d'arboriculture fruitière, V1., Edition 3e, Editions Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 289 P

BUKOVAC M.J., COOPER J.A., WHITMOYER R.E., ET BRAZEE R.D., 2002. Spray application plays a determining role in performance of systemic compounds applied to the foliage of fruit plants. Acta Horticulturae (ISHS) 594: pp65-75

CHABALIER P., VIRGINIE V., HERVE S., 2006. Guide de la fertilisation organique à la réunion. Edition CIRAD, PP2.

CHAMEL A., 1988. Foliar uptake of chemicals studied with whole plants and isolated cuticles. Neumann P.M. (ed). Plant growth and leaf- applied chemicals. Boca Raton, FL: CRC Press. pp. 27-48.

CHAUX C L., FOURY C L., 1994. Production légumière, tome III, légumineuses potagères, légumes fruits. Edition Lavoisier, Paris.854p

CHAUX.C., 1972. Production légumière Ed. J.B. Baillière. 300 p BESAPLAY D., 1984:Les plantes cultivées en Afrique occidentale –Macou. Ed Mir. Moscou. 279p.

COSTA J., (1990). Agricultura Sostenible. El Campo. Boletín de Información Agraria, 117 5-9.

DE KIMPE C., 1996. Congrès « La recherche agronomique européenne dans le monde du XXI^{ème} siècle». 168p

DELARBRE. H, 1988. Le petit jardinier en Afrique. Paris: ministère de la coopération et du développement.p 24

DEMOL J., 2002. Amélioration des plantes. Application aux principales espèces cultivées en régions tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgium. PP 351–392

DOOREMBOS G., 1980. Réponse de rendement l'eau –Bull. FAO. Irri. Drai. N0 33. 42, 111pp

DOUCET R., 1992. La science agricole : climat, sol et production végétale du Québec. Deuxième édition revue. Ed. Berger. 653p

EL ALLAOUI S.B., 2000. Fertilisation Minérale des Cultures » maladies des plantes, agriculture et écologie

EL ALLAOUI S.B., 2009. Référentiel pour la conduite technique de tomate. pp 15

FAO., 2005. Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Niamey, NIGER, 26p.

FAO., 2010. Etat des pêches maritimes et de l'aquaculture 2010 the state of word fisheries and aquaculture 2010, département peches et aquaculture 2010 de la FAO-natio unies rome.p224.

FAZIO M., 2001. La culture biologique du potager et du verger. Edition de vechi, 221p.

GAUTIER M., 1993. La culture fruitière, l'arbre fruitier, Ed. J. B. BAILLIERE, 263P.

GENTRY H. S., 1969. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris L.* Economic Botany. 23PP 55–69.

GRISSA K., 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates En Tunisie, pp 13 – 30.

GUIGNARD J.L., 1998. Botanique, Ed. Masson, 159p.

HAMZA M., 1980. Réponse des végétaux à la salinité, Physiologie végétale, pp 69-81.

HARGROVET T., 2008. Woorld fertilizer prices soar as food and fuel economics nerge. (accessedon 12 january 2008. 254p

HELLALI R., 2002. Rôle du potassium dans la physiologie de la plante atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, Acquis et perspectives de la recherche institut national agronomique de Tunisie 6p.

HELLER R., ROBERT E., CLAUDE L., 1998. Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit. Duno, Paris, 322 p.

HOPKINS W. G., 2003. Physiologie végétale. Traduction de la 2^{ème} édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, p 66-81.

HOSOKAWA M., KUDO M., 2004. Fucoxanthin induces apoptosis and enhances the antiproliferative effect of the PPAR γ ligand, troglitazone, on colon cancer cells. *Biochim Biophys Acta* 18;1675(1-3):113-9.

HUIGNARD J., GLITHO I., MONGE J., REGNAULT-ROGER I., 2011. Insectes ravageurs des graines de légumineuses, biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Edition Quae .France. 147p.

JEAN D, 2009. L'interdépendance entre l'agriculture biologique et l'agriculture conventionnelle est-elle là pour rester?, pp 9

JULIEN L., 2004. Mesure de l'efficacité d'extraits d'algues sur la vigne (*Vitis vinifera* L.), en conditions contrôlées et au vignoble, validée par la mesure de l'activité photosynthétique et les analyses chimiques. Mémoire d'ingénieur, (ULB), Bruxelles, 107p

KEZZIM Y., 2013. Etude comparée de l'effet de différents stimulateurs des défenses naturelles (sdn) sur le sante végétal cas de la tomate (marmande), SDB, Alger, 70 p.

KHACHANI M., 1981. Contribution à l'étude de la réponse du haricot vert à l'inoculation. [Mémoire de J^{ème} cycle en Agronomie, I.A. V.,Rabat.

KHELIL A., 1989. Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne, Rev. Alger, pp.4 – 30

KOLEV. N., 1976. Les cultures maraichères en Algérie Tome 1 légumes et fruits Ed. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire. Pp: 145 –161

LAUMONIER R., 1979. Cultures légumières et maraichères, Tome III, Ed J.B Baillièrè, Paris, 1276p.

LEMAIRE F., MORAL P., 2003. Culture en pots et conteneurs, Ed. Quae, 232P.

LOUCIF Z., BOUNAFONTE P., 1977. Observation des populations du pou de saint José dans la Mitidja, revue fruit 4, pp253-261.

LOUSSERT R., 1987. Les agrumes, l'arboriculture éd. Lavoisier, Paris, vol 1, 80P.

MADR., 2013. Ministère de l'agriculture et développement rural

MAINARDI F., 2002. La culture biologique de potager et du verger, Ed. Vecchi, 221 p

MARSCHNER H., 1995. Uptake and release of mineral elements by leaves and other aerialplant. In mineral nutrition of higher plants. 2nd edition Academic Press. pp.116-130.

MASER P., GIERTH M., SCHROEDER J. I., 2002. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants. Plant Soil 247: 43–54.

MASS E. V., 1986. "Salt tolerance of plants", Appl. Agric. Res.1, pp. 12-26.

MENGEL K., 2002. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. Acta Horticulturae (ISHS) 594: 33-47.

MICHEL C., BENARD C., LAHAYE M. et AL., (1999). Les oligosides algaux comme aliments fonctionnels : étude in vitro de leurs effets cellulaires et fermentaires. Sci Aliments 19: 311-32

MURATA M., NAKAZOE JI., (2001) Production and use of marine algae in Japan JARQ35 (4): 281-90

NYABYENDA P., 2005. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique. Ed. Tec et Doc, les Presses Agronomique de Gembloux. P 38-42.

PERON J.Y., 2006. Productions légumières. 2^{ème} édition. Lavoisier. 389 p

PERSSON JULIE., 2010.livre turquoise future des algues. p; 7,8,41.

RISHIRUMUHIRWA T et ROOSE E (1999). Productivité de biomasse et gestion durable des exploitations dans le cas des plateaux à forte population

du Burundi 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).

ROLAND J. C., 2002. Des plantes et des hommes. Ed. Vuibert. PP 45-46

SDB, alger, p.p 6-8.

SILGUY C., 1998. L'agriculture biologique. Edition Tuf, paris, 125p

SILGUY Catherine, 1998. L'agriculture biologique. Collection Que sais-je ?. Presses universitaires de France

SILUE S., JACQUEMIN J. et BAUDOIN J., 2010. Utilisation des mutations induites pour l'étude de l'embryogenèse chez le haricot *P. vulgaris* L. et deux plantes modèles, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Et *Zea mays* L. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* PP195-205.

SINHA S K., WATTERS FL., 1980. Insectes des minoteries, des silos élevateurs, 311 p.

SNOUSSI S.A., 2010. Etude de base sur la Tomate en Algérie. Ed FAO.6 P. sprays of iron compounds. *Journal of Plant Nutrition* 11(6-11): 1379-1385.

STASAIID F. Z., 2014. Effets comparés de divers phytofortifiants sur les paramètres morphologiques et les composantes du rendement chez deux variétés de tomate (var. fixée saint pierre et var. hybride f1 amira). SDB, Alger, 99 p.

VILAIN M., 1989. La production végétale. Vol 2. La maîtrise technique de la production. Ed; Lavoisier. Paris. 361p

VILAIN M., 1993. Production végétale. Vol 1, les composantes de la production. Ed: J.L. Baillière. Paris. Pp 318-325.

VILAIN M., 1997. La production végétale «la maîtrise technique de la production. Edition tec -doc, 449p.

WALLON A., 1922. Croissance et rendement du poivron sous l'effet des fertilisants organiques en milieu tropical. Paris: DGCI. 115-119.

WORLD A. C., 2009. Les engrais verts peuvent stimuler la sécurité alimentaire en Afrique. Guide politique N°02: 6 p

YUAN Y.V., CARRINGTON M. F., WALSH N. A., 2005. Extracts from dulse (Palmaria palmata) 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.