

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



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET
DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET
AGRO-ÉCOLOGIE



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

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**IMPACT DE DIFFÉRENTES FORMULATIONS DES EXTRAITS DE
MORINGA OLEIFERA SUR LES PARAMÈTRES DE CROISSANCE DU
HARICOT VERT**

Présenté par

Melle BABOU Amina et AOUAD Asma

Devant le Jury :

Mme CHAICHI W.	M.C.A.	U. Blida 1	Présidente
Mme BABA AISSA K.	M.A.A.	U. Blida 1	Examinatrice
Mr. DJAZOULI Z. E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
Melle. STASAIDE F.Z.	Doctorante	U. Blida 1	Co-promotrice

Année Universitaire 2020-2021

REMERCIEMENTS

La réalisation de cet humble travail fut une occasion merveilleuse de rencontres et d'échanges avec de nombreuses personnes. Nous ne saurons les citer toutes, mon binôme et moi.

Nous reconnaissons que chacune à des degrés divers, mais avec une égale bienveillance, a apporté une contribution positive à sa finalisation. Nous en sommes très reconnaissantes.

Nos vifs remerciements s'adressent aux membres du jury : Dr CHAICHI Wissem présidente et Mme BABA AISSA Karima examinatrice, d'avoir accepté de juger ce travail.

Nous remercions Monsieur DJAZOULI Zahr-Eddine, Professeur à l'Université Saad Dahleb, Blida1, pour avoir bien voulu être le Promoteur de notre mémoire.

Ses remarques successives et professionnelles ont permis d'améliorer et enrichir notre mémoire. Nous lui sommes reconnaissantes pour la confiance qu'il nous a accordée.

Nos remerciements s'adressent aussi à Melle STASAIID FATMA ZOHRA, Doctorante, Co-Promotrice, pour ses efforts continus et son assistance tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous remercions également mademoiselle Anissa pour son soutien durant notre travail au sein du laboratoire de recherche.

Un grand merci à tous notre groupe pour leurs soutiens et leurs encouragements. Trouvez ici l'expression de notre reconnaissance et notre pur dévouement.

Un remerciement sans égal à toutes celles et tous ceux qui ont faits que ce travail s'achève.

Babou Amina et Aouad Asma

Dédicaces

*Aux êtres les plus chers : Mes parents,
A mon père*

*Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance pour aller
toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras. Pour son
enseignement continu à m'inculquer les vraies valeurs de la vie et
pour ses précieux conseils.*

A ma mère

*Pour son affection, sa patience, sa compréhension, sa
disponibilité, son écoute permanent et son soutien égal dans les
moments le plus difficiles de ma vie et son aide si précieuse qui a
rendu possible la soutenance de ce mémoire.*

*Là où je suis arrivée aujourd'hui c'est à vous MES CHERS PARENTS
que je le dois, que Dieu vous garde.*

*A mes chère frères Mohammed El Amine, Mohamed El Bachir,
Ahmed Sohbi et Mohammed Lakhdar. A mes belles sœurs
Mounia, Ibtisam et Amina.*

*A mes neveux « mes princes et mes princesses » que dieu les
protège.*

Pour vous exprimer toute mon affection et ma tendresse.

A toute ma famille : paternelle et maternelle

*A tous mes amis proches que je les concéderaï comme mes
sœurs, particulièrement : ma sœur Rima, Hadia, Zola, Mounia,
Marwa, Sirine, Nihad, Soumia.*

*A mon binôme Asma pour sa patience avec moi et toute sa
famille.*

A toutes les personnes que je connais et que je n'ai pas citées.

A ceux que j'aime et qui m'aiment.

AMINA

Dédicaces

- Au début, je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir donné du courage et de la patience afin de réaliser ce modeste travail que je dédie à :

- A mes chers parents : Malika et Karim, qui m'ont fourni au quotidien un soutien, et pour leur éducation et sacrifices papa mama je ne pourrai vous remercier assez. Que Dieu vous protège pour nous.

- A mes sœurs Sarra, Celia qui m'ont épaulée au quotidien

- A Mon binôme du projet : Amina, ainsi qu'à sa famille que dieu les gardes.

- A mes adorables copines : Meriem, Serine, Hadia, Zola, Maroua, Mounia, Manal, Romy, Sana, Saida qui m'ont tant fait rire et soutenues durant mes moments difficiles.

A ma grand-mère chérie que dieu la protège.

A mon oncle et mes tantes paternelle et maternelle.

A mes adorables cousines.

A mon petit neveu Anes que j'aime énormément.

Et pour toutes les personnes qui m'ont soutenu jusqu'à la fin.

ASMA 

Résumé

La fertilisation organique est une technique fondamentale dans la conduite des cultures maraichères. Elle influence directement la croissance et le développement des plantes et également le rendement en quantité et qualité, les fumures organiques sont des engrais qui enrichissent le sol par des macros et microéléments qui constituent l'alimentation minérale des plantes.

L'objectif de notre travail est d'estimer la capacité de différentes formulations des extraits de *Moringa oleifera* à couvrir les exigences nutritionnelles de la culture d'haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. sous serre.

Les changements opérés sur les paramètres de croissance de l'haricot seront évalués après l'apport foliaire de 5 types de biofertilisants, le jus de vermicompost brut et formulé, l'extrait de feuilles de *Moringa* brut et formulé (formulation 1 et 2).

Les principaux résultats montrent que le jus de vermicompost formulé et l'extrait de *Moringa oleifera* sous les deux formulations influencent significativement l'ensemble des paramètres de croissance étudiés.

A partir des conclusions obtenues sur les paramètres de croissance du haricot vert sous l'effet des biofertilisants à base de lombricompost brut et formulé et à base d'extrait de feuilles de *Moringa*, nous estimons que la formulation faite à base de jus de lombricompost et la formulation à base *Moringa* ont un effet stimulant sur les paramètres de croissance des plantes, le reste des biofertilisants n'ont pas un effet stimulateur remarquable.

Une augmentation de 10.56 cm en longueur des tiges après applications du jus de vermicompost à une concentration égale à C=2ml.

Une augmentation de 10.16 cm en surface foliaire occupée après applications de l'extrait de moringa formulé 1 à une concentration égale à C=1ml.

Mots clés : Haricot vert, *Moringa oleifera*, jus de vermicompost, surface foliaire, formulation.

الملخص

يعتبر التسميد العضوي تقنية أساسية في إدارة البستنة السوفية، فهو يؤثر بشكل مباشر على نمو النباتات وتطورها من حيث الكمية والنوعية، والسماذ العضوي هو من الأسمدة الكاملة التي تثري التربة بواسطة وحدات الماكرو والعناصر الدقيقة التي تشكل التغذية المعدنية للنباتات.

الهدف من عملنا هو تقدير قدرة التركيبات المختلفة لمستخلصات المورينجا أوليفيرا على تلبية المتطلبات الغذائية لزراعة الفاصوليا الخضراء في البيوت البلاستيكية يتم تقييم التغييرات التي تم إجراؤها على معايير نمو الفاصوليا بعد تناول الأوراق لخمس أنواع من الأسمدة الحيوية، عصير السماذ الدودي الخام والمركب، ومستخلص أوراق المورينجا الخام والمركب (الصيغة 1 و2).

أظهرت النتائج الرئيسية أن عصير السماذ الدودي المركب ومستخلص المورينجا أوليفيرا في كلا الصيغتين لهما تأثير كبير على جميع معاملات النمو المدروسة.

من الاستنتاجات التي تم الحصول عليها بشأن معايير نمو الفاصوليا الخضراء تحت تأثير الأسمدة الحيوية على أساس السماذ الدودي الخام والمركب ومستخلص أوراق المورينجا، نقدر أن الصيغة المصنوعة على أساس عصير السماذ الدودي وتركيب المورينجا لها تأثير محفز للنمو أما باقي الأسمدة الحيوية فلا يكون لها تأثير محفز ملحوظ.

زيادة طول السيقان بمقدار 10.56 سم بعد استخدام عصير السماذ الدودي يكون تركيزه يساوي 2 مل.

زيادة قدرها ب 10.16 سم في مساحة الأوراق المشغولة بعد تطبيق مستخلص المورينجا 1 بتركيز يساوي 1 مل.

الكلمات المفتاحية: الفاصوليا الخضراء، المورينجا أوليفيرا، عصير السماذ الدودي الخام، السماذ العضوي.

Abstract

Organic fertilization is a fundamental technique in the management of market gardening, it directly influences the growth and development of plants in quantity and quality, organic manures are complete fertilizers that enrich the soil by macros and micro-elements, which constitute the mineral nourishment of the plants.

The objective of our work is to estimate the ability of different formulations of *Moringa oleifera* extracts to meet the nutritional requirements of growing green beans *Phaseolus vulgaris* L. in glasshouses.

The changes made to the bean growth parameters will be evaluated after foliar intake of 5 types of biofertilizers, raw and formulated vermicompost juice, raw and formulated *Moringa* leaf extract (formulation 1 and 2).

The main results show that the formulated vermicompost juice and the *Moringa oleifera* extract in both formulations significantly influence all of the growth parameters studied.

From the conclusions obtained on the growth parameters of green beans under the effect of biofertilizers based on raw and formulated vermicompost and based on extract of *Moringa* leaves, we estimate that the formulation made based on vermicompost juice and the formulation *Moringa* based has a growth stimulating effect, the rest of the biofertilizers do not have a remarkable stimulating effect.

An increase of 10.56 cm in length of the stems after applications of the vermicompost juice has a concentration equal to C = 2ml.

An increase of 10.16 cm in occupied leaf area after applications of formulated moringa extract 1 at a concentration equal to C = 1ml.

Key words: Green bean, *Moringa oleifera*, vermicompost juice, formulation

SOMMAIRE	N° Page
- Remerciements	02
- Dédicaces	03
- Résumé en Français	06
- Résumée en Arabe.....	07
- Abstract	08
- Sommaire.....	10
- Liste des Figures.....	14
- Liste des abréviations.....	17
-Liste des tableaux.....	15
-Liste des graphes.....	18
Introduction.....	21
Chapitre : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	24
Partie 1 : L'Haricot vert.....	25
I.1.1. Généralités sur l'haricot vert.....	25
-I.1.1.1. Origine de la plante.....	25
- I.1.1.2. Présentation de la plante.....	25
-I.1.1.2.1. Classification botanique.....	25
-I.1.1.2.2. Description morphologique et botanique du haricot vert.....	25
I.1.2. Ecologie du haricot vert.....	25
I.1.3. Les variétés les plus cultivées en Algérie.....	26
I.1.4. Description.....	26
- I.1.4.1. Les racines.....	27
- I.1.4.2. Les tiges.....	28
- I.1.4.3. Les feuilles.....	28
-I.1.4.4. Inflorescences.....	28
- I.1.4.5. Fleurs.....	28
-I.1.4.6. Fruits.....	28
-I.1.4.7. Graines.....	29
I.1.5. Le cycle de développement de l'haricot vert.....	29
-I.1.5.1.Phase de germination.....	29
- I.1.5.2. Phase de croissance.....	29
- I.1.5.3. Phase de floraison.....	29
- I.1.5.4. Phase de maturation.....	29
I.1.6. Origine et répartition géographique de l'haricot vert (genre : Phaseolus).....	30
I.1.7. Exigences des haricots verts.....	30
-I.1.7.1. Les exigences climatiques.....	30
- I.1.7.2. Les exigences édaphiques.....	30
- I.1.7.3. Besoin en eau.....	30
I.1.8. Les maladies des haricots verts.....	30
Partie 2 : Biofertilisants.....	32
I.2.1. Notion de fertilisation.....	32
I.2.2. Définition des biofertilisants.....	32
I.2.3. Rôle des biofertilisants.....	32

I.2.4. La fertilisation minérale.....	32
I.2.5. La fertilisation organique.....	34
- I.2.5.1. Les fumiers.....	34
- I.2.5.2. Le compost.....	35
- I.2.5.3. Les engrais.....	35
- I.2.5.4. L'engrais vert.....	36
I.2.6. Exemples de biofertilisants importants en l'agriculture.....	36
- I.2.6.1. Les bactéries fixatrices d'azotes.....	36
- I.2.6.2. Les bactéries solubilisatrices de phosphores.....	37
- I.2.6.3. Les champignons mycorrhiziens.....	37
I.2.7. La fertilisation foliaire.....	37
I.2.8. La biofertilisation une alternative aux engrais chimiques.....	37
Partie 3 : Moringa Oleifera.....	37
I.3.1. Origine et répartition du <i>Moringa Oleifera</i>	37
I.3.2. Description botanique de la plante.....	37
- I.3.2.1. Systématique du <i>Moringa Oleifera</i>	38
- I.3.2.2. Nomenclature du <i>Moringa Oleifera</i>	38
I.3.3. Valeur nutritionnelle du <i>Moringa Oleifera</i> et composition de ses différents produits et dérivés.....	40
- I.3.3.1. Composition moyenne des feuilles.....	40
- I.3.3.2. La comparaison en termes de contenu nutritionnel.....	40
I.3.4. Fertilisation des cultures et bio stimulant.....	40
Partie 4 : Le vermicompostage (lombricompostage).....	44
I.4.1. Le compost.....	44
I.4.2. Le lombricompostage.....	46
I.4.3. Les intérêts des composts.....	47
I.4.4. Fertilisation des cultures et les biofertilisants.....	47
Chapitre II : Matériel et Méthodes.....	48
Objectif.....	49
Partie 01 : Présentation.....	50
II.1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....	53
II.1.1. Présentation du site de l'étude.....	54
II.1.2. Conditions expérimentales.....	54
Partie 02 : Matériel.....	54
II.2. Matériel d'étude.....	54
II.2.1. Matériel végétal.....	54
II.2.2. Pré germination des graines.....	54
II.2.3. Repiquage des graines.....	54
II.2.4. Présentation des fertilisants.....	54
- II.2.4.1. Biofertilisants à base de vermicompost.....	54
- II.2.4.2. Biofertilisants à base de <i>Moringa Oleifera</i>	55
II.2.5. Préparation et application des biofertilisants.....	56
II.2.6. Dispositif expérimental.....	56
	56

Partie03 : Paramètres et analyse.....	57
II.3. Paramètres et données.....	58
II.3.1. Paramètres de croissances étudiées.....	59
- II.3.1.1. Surface foliaire.....	59
- II.3.1.2. Indice foliaire.....	59
- II.3.1.3. Longueur de la partie aérienne.....	60
- II.3.1.4. Poids des feuilles fraîches.....	60
- II.3.1.5. Poids des feuilles sèches.....	60
II.3.2. Analyses des données.....	60
CHAPITRE III. RESULTAT.....	
III. Effet du vermicompost et de l'extrait du Moringa sur les paramètres de croissance du haricot vert.....	61
III.1. Effet des différentes réactions sur la longueur de la partie aérienne de la plante avant et après l'application du traitement	61
-III.1.1. Pour la concentration C1=1ml.....	62
-III.1.2. Pour la concentration C2=1,5ml.....	62
-III.1.3. Pour la concentration C3=2ml.....	63
III.2. Effet des différentes réactions sur la surface foliaire avant et après l'application du traitement.....	65
-III.2.1. Pour la concentration C1=1ml.....	67
-III.2.2. Pour la concentration C2=1,5ml.....	68
-III.2.3. Pour la concentration C3=2ml.....	69
III.3. Effet des différentes réactions sur la surface foliaire occupée avant et après l'application du traitement	71
-III.3.1. Pour la concentration C1=1ml.....	73
-III.3.2. Pour la concentration C2=1,5ml.....	74
-III.3.3. Pour la concentration C3=2ml.....	75
III.4. Effet des différentes réactions sur le poids des feuilles fraîches avant et après l'application du traitement.....	77
-III.4.1. Pour la concentration C1=1ml.....	77
-III.4.2. Pour la concentration C2=1,5ml.....	79
-III.4.3. Pour la concentration C3=2ml.....	80
III.5. Effet des différentes réactions sur le poids des feuilles sèches avant et après l'application du traitement.....	81
-III.5.1. Pour la concentration C1=1ml.....	85
-III.5.2. Pour la concentration C2=1,5ml.....	86
-III.5.3. Pour la concentration C3=2ml.....	89
CHAPITRE IV. DISCUSSION.....	94
IV. Effet des biofertilisants bruts et formulés sur les paramètres de croissance de l'haricot vert.....	95
CONCLUSION.....	103
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.....	105

LISTE DES FIGURES

Figures	Titre	N° Page
Figure 1	Cycle de développement de la culture du <i>Phaseolus vulgaris</i>	25
Figure 2	Les phases de germination de l'haricot_vert	27
Figure 3	L'arbre du <i>Moringa oleifera</i>	40
Figure 4	Feuilles du <i>Moringa oleifera</i>	40
Figure 5	Fleurs du <i>Moringa oleifera</i>	41
Figure 6	Gousses fraîches du <i>Moringa oleifera</i>	41
Figure 7	Gousses sèches du <i>Moringa oleifera</i>	41
Figure 8	Les graines du <i>Moringa oleifera</i>	42
Figure 9	Dispositif d'un lombricomposteur	47
Figure 10	Présentation du site expérimental	53
Figure 11	Graines de la variété El Djadida	54
Figure 12	Pré germination des graines de <i>Phaseolus vulgaris</i>	55
Figure 13	Plantules du haricot vert	55
Figure 14	Dispositif d'obtention du jus du lombricompost brut	56
Figure 15	Présentation générale du dispositif expérimental	
Figure 16	Schéma synthétique des effets de la faible dose du jus de vermicompost et d'extrait de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> brut et formulé sur la promotion de l'haricot vert	95
Figure 17	Schéma synthétique des effets de la dose moyenne du jus de vermicompost et d'extrait de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> brut et formulé sur la promotion de l'haricot vert	96
Figure 18	Schéma synthétique des effets d'une forte dose du jus de vermicompost et d'extrait de feuilles de <i>Moringa oleifera</i> brut et formulé sur la promotion de l'haricot vert	98

Figure 19	Longueur des tiges avant l'application du traitement	64
Figure 20	Longueur des tiges après l'application du traitement	64
Figure 21	Longueur des tiges avant l'application du traitement	66
Figure 22	Longueur des tiges après l'application du traitement	66
Figure 23	Longueur des tiges avant l'application du traitement	68
Figure 24	Longueur des tiges après l'application du traitement	68
Figure 25	Surface occupée avant l'application du traitement	70
Figure 26	Surface occupée après l'application du traitement	70
Figure 27	Surface occupée avant l'application du traitement	72
Figure 28	Surface occupée après l'application du traitement	72
Figure 29	Surface occupée avant l'application du traitement	74
Figure 30	Surface occupée après l'application du traitement	74
Figure 31	Surface foliaire avant l'application du traitement	76
Figure 32	Surface foliaire après l'application du traitement	76
Figure 33	Surface foliaire avant l'application du traitement	78
Figure 34	Surface foliaire après l'application du traitement	78
Figure 35	Surface foliaire avant l'application du traitement	80
Figure 36	Surface foliaire après l'application du traitement	80
Figure 37	Poids des feuilles fraîches avant l'application du traitement	82
Figure 38	Poids des feuilles fraîches après l'application du traitement	82
Figure 39	Poids des feuilles fraîches avant l'application du traitement	84
Figure 40	Poids des feuilles fraîches après l'application du traitement	84
Figure 41	Poids des feuilles fraîches avant l'application du traitement	86
Figure 42	Poids des feuilles fraîches après l'application du traitement	86
		88

Figure 43	Poids des feuilles sèches avant l'application du traitement	88
Figure 44	Poids des feuilles sèches après l'application du traitement	90
Figure 45	Poids des feuilles sèches avant l'application du traitement	90
Figure 46	Poids des feuilles sèches après l'application du traitement	92
Figure 47	Poids des feuilles sèches avant l'application du traitement	92
Figure 48	Poids des feuilles sèches après l'application du traitement	93

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	N° page
Tableau 1	Classification botanique de l'haricot vert	25
Tableau 2	Les différentes maladies et les procédés de lutte lors de la culture de l'haricot vert	32
Tableau 3	La classification systématique de la plante <i>Moringa oleifera</i>	39
Tableau 4	Composition moyenne des feuilles de <i>Moringa oleifera</i>	44
Tableau 5	Comparaison du contenu nutritionnel des feuilles de <i>Moringa oleifera</i> et autres feuilles d'autres plantes	45
Tableau 6	Caractéristiques agronomiques moyennes de composts d'ordures ménagères	50
Tableau 7	Analyses de la variance appliquée de la longueur des tiges d'haricots verts avant l'application du traitement	63
Tableau 8	La moyenne des moyennes de la longueur des tiges d'haricots verts après l'application du traitement	63
Tableau 9	Analyses de la variance appliquée de la longueur des tiges d'haricots verts avant l'application du traitement	65
Tableau 10	La moyenne des moyennes de la longueur des tiges d'haricots verts après l'application du traitement	65
Tableau 11	Analyses de la variance appliquée de la longueur des tiges d'haricots verts avant l'application du traitement	67
Tableau 12	La moyenne des moyennes de la longueur des tiges d'haricots verts après l'application du traitement	67
Tableau 13	La moyenne des moyennes de la surface occupée par l'haricot vert avant l'application du traitement	69
Tableau 14	La moyenne des moyennes de la surface occupée par l'haricot vert après l'application du traitement	69
Tableau 15	La moyenne des moyennes de la surface occupée par l'haricot vert avant l'application du traitement	71
Tableau 16	La moyenne des moyennes de la surface occupée par l'haricot vert après l'application du traitement	71

Tableau 17	La moyenne des moyennes de la surface occupée par l'haricot vert avant l'application du traitement	73
Tableau 18	La moyenne des moyennes de la surface occupée par l'haricot vert après l'application du traitement	73
Tableau 19	La moyenne des moyennes de la surface foliaire du haricot vert avant l'application du traitement	75
Tableau 20	La moyenne des moyennes de la surface foliaire du haricot vert après l'application du traitement	75
Tableau 21	La moyenne des moyennes de la surface foliaire du haricot vert avant l'application du traitement	77
Tableau 22	La moyenne des moyennes de la surface foliaire du haricot vert après l'application du traitement	77
Tableau 23	La moyenne des moyennes de la surface foliaire du haricot vert avant l'application du traitement	79
Tableau 24	La moyenne des moyennes de la surface foliaire du haricot vert après l'application du traitement	79
Tableau 25	La moyenne des moyennes du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert avant l'application du traitement	81
Tableau 26	La moyenne des moyennes du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert après l'application du traitement	81
Tableau 27	La moyenne des moyennes du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert avant l'application du traitement	83
Tableau 28	La moyenne des moyennes du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert après l'application du traitement	83
Tableau 29	La moyenne des moyennes du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert avant l'application du traitement	85
Tableau 30	La moyenne des moyennes du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert après l'application du traitement	85
Tableau 31	La moyenne des moyennes du poids des feuilles sèches de l'haricot vert avant l'application du traitement	87

Tableau 32	La moyenne des moyennes du poids des feuilles sèches de l'haricot vert après l'application du traitement	89
Tableau 33	La moyenne des moyennes du poids des feuilles sèches de l'haricot vert avant l'application du traitement	89
Tableau 34	La moyenne des moyennes du poids des feuilles sèches de l'haricot vert après l'application du traitement	91
Tableau 35	La moyenne des moyennes du poids des feuilles sèches de l'haricot vert avant l'application du traitement	91
Tableau 36	La moyenne des moyennes du poids des feuilles sèches de l'haricot vert après l'application du traitement	93

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	
DC	Degrés Centigrade
C1	Concentration du traitement à 1 ml
C2	Concentration du traitement à 1,5 ml
C3	Concentration du traitement à 2 ml
Ca	Calcium
Ca O	Oxyde de calcium
ONA	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
Fig	Figure
G	Gramme
H ₂ O	Eau
K ₂	Potassium
K ₂ O	Oxyde de Potassium
LAGG	Légumineuses Alimentaires de Grosses Graines
Long	Longueur
Mg	Magnésium
Mg O	Oxyde de magnésium
MEA	Extrait aqueux de feuille de <i>Moringa</i>
MEAF1	Extrait aqueux de feuille de <i>Moringa</i> (1ere formulation)
MEAF2	Extrait aqueux de feuille de <i>Moringa</i> (2eme formulation)
Mg	Milligramme
EZ	Engrais azotés
P	Phosphore
P ₂ O ₅	Pentoxyde de phosphore
PH	Potentiel hydrogène
Surf	Surface
So	Souffre
TGC	Taxe Générale sur la Consommation
Tab	Tableau
VLC	Lombricompost
VLCF	Lombricompost formulé

Introduction

Dans le bassin méditerranéen, la culture des plantes légumineuses occupe une place primordiale au niveau des agrosystèmes vu leurs intérêts agronomiques, économiques et nutritionnels qu'elles apportent via leur symbiose avec les rhizobiums (**Ashraf et Foolard, 2007**).

L'augmentation de la productivité agricole pour répondre aux besoins de la population croissante est une tâche difficile. Les contraintes abiotiques, telles que la sécheresse, la salinité, les températures extrême et l'application des différents produits phytosanitaire biologique et/ou chimique causent d'importantes pertes de récolte mondiale réduisant ainsi plus de 50% les rendements moyens pour la plupart des plantes cultivées (**Rao, 2006**).

L'application des produits chimiques exerce un stress abiotique sur le sol et la plantes. Elle limite fortement les rendements et menace la productivité des terres dans les régions arides et semi-arides, notamment en culture irriguées, ce qui entraine une réduction des surfaces cultivables et représente une menace pour l'équilibre alimentaire de ces régions (**Yamaguchi et Blumward, 2005**).

Dans cette perspective que s'intègre l'action de l'introduction des légumineuses dans les systèmes de rotations agricoles pour la mise en valeurs des sols et pour la minimisation de l'utilisation des engrais chimique, car leur utilisation est préconisée pour la restauration des sols dégradés ; en jouant le rôle de plantes pionnières facilitant l'implantation d'autres espèces végétales (**Schneider et Huyghe, 2015**).

En outre, une application élevée d'engrais inorganiques pour une production accrue des cultures s'accompagne d'une augmentation des dangers pour la santé humaine et des problèmes environnementaux négatifs tels que la pollution des sols. Le jus de vermicompost et l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera* possèdent de nombreuses propriétés souhaitables, ils contiennent des éléments nutritifs sous des formes facilement absorbées par les plantes telles que les nitrates, le phosphore échangeable et des forme soluble de potassium, de calcium et de magnésium.

Ainsi, plusieurs études confirment que le vermicompost et l'extrais des feuilles de Moringa dans leur état brut ou formulé ont un effet bénéfique sur la croissance et le développement des plantes surtout les cultures maraichères (**Atiyah et al., 2000, Chaicchi et al., 2017, Guermache et al., 2021**).

Notre étude s'inscrit dans l'optique d'évaluer l'effet de l'apport du jus de vermicompost et l'extrait des feuilles de *Moringa* sur quelques paramètres morphologiques du haricot vert ainsi que les performances de formulation des extraits brut du jus de vermicompost et de l'extrait aqueux des feuilles de *Moringa oleifera*.

Pour cela nous avons émis quelques questions auxquelles nous allons essayer de répondre et qui se résument comme suit :

- Quelle est l'influence de l'apport du vermicompost sur les paramètres de croissance de l'haricot ?
- Quelle est effet de l'extrait des feuilles de *Moringa oleifera* sur les paramètres de croissance de l'haricot ?
- Les formulations augmentent-elles la performance des extraits bruts ?

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1.1. Généralités sur le haricot vert

I.1.1.1. Origine de la plante

Le haricot est originaire d'Amérique Latine et Centrale où il a été domestiqué depuis plus de quatre-vingt siècles (**Gepts et Debouck, 1991 ; Chacon et al. 2005**).

L'espèce, *Phaseolus vulgaris*, occupe une place importante dans le système agricole, particulièrement en Afrique et dans les pays du Sud en général (**Kaplan, 1981 ; Gepts, 1990**), Il constituait avec la courge et le maïs, les " Trois sœurs de l'agriculture" des peuples amérindiens lors de la découverte de l'Amérique par les Européens.

Christophe Colomb découvrit le haricot à Nuevitas au Cuba (Amérique latine) lors de son premier voyage en Octobre 1492, c'était lui qui l'a introduit en Europe.

A son tour, le Vatican assurait la diffusion du haricot en Europe. Il est apparu en France vers 1540 (**Goust J., 2003**).

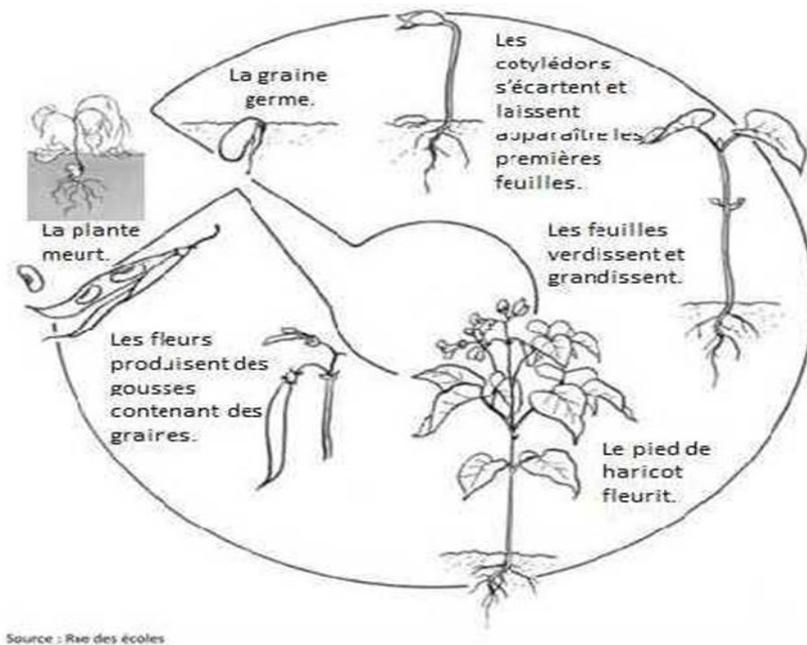
Au XVI^e siècle, des navigateurs portugais l'ont introduit en Afrique et en Asie. A Madagascar, son apparition est assez récente aux environs du XVII^e siècle. Ce qui explique son nom vernaculaire commun à Madagascar (**Hubert, 1978**).

I.1.1.2. Présentation de la plante

Chez l'haricot vert, le cycle de végétation se déroule pendant les périodes les plus chaudes de l'année. La durée des stades de développement varie considérablement selon les variétés.

En climat méditerranéen le semis s'effectue à partir de la fin avril allant jusqu'à fin mai. l'haricot est une plante très sensible au froid. Les fortes chaleurs de plus de 32 °C sont préjudiciables, faisant avorter les fleurs (**Diouf, 1997**).

Les graines semées germent au bout de 5 à 7 jours alors que la floraison s'effectue entre 24 et 42 jours après le semis selon les conditions climatiques, sa durée est de 5 à 30 jours. Le remplissage des graines dure de 23 à 50 jours, la maturation des graines dure de 60 à 130 jours et qui varie considérablement selon les variétés. La nodulation apparaît 15 à 30 jours après le semis (**Diaw, 2002**).



Source : Rse des écoles

Figure1 : Cycle de développement de la culture du *Phaseolus vulgaris* (Diaw, 2002).

I.1.1.2.1. Classification botanique

Selon Linné (1753), *Phaseolus vulgaris* est le nom binomial de l'espèce.

Tableau 1 : Classification botanique du Haricot vert

Règne :	<i>Plantae</i>
Sous-règne :	<i>Tracheeobionta</i>
Embranchement :	<i>Spermaphytes</i>
Sous-embranchement :	<i>Angoispermes</i>
Classe :	<i>Dicotylédones</i>
Sous-classe :	<i>Rosidae</i>
Ordre :	<i>Fabales</i>
Famille :	<i>Fabaceae</i>
Sous famille :	<i>Papillionaceae</i>
Genre :	<i>Phaseolus</i>
Espèce :	<i>Vulgaris</i>

I.1.1.2.2-Description morphologique et botanique du haricot

Le haricot est une plante herbacée annuelle à croissance déterminée ou indéterminée.

A la germination, la plante est généralement à racine pivotante mais qui forme après des racines secondaires longues de 10 à 15 cm se développant sur toute la racine principale **(Ndèye, 2002)**.

A l'issue de la germination épigée, deux feuilles opposées simples puis des feuilles trifoliées à folioles cordiformes se forment sur une tige angulaire. 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 **(Ndèye, 2002)**.

La couleur de la fleur est généralement indépendante de celle des graines, mais l'association entre fleurs particulières et couleur des graines est connue. Ces fleurs peuvent être blanches, rosées ou violettes (souvent rouges chez *P. Coccineu*).

La fleur contient dix étamines et un sac ovarien multiple. Dans la plupart des cas, la fleur réalise une autofécondation et développe un fruit ou gousse droite ou légèrement courbée.

Les graines sont riches en protéines (22 %) et en glucides (56 % des graines) **(Bewley et Black, 1994 ; Broughton, 2003)**. Elles sont rondes, elliptiques légèrement aplaties ou arrondies **(Ndèye, 2002)**.

I.1.2 Ecologie du haricot vert

Selon **Diehl (1975)**, le haricot demande beaucoup de chaleur (température minimale de germination 11°C). La végétation n'est vigoureuse qu'à partir de 12 à 14°C. Les fortes chaleurs sont nuisibles à la fécondation.

Le haricot gèle dès que la température est égale à -1°C. Le haricot craint les trop fortes humidités.

Il demande un sol se réchauffant vite, à bonne structure et riche en humus. Son pH est de 5,5 à 6.

Les terres lourdes, humides et les terres sensibles à la sécheresse ne conviennent pas à l'haricot. Les sols les mieux indiqués sont ceux à caractère argilo-siliceux. Eviter les engrais chlorés **(Hubert 1978) (Fig. 2)**.

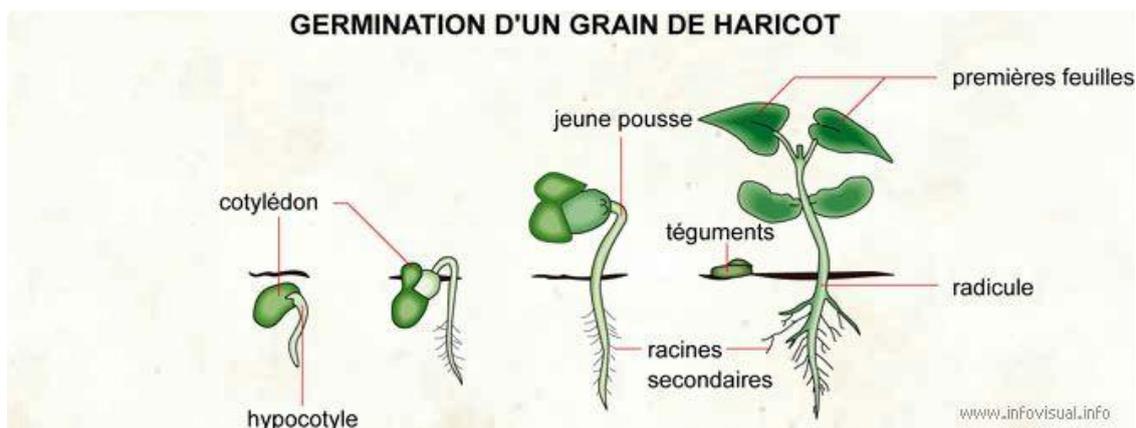


Figure2 : Les phases de germination du haricot vert.

I.1.3 Les variétés les plus cultivés en Algérie

En Algérie la forme la plus cultivée est le haricot vert et le haricot à écosser pour lesquels l'autosuffisance est atteinte (**Hammadache, 2000**). Bien qu'il soit apprécié, le haricot sec est peu cultivé et l'Algérie a recourt aux importations pour couvrir la demande du marché.

On distingue :

- Haricot nain mange tout : Contender, Djedida, Molière.
- Haricot nain à écosser Coco de Prague, Pactole.
- Haricot à rames mange tout : Sidi Fredj, Blanc de juillet.
- Haricot à rames à écosser : Coco blanc, Coco de Prague

I.1.4 Description

I.1.4.1 Les racines

Système racinaire pivotant et profond qui peut descendre jusqu'à 1,20m. On trouve le plus grand nombre de racines entre 0,20 m et 0,25 m de profondeur, sur un diamètre de 0,50 m autour de la tige. Des nodosités peuvent se former sur les radicelles, mais on ne peut pas considérer le haricot comme une plante enrichissante pour le sol en azote car il demeure trop peu de temps en terre (**Barreto, 1983**).

I.1.4.2 Tiges

Elles sont plus ou moins longues suivant les variétés. Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long, c'est le "haricot à rames". Les tiges courtes ne dépassent guère 30 à 40 cm de longueur et le haricot ayant de telles tiges est appelé "haricot nain" (**Dupont et Guignard, 1989**).

I.1.4.3 Feuilles

Les premières feuilles, au nombre de deux, sont simples. Les suivantes sont formées de trois folioles ovales, vertes, de 10 à 12 cm de long environ, terminées chacune par une pointe (**Bell, 1994**).

Elles possèdent des nervures bien visibles. Ces folioles s'insèrent sur un pétiole commun de 12 cm de long environ, par l'intermédiaire de pétiolules de 3 à 4 mm de long. A la base de ces pétiolules, on trouve deux stipelles très courtes.

A la base du pétiole, on distingue une petite gaine et deux stipules de forme ovale ayant 4 mm de long environ (**Goust et Seignobos, 1998**).

I.1.4.4 Inflorescences

Ce sont des grappes de 5 à 15 fleurs portées par un pédoncule de 5 à 8 cm de long qui prend naissance à l'aisselle des feuilles. Ces fleurs s'insèrent par 1,2 ou 3 à la fois, par l'intermédiaire de pédicelles de 10 à 15 mm de long, sur le pédoncule floral. On trouve une moyenne de 10 à 15 grappes de fleurs par pied (**Phillips et al. 1994**).

I.1.4.5 Fleurs

Elles sont du type papilionacé, et comprennent : 5 sépales, 2 pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre, un ovaire, une loge renfermant 4 à 8 ovules, surmonté par un style portant un stigmate (**Prevost, 1999**).

Le taux de fécondation croisée varie avec l'importance de l'activité des insectes compris entre 2 et 80%. La fécondation s'effectue surtout la nuit (**Bell, 1994**). Chaque fleur a 2 cm de long environ et de couleur très variée, blanche, rose, rouge, violette, jaunâtre ou même bicolore (**Bell 1994**).

I.1.4.6 Fruits

Ce sont des gousses allongées, généralement droites, plus ou moins longues et terminées par une pointe. Leur largeur varie de 8 à 25 mm. Elles renferment en moyenne 4 à 8 graines (**Tirilly et Bourgeois, 1999**).

Dans les parois de la gousse, appelée cosse, les faisceaux libéro-ligneux sont plus ou moins développés. S'ils sont très développés, on les appelle les fils, et les gousses sont alors impropres à la consommation en vert.

Les cosses représentent 40 à 45% du poids des gousses. Les jeunes gousses sont vertes mais leur couleur va se modifier au cours de la maturation (**Goust et Seignobos, 1998**).

I.1.4.7 Graines

Elles sont soit sphériques, soit cylindriques selon les variétés, et sont très diversement colorées, en blanc, vert, rouge, violet, noir, bruns ou même bicolores ou tachetés.

Elles sont plus ou moins grosses selon les variétés (**Peron, 2006**). La faculté germinative dure de 3 à 5 ans (**Monnet et al. 1999**).

I.1.5 Le cycle de développement de l'haricot

I.1.5.1 Phase de germination

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

I.1.5.2 Phase de croissance

Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner (**Pitrat Et Foury, 2003**), cinq à six jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée, cinq à six jours après l'apparition de la première feuille trifoliolée apparaît la deuxième, Au bout d'un mois, le pied de haricot possède une dizaine de feuilles trifoliolées et il a atteint sa hauteur définitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines (**Dupont Et Guignard, 1989**).

I.1.5.3 Phase de floraison

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

I.1.5.4 Phase de maturation

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

I.1.6. Origine et répartition géographique du haricot vert (le genre *Phaseolus*)

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) est originaire d'Amérique du Sud. Actuellement sa forme sauvage se répartit dans l'aire géographique comprise entre l'ouest mexicain et le nord-ouest argentin.

Enfin, selon **Heiser (1965)** cité par **Caramigeas (1986)** le haricot peut être le résultat d'une domestication indépendante de *Phaseolus arborigeus* Burkhardt, espèce voisine qui existe à l'état sauvage dans ces régions.

Selon **Petersen (1985)** le *Phaseolus Acutifolius* (tepary bean) constituait un important aliment durant l'ère préhistorique du sud-ouest de l'Amérique du nord (natif de la région s'étendant entre l'Arizona et le l'ouest du Texas).

Les deux auteurs précités ci hauts s'accordent sur le fait que l'introduction du *Phaseolus* en Europe et en Afrique s'est produite au XVI^{ème} siècle grâce aux espagnols et portugais

« Le nom de *Phaseolus* vient *Phaselus*, nom donné par **Virgile** et dérivé du grec Phaselos qui signifie chaloupe, par allusion à la forme des gousses » mais cette légumineuse contrairement aux autres n'étant pas connue dans le bassin méditerranéen pendant l'antiquité.

I.1.7. Exigences des haricots verts

I.1.7.1. Les exigences climatiques

Le genre *Phaseolus* est très sensible au gel. Il est plus tolérant aux hautes qu'aux basses températures, néanmoins, les températures supérieures à 27 – 30°C provoquent la chute des organes fructifères particulièrement les fleurs. Ceci est probablement dû à une mauvaise germination du pollen provoqué par une dissociation prématurée.

Les résultats obtenus par **Bouwkamp et Summers (1982)** montrent qu'au-delà de 30°C la germination du pollen est inhibée et que la température optimale de reproduction du haricot est de 24°C, le jour et 20°C, la nuit.

De plus les températures basses (6 à 8°C) provoquent une baisse de la germination du pollen de 35 à 55% par rapport au témoin, ceci aura pour conséquence une diminution de la fertilité des gousses.

Vu que *Phaseolus* est originaire des zones tropicales et de relief élevé, il sollicite une forte teneur en humidité élevée. Mais, un excès pluviométrique entrainerait un pourrissement des gousses, surtout pour le *Phaseolus lunatus* et le *Phaseolus vulgaris*.

Un stress hydrique combiné à un stress de basse température est plus dangereux qu'un stress hydrique seul. En effet selon les conclusions de l'étude effectuée par **Pardossi et Al (1982)** sur le haricot, le froid bloque la réhydratation des tissus de la plante après irrigation. Durant le printemps et l'hiver et les vagues de froid de ces deux saisons, il y a lieu de rétablir l'équilibre naturel par un réchauffement du sol.

I.1.7.2. Les exigences édaphiques

Le haricot peut être cultivé sur la plupart des sols, des terres meubles ou sableuses, aux sols lourds et argileux, ainsi que sur les sols tourbeux.

La mise en place de la culture de l'haricot nécessite la mise en place d'un bon lit de semence pré irrigué afin de favoriser une bonne levée sans irrigation durant la période de semis levée. Une irrigation durant cette période provoque la pourriture des graines, particulièrement, en sols lourds et mal drainés (**Laurent, 1992**).

En condition de laboratoire, selon **Ledraa (1993) et Robai (1998)** montrent les effets néfastes de l'excès d'eau en phase de germination levée du haricot variété S102. Selon les mêmes auteurs, ces effets sont accentués par les basses températures.

I.1.7.3. Besoins en eau

L'excès de l'eau peut être aussi néfaste que son manque. Selon **Bachchhav et al. (1993)** l'excès d'eau dû à une fréquence d'arrosage exagérée provoque une diminution du poids des graines, du poids des gousses, de l'indice de récolte et de la qualité protéique des graines de haricot. Une pluviométrie excessive provoque la coulure et les risques de maladies.

En cas d'irrigations très abondantes, on assiste à une mauvaise efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation de l'eau (consommation de luxe). De plus surviennent des situations d'engorgement et d'asphyxies, suivies de coulures et de maladies.

Les besoins en eau du haricot pour un cycle de 75 à 120 jours (selon les saisons et les variétés) varient de 300 à 400 mm (**Farats, 1989 et Mouhouche, 1991 et 1997**). Selon les mêmes auteurs, Les phases de plus grande sensibilité au manque d'eau correspondent à la période de reproduction (floraison, élongation, et remplissage des gousses).

I.1.7.2. Les maladies du haricot vert

Les principales maladies sont consignées dans le tableau 2

Tableau 2 : les différentes maladies lors de la culture du haricot vert et leur lutte.

Appellation paysanne	Nom scientifique	Symptômes	Prévention	Moyen de lutte
Lagaly	Oïdium (<i>Erysiphe polygoni</i>)	Taches blanches grisâtres sur les deux faces foliaires	Réduire les zones ombragées et l'humidité	
	Anthraxose	Nécroses brunes sur nervures et pétioles de feuilles, taches brunes sur gousses et graines	Traitement préalable des graines avec des fongicides Lutte préventive toutes Les 2 semaines	Bouillie bordelaise En dernier recours, utilisation de fongicide chimique telle le Mancozèbe
Mourriture grise	<i>Botrytis cinerea</i>	Moisissure sur tiges, fleurs et gousses	Lutte préventive : en début de floraison et lors du grossissement des gousses avec Iprodione, la procymidone, vinchlozoline en alternance	Recours aux spécialités commerciales autorisées.
	Rouille du haricot	Petites taches brunes-rouilles sur les deux faces de la feuille ; dessèchement rapide des plantes	- Eviter de cultiver dans des cuvettes mal aérées - Eviter d'arroser le soir ou la nuit - Bien équilibrer les fumures - Détruire les résidus De culture	Bouillie bordelaise
	Graisse du haricot	Tâches nécrotiques entourées d'un halo vert claire ou jaune sur feuilles, tâches d'aspect Graisseux sur gousses	Pratiquer la rotation de culture Utiliser les semences saines	Arracher et brûler les pieds malades. Ne surtout pas les mettre dans le tas de compost.
Virose	BCMV	Mosaïque verte sombre boursoufflée et détaillé très variable Nécrose brun-rouge des nervures sur une partie ou la surface totale de la foliole	Utilisation de semences saines	Arracher et brûler les pieds malades

I.2.1. Notion de fertilisation

La fertilisation est l'apport exogène d'éléments nutritifs pour les plantes, sous forme de matières minérales ou organiques. Elle vient en complément des ressources disponibles dans le sol, pour assurer une bonne production. Elle modifie les caractéristiques et le fonctionnement des sols (**Lecompte et Goillon, 2015**).

Comme elle 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 (**Christian Schwartz et al., 2005**), 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**).

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.

I.2.2. Définitions de biofertilisants :

Les biofertilisants peuvent également être appelés « biostimulants », « stimulateurs de croissance et/ou développement », « activateurs de sol » ou encore « phytostimulants » (**Faessel et al. 2015**).

D'après la définition retenue par l'**EBIC (European Biostimulants Industry Council)** un biofertilisant est : « un matériel qui contient une (des) substance(s) et/ou microorganisme(s) dont la fonction, quand ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère, est de stimuler les processus naturels pour améliorer/avantager l'absorption des nutriments, l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques, et la qualité des cultures, indépendamment du contenu en nutriments du bio stimulant » (European Biostimulants Industry Council).

I.2.3. Rôle des biofertilisants

Les biofertilisants ont le potentiel d'améliorer la santé et la productivité des plantes cultivées et réduire les besoins en engrais chimiques synthétiques. L'application de ces microorganismes sur les graines, les tubercules ou dans le sol permet la colonisation de la zone racinaire, ou l'intérieur de la plante en favorisant la croissance et améliorant l'approvisionnement, ou l'accessibilité des principaux nutriments à la plante (**Jan Mohammadi, 2015**)

D'après (**Jen-Hshuan, 2006**) les fertilisants biologiques diffèrent des engrais chimiques et organiques dans le sens où ils ne fournissent pas directement tous les nutriments aux cultures, mais fournissent des bactéries et des champignons qui peuvent aider la plante à une assimilation pertinente des éléments nutritifs. Les micro-organismes du sol jouent un rôle déterminant dans la régulation de la dynamique et la décomposition de la matière organique, ainsi que la disponibilité des éléments nutritifs des plantes tels que le N, le P et le S.

Il est bien établi que les inoculants microbiens constituent un élément important dans la gestion intégrée des nutriments qui conduit à une agriculture durable. Ils peuvent être utilisés comme intrant économique pour la productivité des cultures.

I.2.4. 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 (N), le phosphore (P) et le potassium (K) (**FAO,1987**).

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 (FAO, 1987). Les éléments nutritifs ont des effets différents sur les réactions biochimiques qui déterminent la qualité des produits. Très généralement, on peut dire que l'**azote** a une incidence sur la croissance, le rendement de la plante de même que sur sa couleur, sa composition en protéines et en vitamines. La quantité d'azote, mais aussi la forme sous laquelle il est apporté et la date de ces apports sont des critères importants.

Le **phosphore** permet un bon enracinement, une bonne résistance à la sécheresse et joue un rôle dans la maturation des fruits. Le **potassium** influe sur la concentration en vitamines, en minéraux, en sucres et sur la texture, la fermeté et la résistance au transport.

De plus, l'équilibre entre les éléments nutritifs influe sur la composition en éléments minéraux : un excès de potassium réduira l'absorption de calcium et de magnésium. C'est non seulement la quantité d'éléments minéraux mais également l'équilibre entre ceux-ci qui déterminent la qualité des récoltes (**FAO, 1987**).

I.2.5. La fertilisation organique

Les matières organiques constituent une source importante d'éléments minéraux non seulement en éléments majeurs, mais aussi en oligo-éléments (**Soltner, 2005**).

Ces éléments sont utilisés par les plantes pour satisfaire leurs besoins au cours de leurs cycles de développement. Ainsi, elle favorise une bonne croissance des plantes et une forte résistance aux maladies (**Moughli, 2000**). Les matières organiques sont le

substrat énergétique des organismes hétérotrophes du sol (**Balesdent, 1996**), elles incluent tous les organismes vivants du sol, ainsi que les 18 restes d'organismes morts, dans leurs divers degrés de décomposition (**Soco, 2009**).

La matière organique est un élément et produit majeure des processus biogéochimiques (**Labanowski, 2004**). Elle est un indicateur général de la qualité du sol (**Dat, 2001**).

Il existe différentes formes d'apport organique au sol parmi lesquelles :

I.2.5.1. Les fumiers

Le fumier est une excellente source de nutriments pour les plantes, car ce que mangent les animaux provient des plantes, et la plupart de ce que mangent les animaux passe dans les excréments. Les propriétés physicochimiques et biologiques du fumier sont un amendement du sol vraiment incroyable (**Mark, 2015**).

Selon (**Gérald et al. 2011**) les fumiers stimulent en quantité et en activité la biomasse du sol et augmentent la minéralisation de l'azote. En effet, l'activité des micro-organismes « mesure de l'activité enzymatique » et le niveau de minéralisation de l'azote sont favorisés. Les effets s'expriment sur une courte durée « 1 année culturale ». Dans ce cas ces derniers sont moins influents sur le stock en carbone organique du sol (**Gérald et al., 2011**).

I.2.5.2. Le composte

Le compostage est un processus de décomposition et de transformation « contrôlées » de déchets organiques biodégradables, d'origine végétale et/ou animale, sous l'action de populations microbiennes diversifiées (**Mark, 2015**). Les compostes sont principalement utilisés en agriculture pour augmenter ou maintenir la concentration de matière organique du sol. Leur comportement après incorporation au sol dépend de la stabilité de leur matière organique (OM) (**Francou, 2004**).

Shafawati et Siddiquee (2013), ont défini le composte comme un bioprocédé interdépendant de la transformation de la matière organique en produits utiles par la décomposition de la matière organique par l'action de divers organismes ; micro et macroorganisme réunissant la récupération, le recyclage, le traitement et l'élimination des déchets d'origine naturelle.

I.2.5.3 Les Engrais

L'engrais est toute matière naturelle ou manufacturée, sèche ou liquide, ajoutée au sol afin d'apporter un ou plusieurs nutriments végétaux (**Subhash, 2014**). Ces produits contenant un ou plusieurs éléments végétaux essentiels qui, lorsqu'ils sont ajoutés à un système sol / plante, facilitent la croissance des plantes et / ou augmentent la productivité en fournissant des éléments essentiels supplémentaires à l'usage des plantes (**Benton et Jones, 2012**).

I.2.5.4. L'Engrais vert

C'est une culture de végétation rapide enfouie sur place et destinée avant tout à améliorer le sol. Ce type d'engrais a un effet important sur la protection du sol, en le considère comme une source de matières organiques jeunes ; source d'éléments nutritifs pour les plantes essentiellement en azote (**Soltener, 2003**).

I.2.6. Exemples de biofertilisants intéressants pour l'agriculture

Plusieurs types de biofertilisants peuvent être différenciés, en fonction des micro-organismes qui les composent. A l'heure actuelle, **les micro-organismes identifiés comme ayant les propriétés les plus intéressantes pour une utilisation agricole** sont les suivants :

I.2.6.1. Les bactéries fixatrices d'azote

Les bactéries fixatrices d'azote sont, comme leur nom l'indique, des bactéries dont la fonction principale est de capter l'azote présent dans le sol et dans l'air.

I.2.6.2. Les bactéries solubilisatrices de phosphore

Les bactéries solubilisatrices de phosphore permettent de solubiliser le phosphore présent dans le sol, c'est-à-dire de le transformer sous une forme soluble et bio disponible pour la plante.

I.2.6.3. Les champignons mycorhiziens

Le terme « mycorhize » a été proposé par **Frank, 1885**. Il vient de la combinaison de deux mots, l'un grec mûkes (champignon) et l'autre latin rhiza (racine), il désigne donc essentiellement l'association symbiotique entre des champignons et les racines des plantes. (**Mohammedi , 2018**).

I.2.7. La fertilisation foliaire

L'application foliaire de certains nutriments est depuis longtemps, une pratique agricole commerciale. Les nutriments appliqués impliquaient sont composés généralement de micronutriments. Dès **1844, Gris** découvre qu'une condition chlorotique observée chez les plantes sur des sols calcaires pouvait être surmontée en appliquant des solutions de sels de fer sur les feuilles.

L'azote a été le macronutriment le plus largement utilisé et celui qui a obtenu le plus grand succès. Par exemple, QOFO de l'azote total appliqué aux champs d'ananas hawaïens est appliqué sous forme de pulvérisation foliaire d'urée (**Wittwer et al, 1963**).

Plusieurs revues à ce sujet ont été rédigées au cours des 15 dernières années. (**Tukey et al. 1956, 1971**).

L'alimentation foliaire fournit des doses supplémentaires de nutriments mineurs et majeurs, d'hormones végétales, de stimulants et d'autres substances bénéfiques au feuillage et à la tige des plantes, par pulvérisation. La réponse de la plante est rapide et efficace, avec moins de produit nécessaire par alimentation (**Oosterhuis et al. 2000**),

Les études sur les radio-isotopes ont indiqué que l'alimentation foliaire était 8 à 20 fois plus efficace que l'application d'engrais dans le sol pour une plante (**Anon, 1985**).

L'application d'engrais foliaire a augmenté le rendement et la résistance aux maladies et aux insectes ravageurs et a amélioré la tolérance à la sécheresse et a amélioré la qualité des cultures. Les applications foliaires de potassium pendant le développement et la maturation des fruits du cantaloup augmentent la fermeté, la teneur en sucre, l'acide ascorbique et les niveaux de bêta-carotène (**Lester et al., 2007**).

Cependant, la réponse des plantes à l'alimentation foliaire dépend de l'espèce, de la forme d'engrais, de la concentration et de la fréquence d'alimentation et du stade de croissance des plantes (**Kuepper, 2003**).

I.2.8. La biofertilisation, une alternative aux engrais chimiques

En conclusion de la deuxième partie, nous ajouterons cette contribution du Dr GUISSOUS. Ce complément a été publié sur le quotidien LIBERTE récemment, soit le 16/07/2021.

« L'Algérie a des atouts pour développer son agriculture, mais toutes ses terres n'étant pas aussi fertiles qu'on le croit, l'option de leur enrichissement par des méthodes bio avance de plus en plus.

En zone des hauts plateaux, souvent arides, les terres agricoles manquent de matières organiques, et même dans le nord, des régions réputées pour leurs sols fertiles ont besoin d'être boostées. Mais pas à n'importe quel prix, puisque ces dernières années, l'introduction des produits chimiques à outrance dans notre agriculture a provoqué des maladies chez le consommateur.

Après cette vague d'herbicides et d'engrais chimiques qui ont pollué et détruit plusieurs terres et cultures, des agriculteurs bordjiens ont recours aujourd'hui à des méthodes bio pour amender les sols, désherber, éloigner ou éliminer les insectes. L'emploi de solutions "vertes" pour fertiliser la terre n'est pas nouveau. Traditionnellement, les agriculteurs utilisaient des légumineuses, des insectifuges et insecticides faits à partir de plantes (graines, feuilles, écorces, etc.), d'eau et de savons naturels, si possible d'origine locale, pour permettre aux maraîchers de ne pas dépenser trop d'argent.

Un biofertilisant est un produit contenant des micro-organismes vivants qui contribue à améliorer la croissance des plantes.

L'optimise les fonctions du sol et sa fertilité grâce à l'action des micro-organismes qu'il contient. Mais le sol ne joue pas uniquement le rôle de "réservoir à nutriments" pour les végétaux, il s'agit d'un écosystème complexe. Même s'il possède un "capital nutritionnel" conséquent, une fraction des apports servant à nourrir la plante peut être immobilisée, donc indisponible pour celle-ci. C'est à ce stade qu'interviennent les micro-organismes du sol. Ils participent à des mécanismes permettant d'améliorer la biodisponibilité des nutriments, favorisant ainsi le développement de la plante.

Les biofertilisants sont donc des produits composés des micro-organismes vivants, qui disposent de propriétés permettant de stimuler la croissance des plantes. Pour aider les végétaux, ils agissent notamment sur les réserves de nutriments immobilisés dans le sol ou dans l'atmosphère.

Tout fertilisant désigné comme bio ou utilisable en agriculture biologique n'est ainsi pas nécessairement un biofertilisant. Plusieurs types de biofertilisants peuvent être différenciés, en fonction des micro-organismes qui les composent.

À l'heure actuelle, les micro-organismes identifiés comme ayant les propriétés les plus intéressantes pour une utilisation agricole sont les suivants : les bactéries fixatrices d'azote, les bactéries solubilisatrices de phosphore et les champignons mycorhiziens. L'utilisation de biofertilisants permet d'apporter une réponse concrète aux enjeux actuels, et constitue une alternative naturelle à l'utilisation d'engrais "chimiques".

Dans le domaine de la nutrition des plantes, les progrès des techniques agricoles se sont centrés depuis une soixantaine d'années sur l'amélioration des propriétés physico-chimiques des sols. Compte tenu des enjeux de productivité de l'agriculture, l'intérêt de son fonctionnement biologique était devenu secondaire. Mais les données socio-économiques de production agricole (raréfaction et enchérissement des intrants, respect de l'environnement, changement climatique...) imposent désormais de prendre en compte le fonctionnement biologique de notre sol.

Le sol est une matière vivante composée d'une grande quantité de micro-organismes qui disposent de fonctions et d'intérêts différents. Soutenir cet élément vivant est donc primordial pour que les pratiques agricoles n'altèrent. »

I.3.1. Origine et répartition géographique de *Moringa oleifera*

L'arbre *Moringa (Moringa oleifera* Lam.), originaire des frontières entre l'Inde, le Pakistan et le Népal, est largement cultivé dans d'autres parties des tropiques de l'ancien et du nouveau monde, notamment l'Asie, l'Afrique et l'Amérique du Sud et Centrale (Ravindra et al., 2016).

On le retrouve sur trois continents et dans plus de cinquante pays tropicaux et subtropicaux à saison sèche marquée, voir en zone aride (Afrique, Arabie, Sud-est asiatique, îles du pacifique, Amérique du sud). Dans ces pays, il est utilisé comme plante médicinale et alimentaire (Malo, 2014).

I.3.2. Description botanique de la plante

I.3.2.1. Systématique de *Moringa oleifera*

Le tableau suivant montre la classification systématique de la plante *Moringa oleifera*

Tableau 3 : La classification systématique de la plante *Moringa oleifera*.

Règne	Planta
Sous- règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Capparales
Famille	Moringaceae
Genre	<i>Moringa</i>
Espèce	<i>Moringa oléifera</i>

(Bichiet al, 2013).

Il existe 14 espèces de *Moringa* qui appartiennent à une famille mono générique. Neuf sont africaines, deux malgaches, deux indiennes et une au Moyen Orient. Les

espèces les plus courantes sont : *Moringa oleifera*, *Moringa stenopetala*, *Moringa conxanensis*, *Moringa Drouhardii*, *Moringa Longituba* et *Moringa Peregrina* (Malo, 2014).

L'arbre porte des noms différents selon les régions dans lesquelles il se trouve (Fig3). Dans les pays francophones il est appelé « Mouroungue », « *Moringa ailé* », « *ben ailé* », « *benz olive* » et « *pois quénique* », dans les pays anglophones on le nomme « *Radish Tree* », « *Never die Tree* », « *Drumstich Tree* », « *Horseradish tree* » (Foidl et al. 2001). Aux philippines on le nomme « *le meilleur ami des mères* » et « *Malunggay* » (Beth 2005).



Figure 3 : l'arbre de *Moringa oleifera*. (Ould Safi, 2012).

I.3.2.2. Nomenclature de *Moringa oleifera*

❖ Les feuilles

Se développent principalement dans la partie terminale des branches. Elles mesurent 20 à 70 cm de long avec un long pétiole et 8 à 10 paires de pennes, chacune de ces deux paires de pennes présentent des folioles opposées, ces derniers sont ovales et longue de 1 à 2cm (Fig. 4) (Morton, 1991).



Figure 4 : Feuilles de *Moringa oleifera*. (Louni, 2009).

- **Les fleurs**

Mesurent 2,5 cm de large et se présentent sous forme de panicules axillaires et tombantes de 10 à 25 cm. Il se caractérise généralement par leur abondance et leur odeur agréable. Elles sont blanches ou de couleur crème, avec des points jaunes à la base (Fig. 5). (Hédji et al., 2014)



en haut: une fleur
ci-contre: fleurs en grappe

Figure 5 : Fleurs de *Moringa oleifera*. (Odee, 1998)

- **Les fruits**

Sont en forme de gousses à trois valves allongées, de couleur vert foncé et deviennent à maturité marron clair ou brun (Fig. 6 et 7), d'une longueur moyenne de 30 à 120 cm et 1,8 cm de largeur. Ils présentent des étranglements entre les graines, leur section transversale montre qu'ils sont trigones. Ces gousses contiennent en moyenne 10 à 20 graines rondes qui sont libérées à sur-maturité par la déhiscence (Boukandoul, 2019).



Figure 6 : Gousses fraîches de *Moringa oleifera* (Price et al., 2015)



Figure 7 : Gousses sèches de *Moringa oleifera* (Ashraq et al., 2012)

❖ Les graines

Sont arrondies, ailées, avec une coque marron semi perméable, avec un poids moyen de 0,3g (25%de poids sont représentés par la coque). La production annuelle par arbre est de 15 000 à 25 000 graines (Fig. 8) **(Makkar et Becker, 1997)**

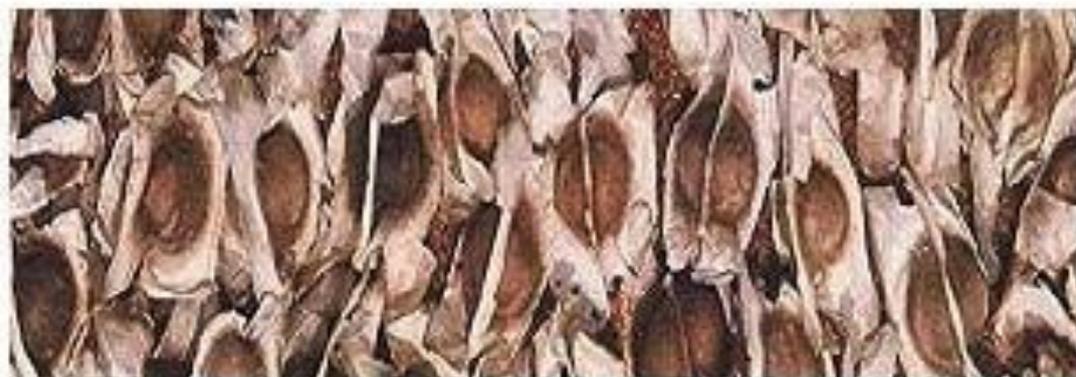


Figure 8 : Les graines de *Moringa oleifera*. **(Optima, 2000)**

L'arbre de *Moringa oleifera* avec ces feuilles persistantes, elles peuvent être récoltées trois à six mois après le semis. Les fleurs et les gousses sont généralement produites au cours de la deuxième année de croissance de l'arbre et durant les deux premières années le rendement sera faible, mais à partir de la troisième année un seul arbre peut produire 600 à 1600 fruits (gousses) par an **(Boukandoul, 2019)**.

Un arbre peut produire 15 000 à 25 000 des graines par an **(Ralezo-Maevalandy, 2006)**, ce qui peut être récoltée neuf mois après le semis des graines et qu'une acre donne 100kg de graines par an **(Ramesh-Kumar et al., 2014)**.

La maturation des graines de *Moringa oleifera* est généralement liée aux conditions climatiques de la région de plantation. Les fruits tendres sont généralement récoltés pendant la période d'été ; parfois deux récoltes par an peuvent être effectuées : de Juillet à Septembre ainsi que de Mars à Avril **(Boukandoul, 2019)**.

1.3.3. Valeur nutritionnelle du Moringa et composition des différents produits et dérivés

La composition chimique des différentes parties de *Moringa* a été étudiée par plusieurs chercheurs au cours des vingt dernières années.

1.3.3.1. Composition moyenne des feuilles

Les feuilles contiennent une très grande concentration de vitamines, de protéines, de certains minéraux, elle possède également d'acides aminés et les acides gras essentiels **(Broin, 2005)**.

Les feuilles de *Moringa* contiennent beaucoup d'antioxydants, des études montrent une teneur de 80% de poids sec pour les phénols, ainsi que des flavonoïdes (Tableau 4) **(Harimalala et al., 2016)**.

Tableau 4 : Composition moyenne des feuilles de *Moringa oleifera*.

Données pour 100 grammes de matière sèche			
Composition globale		Acides aminés (mg)	
Calories (Kcal)	300	Arginine	1600
Protéines (g)	25	Histidine	530
Glucides (g)	40	Isoleucine	1140
Lipides (g)	8	Leucine	2050
Minéraux (g)	12	Lysine	1200
Fibres (g)	15	Méthionines	370
Teneur en eau (%)	75	Phénylalanine	1400
		Thréonine	1080
Minéraux (mg)		Tryptophane	580
Calcium	2100	Valine	1400
Cuivre	1	Acide aspartique	1670
Fer	27	Acide glutamique	2470
Potassium	1300	Serine	840
Magnésium	405	Glycine	960
Phosphore	310	Alanine	1260
Manganèse	8	Proline	1230
Souffre	740	Tyrosine	910
Sélénium	2,6	Cystéine	360
Zinc	2,6	Acides gras	
Molybdène	0,5	C16 : 0	530
Sodium	100	C18 : 0	70
Vitamines		C18 : 1	60
Vitamine A (UI)	14300	C18 : 2	170
Vitamine C(mg)	850	C18 : 3	1140

Source : Broin (2005) citée par Malo (2014)

I.3.3.2. La comparaison entre le contenu nutritionnel :

La comparaison entre le contenu nutritionnel du *Moringa* et celui d'autres aliments montrent que le *Moringa* est de haute valeur nutritionnelle (Tableau 5).

Tableau 5 : Comparaison du contenu nutritionnel des feuilles de *Moringa* et autres plantes (Pour 100g parties comestibles)

Eléments nutritifs (unité)	Moringa	Autres plantes
Vitamine A (mg)	1130	Carotte: 315
Vitamine C (mg)	220	Oranges: 30
Calcium (mg)	440	Le lait de vache: 120
Potassium (mg)	250	Banane: 88
Protéines (mg)	6700	Le lait de vache: 3 200

(Anonyme2)

I.3.4. Fertilisation des cultures et bio-stimulant

Les bio-pesticides et engrais issus des plantes ont des avantages multiples surtout pour les paysans agriculteurs, de par leur accessibilité et leur moindre coût sans oublier leur faible toxicité et résistance. Selon **Foidl et al., (2001)**, l'extrait à l'éthanol 80 % obtenu à partir des feuilles de *Moringa* contient des facteurs de croissance (hormones du type cytokinine). Son aspersion après dilution dans l'eau produit des effets significatifs : croissance plus vigoureuse sur un cycle de vie plus long ; racines, tiges et feuilles plus robustes, fruits plus gros, teneur plus élevée en sucres. L'utilisation de cet extrait permet d'augmenter globalement les rendements de 20 à 35%. (**Foidl et al., 2001**).

Selon **Mudjahid et al., (2015)**, l'extrait de *Moringa* est un agent d'amorçage des graines et un activateur de croissance du blé, il augmente le rendement, la teneur en matière sèche, la surface foliaire et l'indice foliaire.

L'effet aphicide n'était pas exclu du rôle pesticide de *Moringa* **Habib et al., (2015) et Shah et al., (2017) ; Alghamdi (2018)** ont expérimenté l'extrait des fleurs, des feuilles et des racines pour lutter contre les pucerons. L'extrait des feuilles de *Moringa* atténuait l'infestation des sauterelles (*Zanocerus variegatus*) (**Ezeaku et al., 2015**).

I.4.1. Le compost

Mustin (1987) définit le compost comme « un produit organique stable riche en composés humiques, issus d'une décomposition biologique des constituants organiques des sous-produits et déchets ». Par exemple : les composts verts obtenus à partir des débris végétaux, les composts de fermentescibles alimentaires et/ou ménagères obtenus à partir de la fraction fermentescible des déchets de ménage et/ou alimentaires, les composts de fumier, les composts de lisier et les composts de boues de stations d'épuration.

Les Co-composts désignent des mélanges de différents composts. Le but recherché est d'associer les qualités d'un produit à celles d'un autre, afin d'obtenir un compost de très bonne qualité.

I.4.2. Le lombricompostage

Un procédé de bio-oxydation et stabilisation de la matière organique grâce à l'action combinée des microorganismes et des lombriciens, il donne un compost qui ne requiert pas de phase thermophile caractéristique du compostage.

Ce compost appelé lombricompost est de haute qualité notamment en raison de son excellente structure granulaire (**Saint Pierre et al., 2010**). Cette méthode est plus rapide que le compostage, c'est le passage du substrat par les intestins des vers de terre qui sont riche en microorganismes et en régulateurs de croissance ; il s'agit d'une différence de rapidité significative mais pas encore bien compris.

Ainsi, les vers de terre, par un type d'alchimie biologique, sont capables de transformer nos déchets en or (**Nagavallema et al., 2004**). Pour la réalisation de ce procédé l'espèce utilisée est le ver de fumier (*Eisenia foetida*) c'est un ver de petite taille, il ne dépasse pas 5 à 8 cm de longueur. Il ne peut survivre sans quantités suffisantes de matières organiques, c'est pourquoi on le retrouve seulement dans les tas de fumier ou de compost et non pas dans les sols des jardins et des champs.

On reconnaît facilement le ver de fumier à sa couleur rosée et à ses anneaux clairs, presque jaunes (**Buch, 1991**). Il est communément utilisé pour les élevages à grande échelle en Amérique du Nord. Ces élevages intensifs sont pour le compostage des déchets organiques et la fabrication de protéines.

Ce ver est très prolifique. Il se reproduit bien à des températures variant de 20°C à 25°C.

Le ver du fumier est adapté pour exploiter les matières organiques en décomposition rapide telles que le fumier ou la végétation. Il vit en conditions de forte densité, ce qui signifie qu'il est possible d'en élever de grand nombre dans un espace restreint (Tomlin, 1981).

Il se reproduit rapidement et peut dans des conditions favorables, avoir une durée de vie supérieure à 600 jours (Venter et al. in Ouahrani (2003)). Il peut atteindre sa maturité sexuelle observable au développement du clitellium en 4 à 6 semaines, après l'éclosion.

La reproduction des cocons par *Eisenia foetida* est maximale les trois premiers mois de la vie adulte, et peut se poursuivre pendant au moins 500 jours. Après accouplement, le cocon se forme en 2 à 4 jours (Fayolle, 1982 in Ouahrani (2003)).

Les cocons, une capsule ayant la forme d'un citron et aux dimensions approximatives de 6 mm de longueur par 4 mm de largeur, qui contiennent les œufs fécondés.

Habituellement, les cocons éclosent au bout de 14 à 21 jours, quand les conditions sont favorables, et donnent d'un à deux vers. Si les conditions de température et d'humidité ne sont pas favorables les capsules demeurent intactes en attendant de meilleures conditions. Les capsules peuvent survivre à des conditions adverses de sécheresse et de chaleur où les vers de terre ne survivraient pas (Anonyme, 2011).



Figure 9 : Dispositif d'un lombricomposteur (Chennouf et Foughali, 2009).

I.4.3. Les intérêts des composts :

Selon l'**Itab (2001)**, les principaux avantages qui déclenchent la décision de faire ou d'acheter du compost sont les suivants :

- La réorganisation de la matière organique sous forme de molécules plus stables.
- La réduction de volume, qui permet de compenser le surcoût apparent du compostage, en diminuant les frais liés à l'épandage
- La concentration en matière sèche et en éléments minéraux.
- L'assainissement vis-à-vis des mauvaises herbes.

- L'assainissement vis-à-vis de la plupart des phytopathogènes.
- L'assainissement vis-à-vis de certains agents pathogènes et parasites issus des animaux.
- La destruction partielle ou totale des résidus de produits phytosanitaires.
- L'absence d'odeur désagréable.
- La limitation des pertes d'azote nitrique.
- L'homogénéité du produit fini, qui rend l'épandage beaucoup plus performant.
- La limitation des pertes d'azote nitrique par lessivage après épandage.

Lors du compostage, la réduction du volume est de l'ordre de moitié pour les fumiers ou les déchets verts (**Itab, 2001**). Cette réduction est due aux pertes de carbone et d'eau, suivies de tassements, qui ont lieu pendant le compostage. Grâce à la diminution de masse, les composts sont plus concentrés en éléments fertilisants que les déchets dont ils sont issus.

La combinaison entre hautes températures et libération des facteurs biochimiques inhibiteurs au cours du compostage, assure la destruction des graines. Partis sur cette hypothèse, **Ragdale et al. (1992)** constatent l'absence de graines viables de mauvaises herbes. Enfin il y a décompostage, lorsque la température dépasse 60°C.

Le compostage est un atout. En effet, un compostage de fumier allant de 6 semaines à 2 mois, avec 2 retournements à 7 jours d'intervalle, dans de bonnes conditions météorologiques, est une garantie d'assainissement quel que soit le type de salmonelle concerné. Par ailleurs, les analyses bactériologiques montrent que le compostage est à l'origine de la disparition de la population d'*Escherichia coli* (coliformes fécaux provoquant des diarrhées chez les jeunes animaux) (**Itab, 2001**). C'est pourquoi le compostage donne un résultat plus fiable que le fumier stocké pendant

plusieurs mois (**Hacala, 1998**).

L'augmentation de la densité du compost, la granulométrie plus fine et l'homogénéité du produit final, permettent de mieux doser les quantités à épandre, si l'on utilise un matériel adapté, permettant ainsi de diminuer le chargement en azote sur la parcelle. Aussi, l'azote du compost est-il presque entièrement sous forme organique, d'autant plus humifiée que le compost est âgé. Ces formes organiques humifiées se dégradent lentement. Les essais de l'unité de science du sol de l'INRA de Grignon et de l'unité de flore pathogène de Dijon ont révélé que l'addition de 10% en volume de compost de fraction fermentes cible d'ordure ménagère, à un sol limoneux, permet de diminuer, voire de supprimer le développement de la fusariose vasculaire (**Serra-Wittling et al. 1996**). Les auteurs expliquent ce constat par la résistance générale (l'ensemble des micro-organismes, dans le compost, entrent en concurrence avec les agents pathogènes du point de vue des éléments nutritifs du milieu de vie). Par ailleurs, les travaux récents de **Nahar et al. (2006)** montrent que certains composts ont un impact sur les nématodes de la tomate.

En outre, le compost présente l'avantage de diminuer la solubilité de nombreux métaux lourds dans le sol et par conséquent de réduire leur absorption par les plantes (**Rhode, 1972 ; Gomez et al., 1991 ; Pinamonte et al., 1997**).

Il permet de mieux valoriser les éléments fertilisants contenus dans les déchets d'élevage. En effet, les travaux menés sur ces déchets montrent que le compostage des fumiers augmente leur concentration en éléments nutritifs (**Pommel et Juste, 1977 ; Adriano, 1986 ; Tejada et al., 2006 ;**).

I.4.4. Utilisation agronomique des composts

La maturité, la stabilité, la teneur en nutriments et les restrictions réglementaires sont les aspects fondamentaux qui déterminent l'usage agricole d'un compost (**He et al., 1995 ; Itab, 2001**).

Selon ces auteurs, la maturité d'un compost peut être évaluée à partir de :

- L'activité des bactéries assurant la biodégradation.
- L'étude des caractéristiques physico chimiques.
- Et la réaction d'organismes vivants mis en présence dans le compost.

Selon **Itab (2001)**, la stabilité d'un compost est évaluée par les indicateurs suivants :

- Le rapport C/N.

- Le coefficient iso humique.
- L'indice de stabilité biologique.
- Le coefficient apparent d'utilisation de l'azote.

La richesse en nutriments justifie l'intérêt agricole des composts (tableau 6).

Tableau 6 : Caractéristiques agronomiques moyennes de quelques composts d'ordures ménagères (en % matière sèche)

Caractéristiques	Compost de France ¹	Compost de Cotonou ²	Compost de Yaoundé ³	Compost de Bafoussam ⁴
Humidité	40,1%	30%	27%	30%
MO total	48,5%	16%	17,7%	-
Carbone organique	26,3%	8,4%	13,6%	8,24%
Ntotal	0,96%	0,3%	0,85%	0,63%
Rapport C/N	26,4	25	16	13
P ₂ O ₅	0,67%	0,07%	0,15%	0,014%
K ₂ O	0,74%	0,2%	1,5%	0,66%
CaO	6,1%	0,12%	0,16%	0,63%
MgO	0,66%	-	0,23%	0,12
pH	6,9	-	-	-

1=Composition moyenne à partir de 37 unités en France (**BRULA et al.,1995**).

2=Composition moyenne issue d'une compostière artisanale à Cotonou (**WASS et al., 1996**).

3= Composition moyenne à partir de 15 compostières artisanales de Yaoundé (**NGNIKAM et al., 1995**).

4=Composition moyenne à partir de 5 sites décompostage artisanal à Bafoussam (**CIPCRE, 1997**).

Dans son ouvrage « Guide des matières organiques » **Itab (2001)** montre que la variabilité des composts issus des déchets ménagers dépend de

- La nature des déchets entrants.
- La technique de compostage.

- La durée de compostage.
- La durée de stockage du compost.
- Le climat local.

Ces paramètres précédemment énumérés peuvent agir isolement ou en synergie, ce qui rend complexe la compréhension de la valeur agronomique d'un compost.

L'azote est présent dans les composts de déchets ménagers sous forme organique non lessivable. Selon **Itab (2001)** pour un meilleur équilibre microbologique la teneur en azote organique pour les composts devrait être incluse entre les valeurs de 15 à 20. La proportion d'azote disponible la première année est de 5 à 20% (**Mustin, 1987**). Selon l'auteur, cette disponibilité serait due à la mobilité de cet élément.

La teneur en phosphore est beaucoup plus basse dans les composts des villes que celle des paysans. Cet élément fertilisant est plus disponible pour les plantes que l'azote. Cette disponibilité est évaluée de 50 à 60% dès la première année (**Itab, 2001**).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Objectif

L'objectif de notre étude est de tester l'impact de la formulation de deux biofertilisants le premier d'origine animale (lombricompost) et sa propre formulation et le deuxième d'origine végétale (l'extrait aqueux de feuilles de *Moringa oleifera*) avec ses deux formulations et ce en comparaison avec le témoin (l'eau).

II.1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

Les essais de la présente étude ont été réalisés au niveau de la station expérimentale du département de biotechnologie et agro-écologie de l'université de Blida 1. Le dispositif a été conduit dans une serre tunnel dont l'orientation est nord sud. Il s'agit d'une structure plus légère car elle est recouverte de bâches en plastiques résistantes aux ultraviolets et tendues sur des tubes métalliques arrondis. Les tunnels sont intéressants pour leur plus faible coût de construction. Ils sont constitués également de chapelles pour couvrir de plus grandes surfaces. Ils sont réalisés pour protéger des cultures précoces ou tardives des conditions climatiques extérieures défavorables.



Figure 10 : Présentation du site expérimental (Google Earth)

II.2. Matériel d'étude

II.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre expérimentation concerne le haricot vert (*Phaseolus vulgaris. L*), on a choisi la variété El Djedida.

El Djedida est une variété naine à maturité moyennement précoce et productive avec une gousse qui mesure 16cm de long 10mm de diamètre couleur vert Foncé la graine est de couleur noire (Fig. 10).



Figure 11 : Graines de la variété El Djedida (photo Originale)

II.2.2. Pré germination des graines

On entend par pré germination, la période de repos (dormance) de la graine prend généralement fin avec le trempage. Le tissu végétal normal contient environ 90% d'eau tandis que la graine en contient entre 5 et 18 %. Pour sortir de son état de repos, la graine doit être trempée dans l'eau (de préférence pure, éviter l'eau du robinet). C'est une phase de pré germination (appelée parfois imbibition).

C'est la première opération, réalisée le 26/05/2021 dans des assiettes contenant du coton imbibé d'eau pendant 6 jours jusqu'à l'apparition des radicules. (Les graines avait été trempés dans l'eau pendant 2h avant d'effectuer cette étape) (Fig. 11).



Figure 12 : Pré germination des graines de *Phaseolus vulgaris. L* (photo originale)

II.2.3. Repiquage des graines

Dans notre étude, le repiquage, est en deuxième position, il a été réalisé le 17/06/2021.

Les grains pré germés sont semés dans des pots en plastique contenant de la tourbe noire et du sol récupéré au niveau de la station. Ce mélange fut bien travaillé à fin d'avoir un mélange homogène, ce dernier est arrosé en abondance.

Les arrosages ont été exécutés selon les besoins des plantes pendant 10 jours dans des conditions adéquates pour le développement de l'haricot et ce afin que les plantes soient prêtes pour la transplantation. (Apparition des feuilles cotylédonaire) (Fig. 12).



Figure 13 : Plantules du haricot vert (photo Originale)

II .2.4. Présentation des fertilisants

II.2.4.1. Biofertilisants à base du vermicompost

L'élevage de ver de terre anécique « *Eisinia fætida* » sur des déchets ménagers 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, en mettant dedans les lombrics ajoutés les déchets ménagers et de la terre pour qu'il puisse se dégrader et donner un engrais biologique et récolter en définitif un liquide qu'on appelle le thé du lombric (jus de lombricompost).

Le jus de lombricompost est récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les déchets de cuisine (environ 80 % de leur masse) chargée de nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l'écoulement dans le lombricompost (Fig.13a).

1L de bioproduit est préparé sur la base du jus de lombricompost qui est issu d'un élevage de ver de terre anécique sur des déchets ménagers.

Le jus de lombricompost brut est utilisé comme matière active à laquelle un mélange de mouillant, de pénétrant et de tension actif (Glycérol, poly glucoside et Plastifiant) sont ajoutés, après une agitation active à l'ultraturax. La formulation testée est enregistrée sous le numéro du brevet (DZ/P/2015/000256) (Fig. 14b).

Ce produit a été utilisé à l'état brute, c'est à dire, utilisé seul, "VLC", et en addition d'une formulation en rajoutant un adjuvant et donc formulé, "VLCF".



Figure 14 : dispositif d'obtention du jus de lombricompost brut (à : le lombric ; b : les déchets ménagers).

II.2.4.2 Biofertilisants à base de *Moringa oleifera*

Les feuilles de Moringa sont riches en nombreux composés qui peuvent être utiles dans la promotion de la croissance de la plupart des plantes.

Lorsque l'extrait de feuilles de moringa (EFM) est appliqué à une dose optimisée, il augmente la croissance, soulage les stress biotiques et abiotiques, et améliore parfois la qualité et le rendement du produit.

Typiquement, l'EFM est appliqué sur les feuilles en pulvérisation foliaire.

Afin d'obtenir l'extrait aqueux de feuilles de Moringa nous avons procédé aux étapes suivantes :

- (i) Broyage de feuilles séchées de *Moringa oleifera*,
- (ii) Mélange de poudre de plante avec l'eau,
- (iii) Agitation pendant 48h a l'aide d'un agitateur à hélice,
- (iv) Filtration du substrat. Le filtrat obtenu a été ensuite utilisé comme solution mère et/ou produit brut et on l'a nommé « MEA », *Moringa* Extrait Aqueux.

Dans le but d'obtenir des produits formulés nous avons rajouté deux formulations différentes à notre produit brute et on a obtenu deux nouveaux produits dont la base est la même mais la formulation est différente, les étapes de formulation des bioproduits se présente comme suit :

- (i) **MEAF₁**: MEA + adjuvant=>agitation 24h,
- (ii) **MEAF₂** : MEA + solution d'oligoéléments => agitation 24h.

II .2.5. Préparation et application des biofertilisants

L'ensemble des bioproduits a été utilisé diluer dans l'eau courante (eau de Blida) avec des concentrations différentes à savoir :
1ml/L, 1,5 ml/L et 2 ml/L

Les différentes préparations ont été appliquées par voie foliaire à l'aide d'un pulvérisateur.

II.2.6. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental choisi pour cette étude en dispositif factoriel avec 05 répétition dont la serre tunnel et ce pour la variété choisi *Phaseolus vulgaris. L.* Le semi est mis dans des pots en plastique ; Les graines sont disposées dans des trous de plantation à raison d'une graine par trou.

Le dispositif est de 6 blocs (traitement) à raison de 15 plantes par traitement. D'où un ensemble des unités expérimentales de 90 unités. (Fig. 12).

Chaque bloc Représente une dose déterminée du biofertilisant repartis comme suite : C₁=1 ml ; C₂=1.5 ml et C₃=2 ml. (Voir fig. 14).

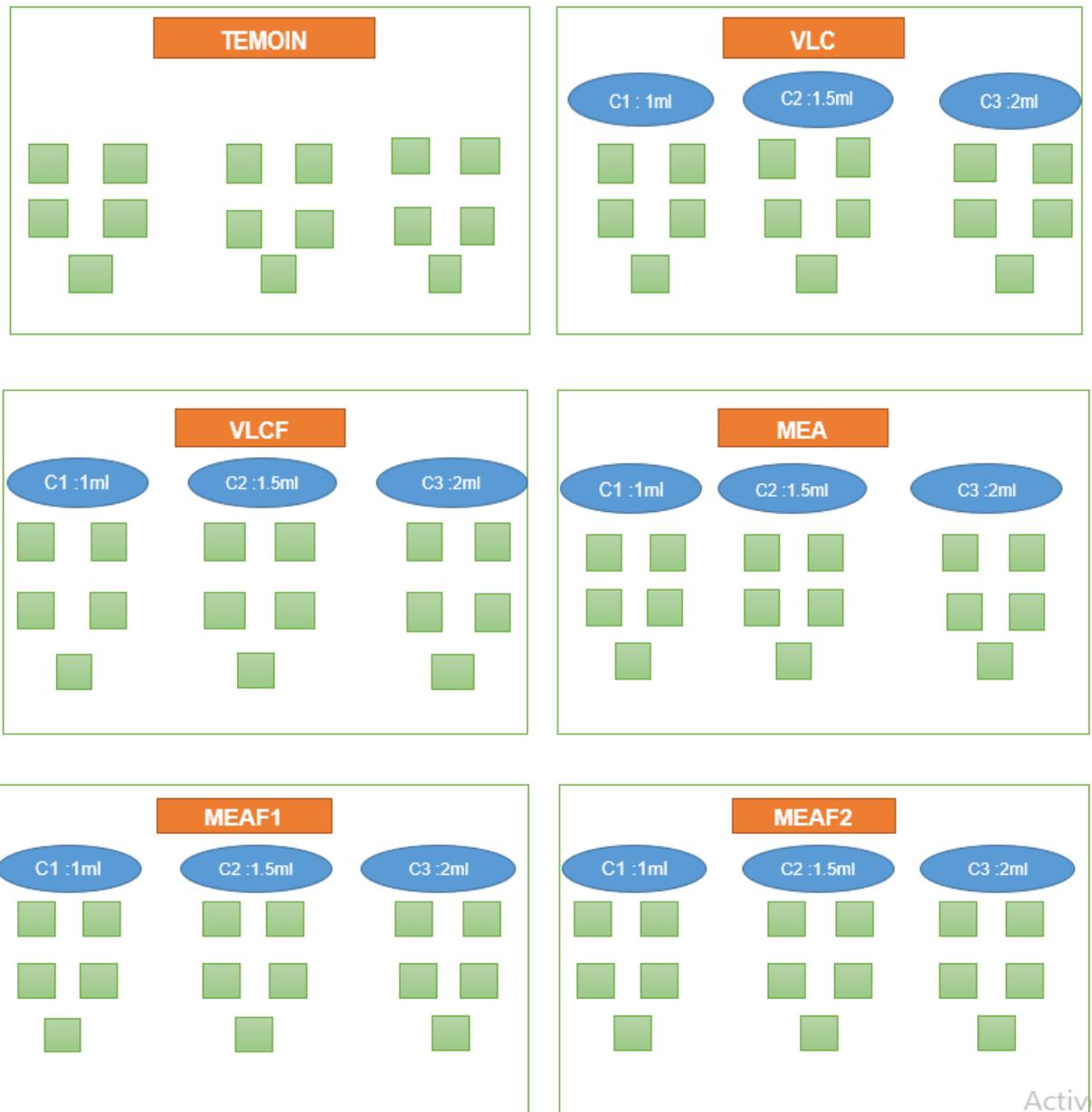


Figure 15 : Présentation générale du dispositif expérimental avec :

Témoin : eau, VLC : jus de lombricompost brute, VLCF : jus de lombricompost formulé, MEA : extrait aqueux brute de Moringa, MEAF1 : extrait aqueux de Moringa formulé 1, MEAF2 : extrait aqueux de Moringa formulé 2).

II .3.1. Paramètres de croissance étudiés

II.3.1.1. Surface foliaire

Les feuilles ont été saisies en photo à l'aide d'un appareil photo numérique afin de mesurer la surface des feuilles de chaque pot.

Pour cela nous nous sommes servis d'un logiciel Digimizer qui permet d'analyser en détail les photos prises et d'en déterminer des mesures précises.

Une fois installé et lancé, Digimizer affiche une interface clairement structurée dans laquelle vous chargez vos images JPG, GIF, TIFF, BMP, PNG, WMF, EMF ou DICOM. Le programme analyse vos photos et se révèle capable de détecter automatiquement des objets. Les mesures prises concernent l'image de manière générale, ainsi que chaque caractéristique des objets détectés. Digimizer intègre quelques options de base qui vous permettent de recadrer et modifier sommairement vos images, ainsi que d'y appliquer des filtres.

II.3.1.2. Indice foliaire (LAI).

L'**indice foliaire**, ou **indice de surface foliaire** (LAI, en anglais *Leaf Area Index*), est une grandeur sans dimension, qui exprime la surface foliaire de la plante par unité de surface de sol.

Il est déterminé par le calcul de l'intégralité des surfaces des feuilles de la plante sur la surface de sol que couvre cette plante. Dans les forêts européennes, cet indice peut varier de 2 dans les pinèdes à plus de 10 dans des plantations de résineux denses :

$$\text{LAI} = \frac{A}{S} \text{ [sans dimension] ou [m}^2 \text{ feuilles/m}^2 \text{ sol]} \text{ (7)}$$

A Si WL est la masse foliaire (poids sec) contenue dans la surface A (sol), et SLA la surface spécifique des feuilles considérées, LAI est donné par le produit :

$$\text{LAI} = \text{WL} \times \text{SLA}.$$

II.3.1.3. Longueur de la partie aérienne

Elle est mesurée en cm à l'aide d'une règle graduée, et ce du collet jusqu'à l'apex et effectuée pour chaque plante. La longueur des tiges est prise en photo à l'aide d'un appareil numérique. Nous introduisons ces photos dans le logiciel Digimizer afin de calculer la longueur des tiges.

II.3.1.4. Poids des feuilles fraîches

Nous avons cueilli des feuilles fraîches avant et après traitement de chaque plante puis on les pèse (les feuilles fraîches) à l'aide d'une balance de précision.

II.3.1.5. Poids des feuilles sèches

Après avoir prélevé les feuilles fraîches, nous les mettons dans l'étuve à 80°C pendant 1h et 30min afin d'obtenir des feuilles totalement sèches et les pesé par la suite à l'aide d'une balance de précision.

II.3.1.2 Analyses des données

L'analyse statistique a concerné l'impact des différents traitements (bruts et formulés) sur les paramètres de croissance de l'haricot vert.

Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%).

La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey).

Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs se sont déroulés grâce au logiciel Past version 3.2 (**Hammer, 2001**).

Chapitre III : Résultats

Les résultats de l'expérimentation nous ont permis d'interpréter les effets du vermicompost « brut/formuler » et l'extrait aqueux des feuilles de moringa oleifera « brut/1^{er} formulation/2^{eme} formulation » ont promouvoir les paramètres morphologiques et physiologiques du haricot vert dans des conditions semis contrôlés.

Ainsi, les paramètres étudiés permettent de caractériser la capacité du vermicompost et l'extrait du moringa à un effet très important sur les plantes surtout comme dans notre étude « haricot vert ».

III. Effet du vermicompost et l'extrait de moringa sur les paramètres de croissance du haricot vert

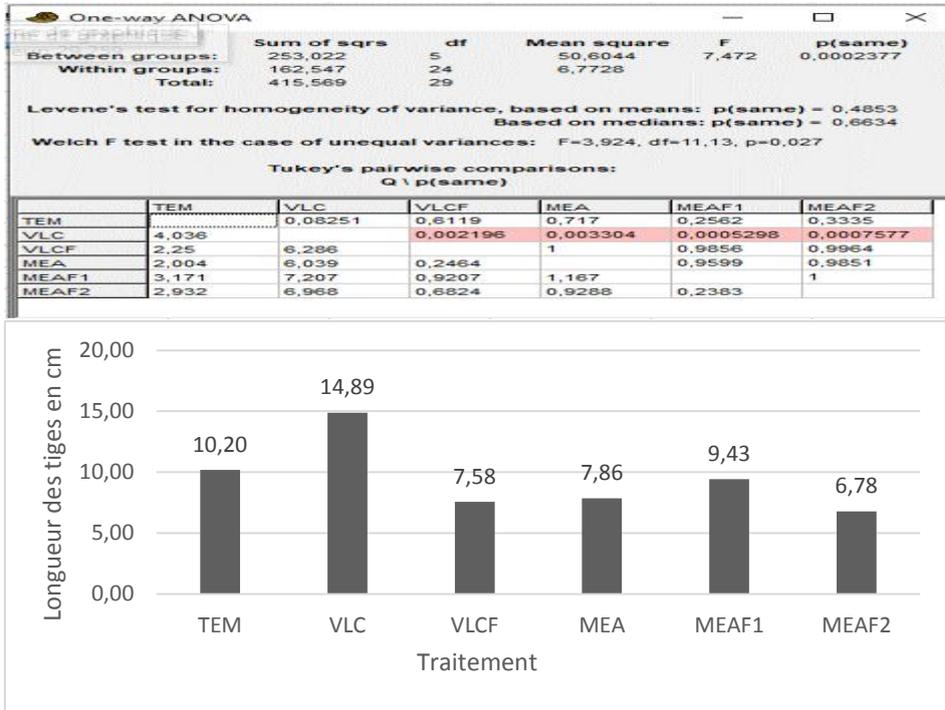
Pour cerner l'aptitude du vermicompost et extrait de feuille de moringa à contourner leurs effets sur le haricot vert on s'est intéressés à mesurer différents paramètres qui concerne la croissance de la longueur des tiges et la biomasse fraîche et sèche des partie aérienne, la surface foliaire occupé et la surface foliaire.

III.1. Effet des différentes réactions sur la longueur de la partie aérienne de la plante avant et après l'application des traitements

Les mesures de la longueur de la partie aérienne des plantes du haricot ont été effectuées dans le but d'évaluer l'effet des différentes régies proposées.

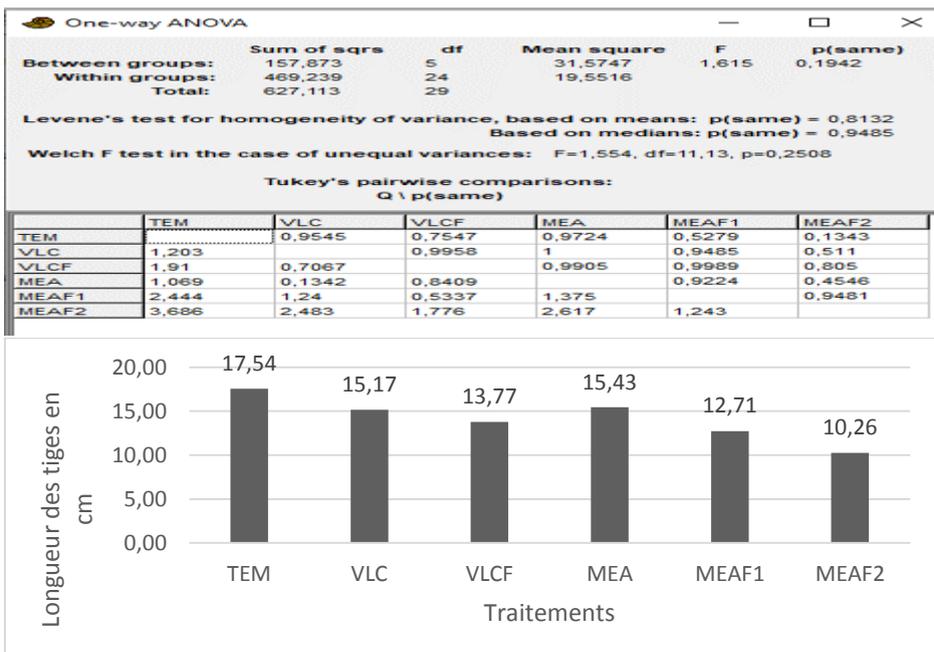
III.1.1. Pour la concentration C1=1ml

Tableau 7 : Analyses de la variance appliquée à la longueur des tiges avant l'application des traitements



Graph 1 : la longueur des tiges avant l'application des traitements.

Tableau 8 : Analyses de la variance appliquée à la longueur des tiges après l'application des traitements



Graph 2 : la longueur des tiges après l'application des traitements

Le graphe 1 présente l'évolution de la croissance de longueur de la partie aérienne des plants d'haricot vert selon le rythme d'application de différents biofertilisants en état brute et formulé avant et après l'application du traitement.

Ces résultats montrent un croisement continue et important de la longueur des tiges avant l'application du traitement au niveau du bloc VLC. Et avec une croissance moins importante chez le bloc TEM et MEAF₁ par contre les valeurs sont différentes le bloc VLCF ; MEA et MEAF₂.

Par contre après l'application du traitement on voit que la longueur est importante chez le bloc TEM par rapport aux blocs de différents traitement qui s'apparaissent semblables.

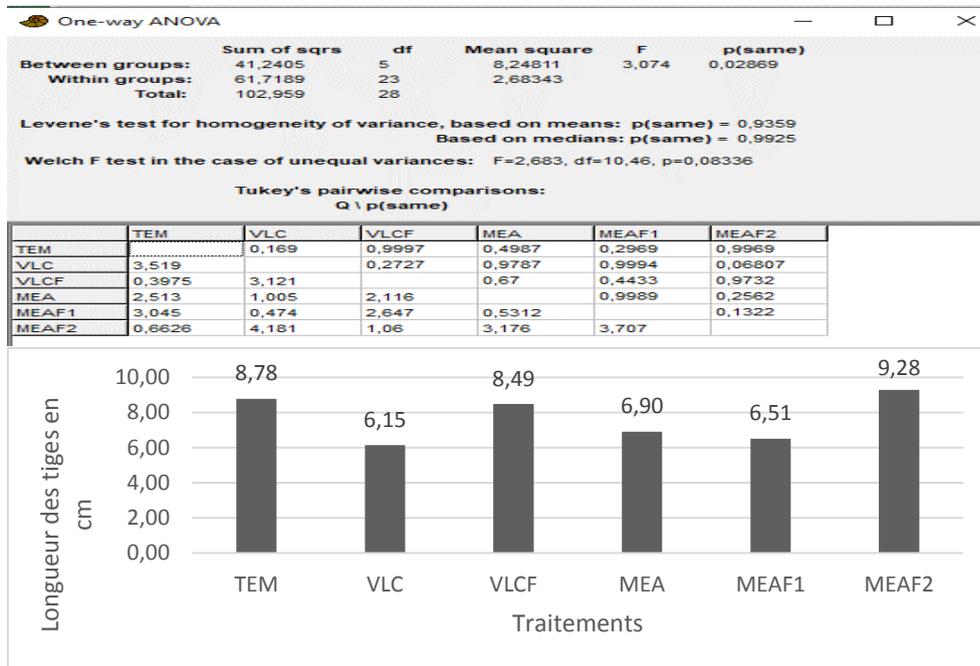
L'étude de l'influence des différents types de traitements sur la croissance de la longueur des tiges de l'haricot vert, et ce par la confrontation des facteurs à partir de tests ANOVA, nous donne des éclaircissements sur les effets principaux.

Les résultats issus des différents tests (ANOVA confirmé par celles de TUKEY) avant l'application des traitements nous ont permis de conclure que ces types de traitements nous donnent une différence hautement significative sur la longueur des tiges.

Par contre les résultats issus des différents tests (ANOVA confirmé par celles de TUKEY) après l'application des traitements nous ont permis de conclure que ces types de traitements ne donnent aucune différence significative sur la longueur des tiges.

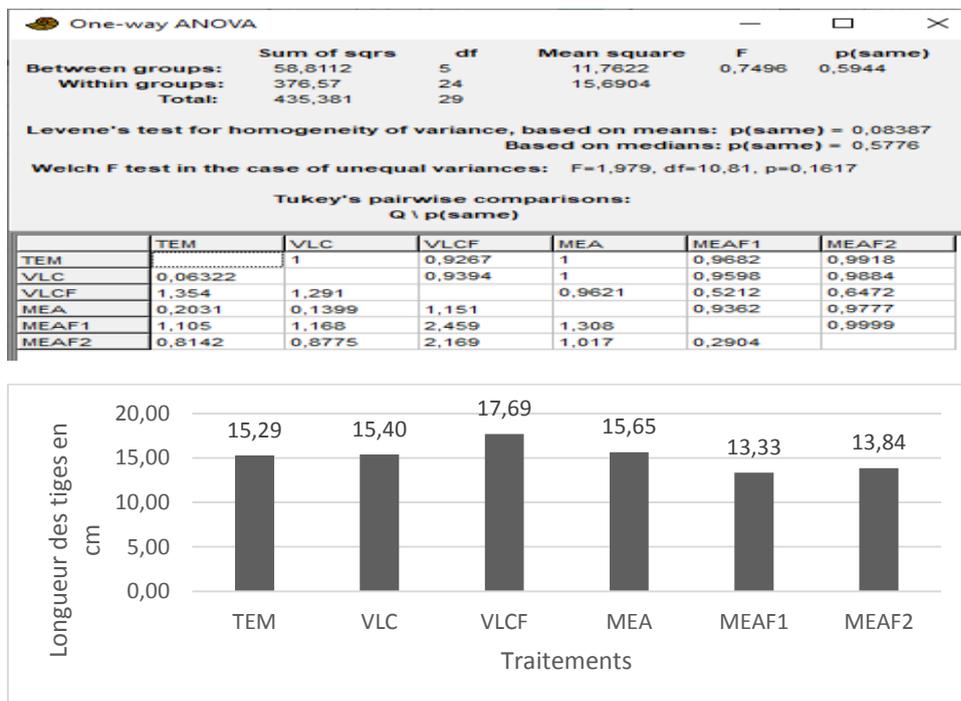
III.1.2. Pour la concentration C2=1,5ml

Tableau 9 : Analyses de la variance appliquée à la longueur des tiges avant l'application des traitements



Grphe 3 : la longueur des tiges avant l'application des traitements.

Tableau 10 : Analyses de la variance appliquée à la longueur des tiges après l'application des traitements



Grphe 4 : la longueur des tiges après l'application des traitements.

La croissance de longueur des tiges des plantes avec une concentration de 1,5 ml nous montre que les blocs TEM ; VLCF et MEAF₂ est très importante comme elle est moins significatif chez les blocs VLC ; MEA ; MEAF₁ avant l'application du traitement.

Mais après le trait on observe que le VLCF a un effet très important sur la croissance de longueur d'haricot vert.

Le VLC ; TEM et MEA permettent une moyenne croissance par contre le MEAF₁ et MEAF₂ qui ont un effet très faible.

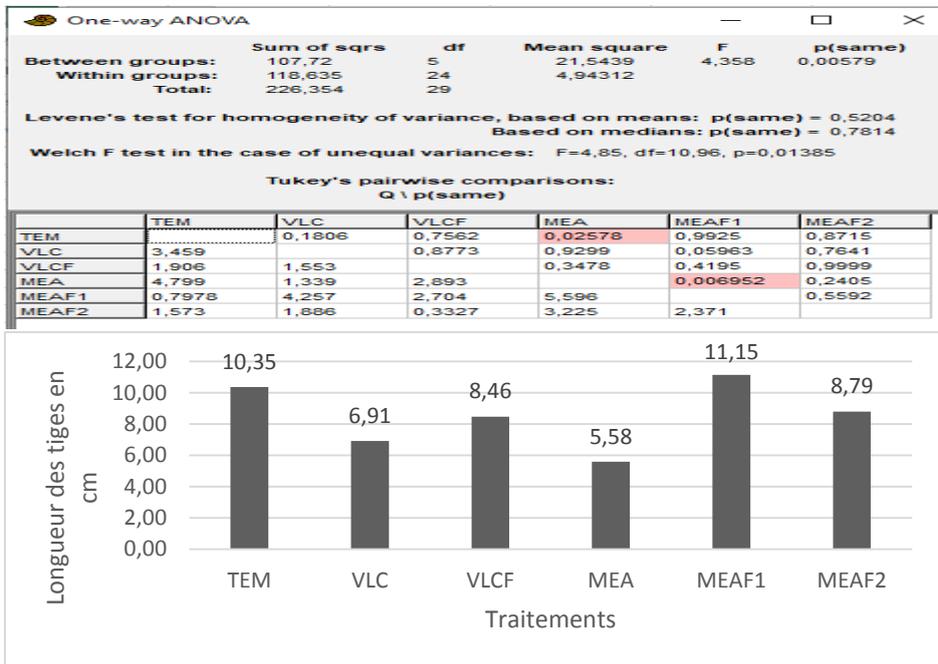
L'étude de l'influence des différents types de traitements sur la croissance de la longueur des tiges de l'haricot vert, et ce par la confrontation des facteurs à partir de tests ANOVA, nous donne des éclaircissements sur les effets principaux.

Les résultats issus des différents tests (ANOVA confirmé par celles de TUKEY) nous ont permis de conclure que ces types de traitements nous donnent une différence significative sur la longueur des tiges avant leur application.

Les résultats issus des différents tests (ANOVA confirmé par celles de TUKEY) nous ont permis de conclure que ces types de traitements ne donnent aucune différence significative sur la longueur des tiges.

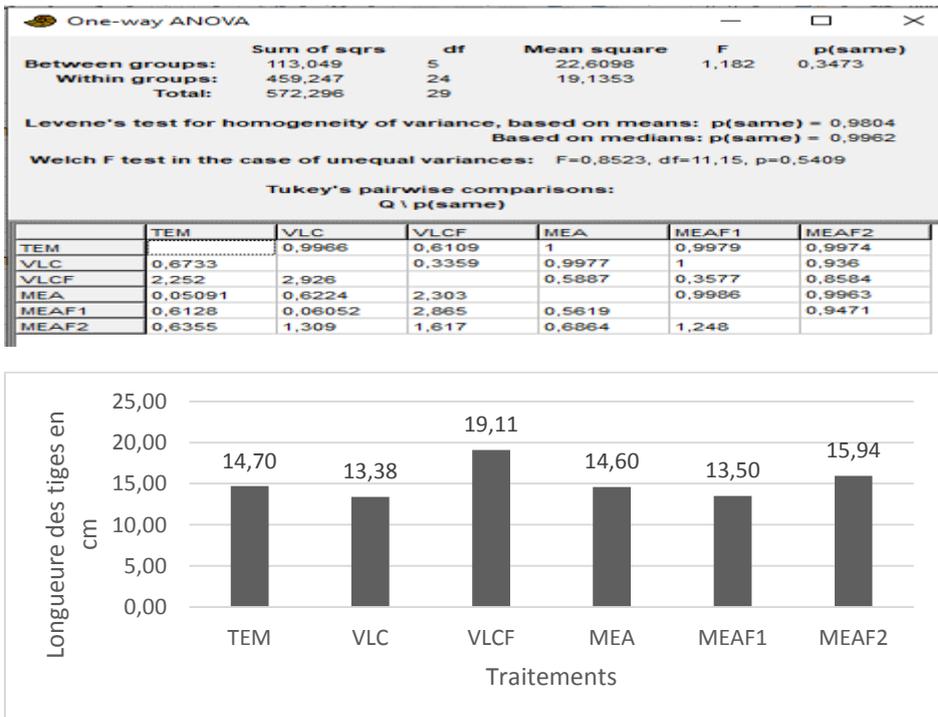
III.1.3. Pour la concentration C3=2ml

Tableau 11 : Analyses de la variance appliquée à la longueur des tiges avant l'application des traitements



Graph 5 : la longueur des tiges avant l'application des traitements.

Tableau 12 : Analyses de la variance appliquée à la longueur des tiges après l'application des traitements



Graph 6 : la longueur des tiges après l'application des traitements.

Avant l'application du traitement on voit que chaque des blocs TEM et MEAF₁ provoque une meilleure croissance de la plante.

Ainsi qu'elle est moyenne chez le VLCF et MEAF₂ par contre elle est moins importante avec le VLC et MEA.

Mais après l'application du traitement l'évolution de la longueur atteint une valeur très important chez le bloc VLCF.

Comme on constate que le rythme de croissance est faible chez VLCF et MEAF₂ et très faible dans le bloc VLC et MEA.

L'étude de l'influence des différents types de traitements sur la croissance de la longueur des tiges de l'haricot vert, et ce par la confrontation des facteurs à partir de tests ANOVA, nous donne des éclaircissements sur les effets principaux.

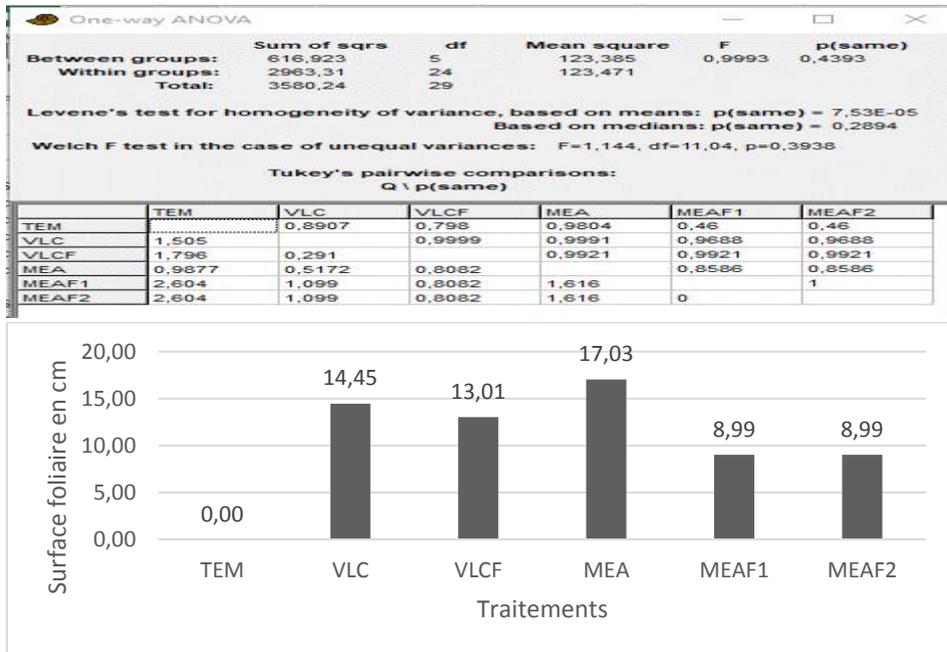
Les résultats issus des différents tests (ANOVA confirmé par celles de TUKEY) nous ont permis de conclure que ces types de traitements nous donnent une différence significative sur la longueur des tiges avant l'application des traitements.

Les résultats issus des différents tests (ANOVA confirmé par celles de TUKEY) nous ont permis de conclure que ces types de traitements ne donnent aucune différence significative sur la longueur des tiges après l'application des traitements.

III.2. Effet des différentes réactions sur Surface occupée avant et après l'application des traitements.

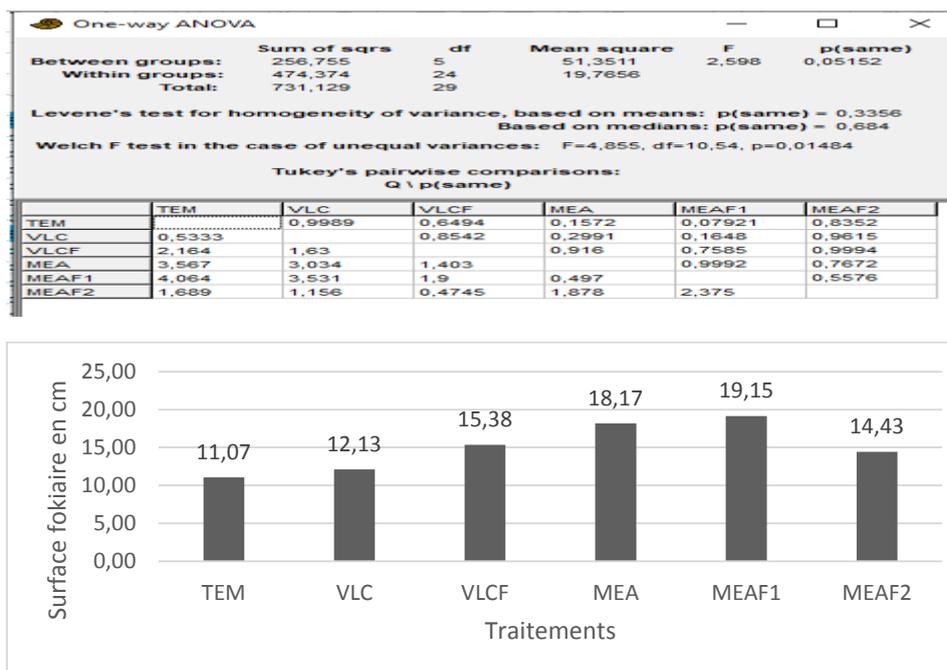
III.2.1. Pour la concentration C1=1ml

Tableau 13 : Analyses de la variance appliquée à la surface occupée avant l'application des traitements



Graph 7 : La Surface occupée avant l'application des traitements.

Tableau 14 : Analyses de la variance appliquée à la Surface occupée après l'application des traitements



Graph 8 : la surface occupée après l'application des traitements.

Ces résultats montrent que la surface occupée avant traitement est :

- importante dans le bloc TEM, MEA, VLC et VLCF alors qu'après l'application des différents traitements on remarque une augmentation importante de la surface foliaire occupée au niveau de la 1^{ère} formulation de l'extrait de moringa.

- une augmentation au niveau MEAF₂ ce qui n'est n'était pas le cas avant traitement.

Au niveau du traitement MEA on remarque une stabilité de la surface foliaire occupée avant et après traitement.

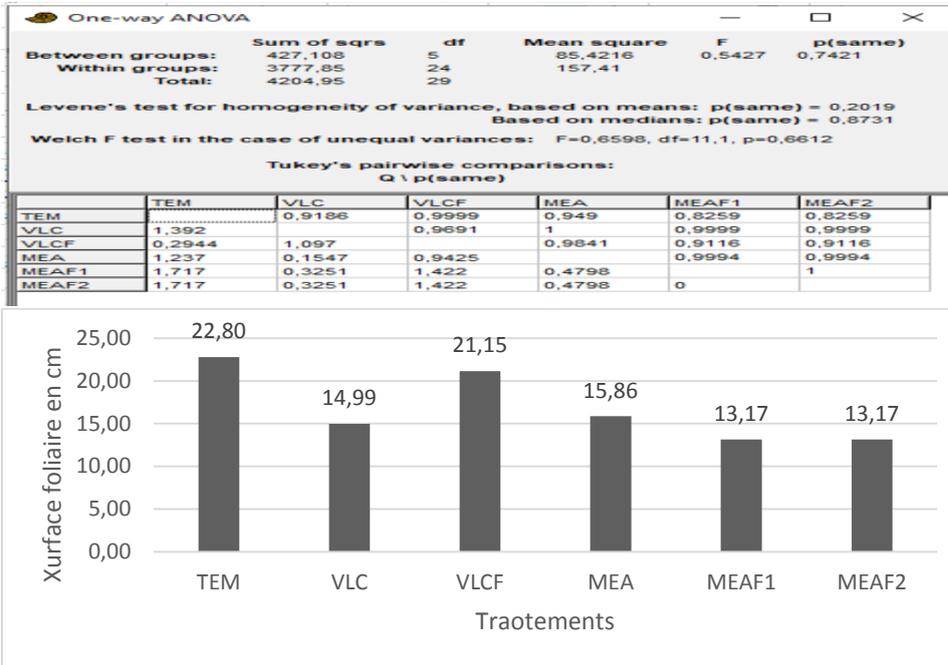
Nous constatons une augmentation légère de cette dernière au niveau de VLC et VLCF. Le bloc TEM, avant traitement, donne une croissance importante, mais après traitement nous avons une réduction de cette dernière.

L'analyse de la variance type ANOVA montre que l'interaction biofertilisants/surface foliaire occupée, recèle une différence non significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de croissance de la plante et la variance

L'analyse de la variance type ANOVA montre que l'interaction biofertilisants/surface foliaire occupée, recèle une différence très hautement significative ($p < 0,05$) entre les moyennes de croissance de la plante et la variance.

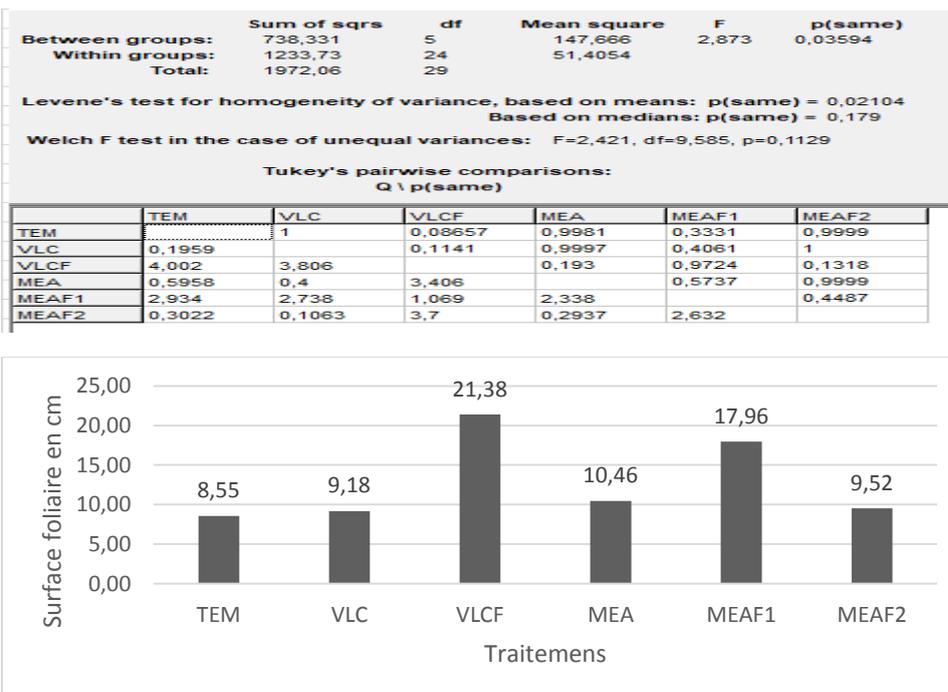
III.2.2. Pour la concentration C2=1,5ml

Tableau 15 : Analyses de la variance appliquée à la surface occupée avant l'application des traitements



Graph 9 : la surface occupée avant l'application des traitements.

Tableau 16 : Analyses de la variance appliquée à surface occupée après l'application des traitements



Graph 10 : la surface occupée après l'application des traitements.

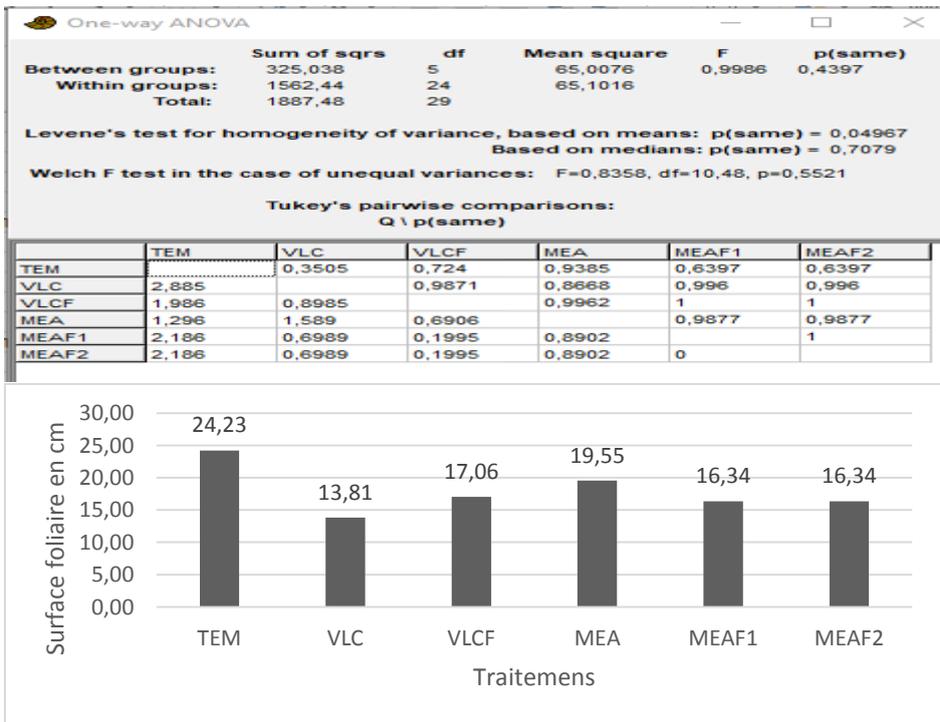
La croissance de la surface foliaire occupé de la concentration 1,5 ml nous montre que l'évolution des blocs TEM ; VLCF, VLC et MEA est très importante, comme elle est moins significative au sein des blocs VLC ; MEA ; MEAF1, MEAF2 avant l'application du traitement.

On déduit une réduction significative au niveau du bloc TEM, VLC, MEA, MEAF2 et au niveau du bloc VLCF et MEAF₂ une augmentation très importante et significative ; et ce après traitement.

L'analyse de la variance type ANOVA montre que l'interaction biofertilisants/surface foliaire occupée, recèle une différence très hautement significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de croissance de la plante et la variance avant et après l'application des traitements.

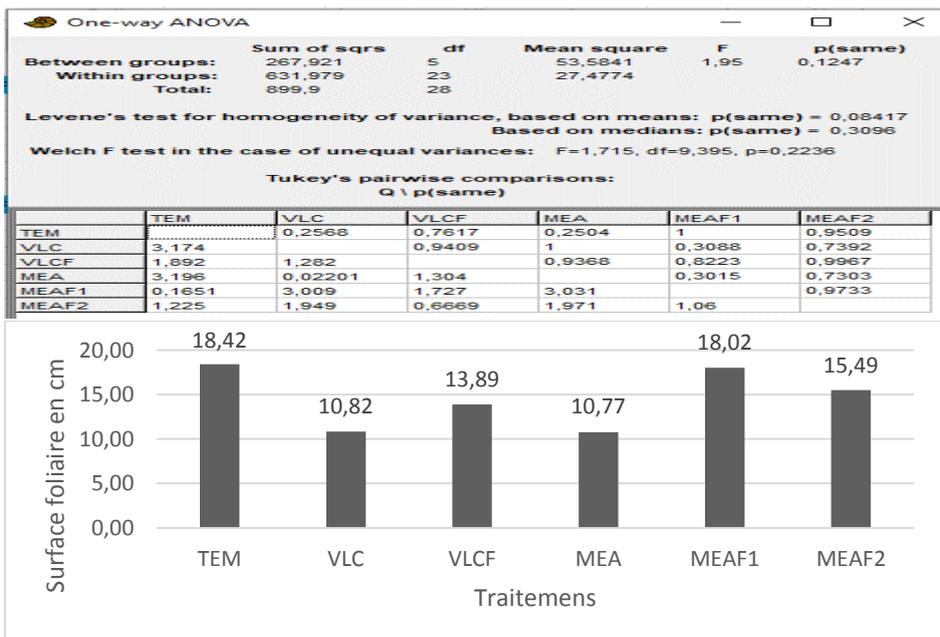
III.3.3. Pour la concentration C3=2ml

Tableau 17 : Analyses de la variance appliquée à la surface occupée avant l'application des traitements



Graphe 11 : la surface occupée avant l'application des traitements

Tableau 18 : Analyses de la variance appliquée à la surface occupée après l'application des traitements



Graphe 12 : la surface occupée après l'application des traitements

Des résultats importants dans le bloc TEM, et MEA alors que dans VLC, VLCF, MEAF1, MEAF2 et on remarque des résultats moins importants, tout cela avant traitement.

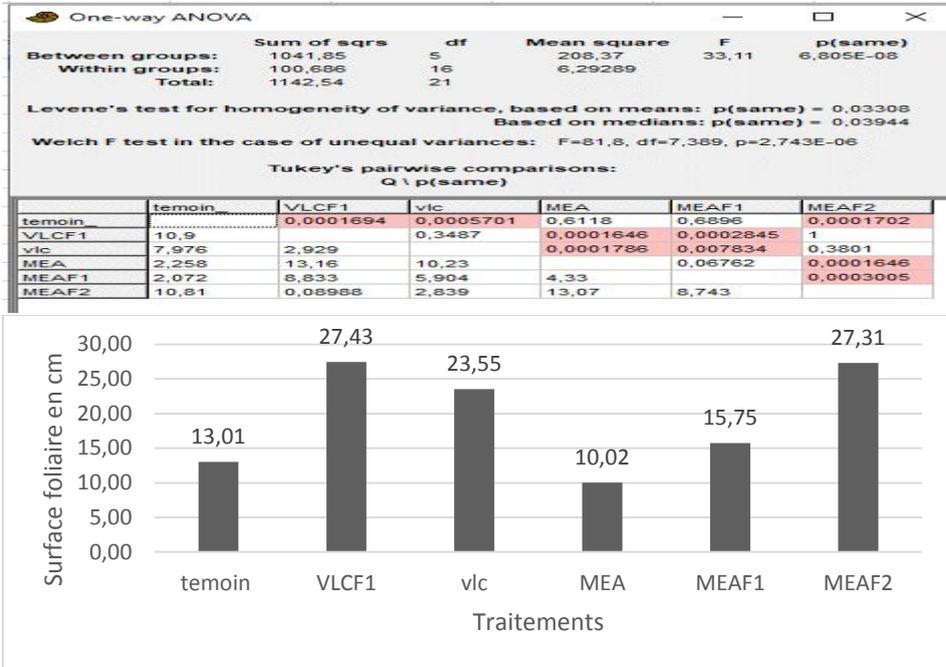
Après traitement nous apprécions une augmentation très importante au niveau du bloc MEAF1 et MEAF2 et TEM.

L'analyse de la variance type ANOVA montre que l'interaction biofertilisants/surface foliaire occupée avant et après l'application des traitements, recèle une différence non significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de croissance de la plante et la variance.

III.3. Effet des différentes réactions sur la Surface foliaire avant et après l'application des traitements

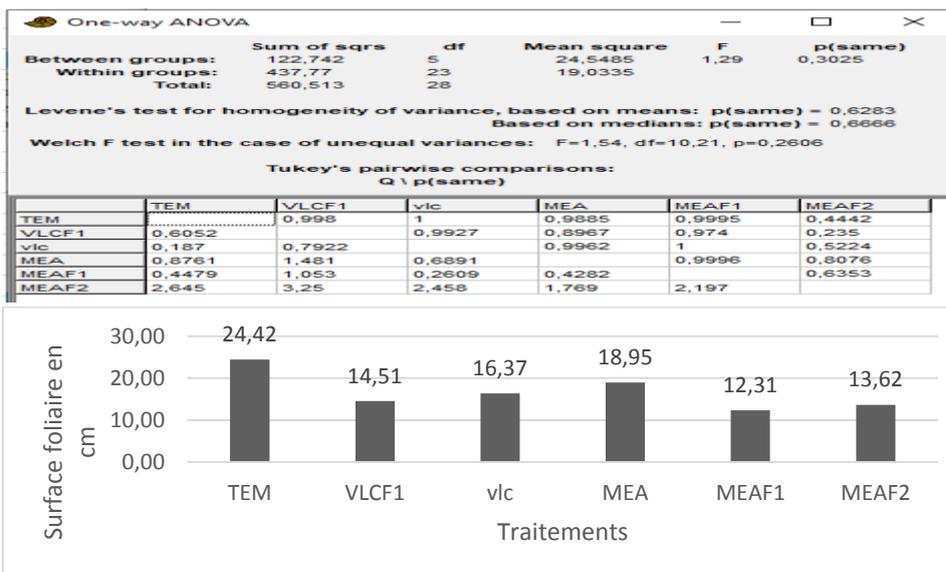
III.3.1. Pour la concentration C1=1ml

Tableau 19 : Analyses de la variance appliquée à la surface foliaire avant l'application des traitements



Graph 13 : la surface foliaire avant l'application des traitements

Tableau 20 : Analyses de la variance appliquée à la surface foliaire après l'application des traitements



Graph 14 : la surface foliaire après l'application des traitements

On constate que le graphe de la surface foliaire, avant l'application des traitements du bloc VLCF et MEAF₂, ont un effet considérable au niveau de la croissance des feuilles d'haricot vert.

Par contre dans les blocs TEM, MEA, MEAF₁ elle est faible et moyenne dans le bloc VLC.

Après l'application du traitement l'évolution de la surface foliaire atteint des valeurs importantes dans les blocs TEM, VLC, VLCF, MEAF₁.

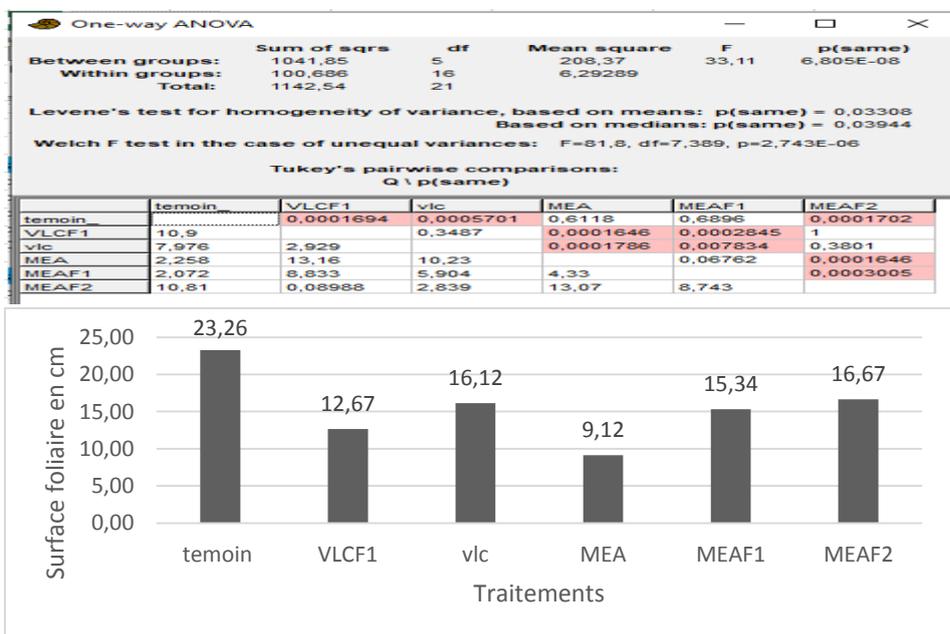
Mais on constate que le bloc MEAF₂ n'a atteint que des surfaces foliaires de valeurs moyennes.

Le recours à l'analyse de la variance type ANOVA nous permet de visualiser l'affinité du vermicompost et MEA avec leur différente formulation ; par référence à la variation de la surface foliaire.

L'analyse montre une différence non significative ($p > 0,05$) par rapport aux moyennes de la surface foliaire de l'haricot vert avant et après l'application des traitements.

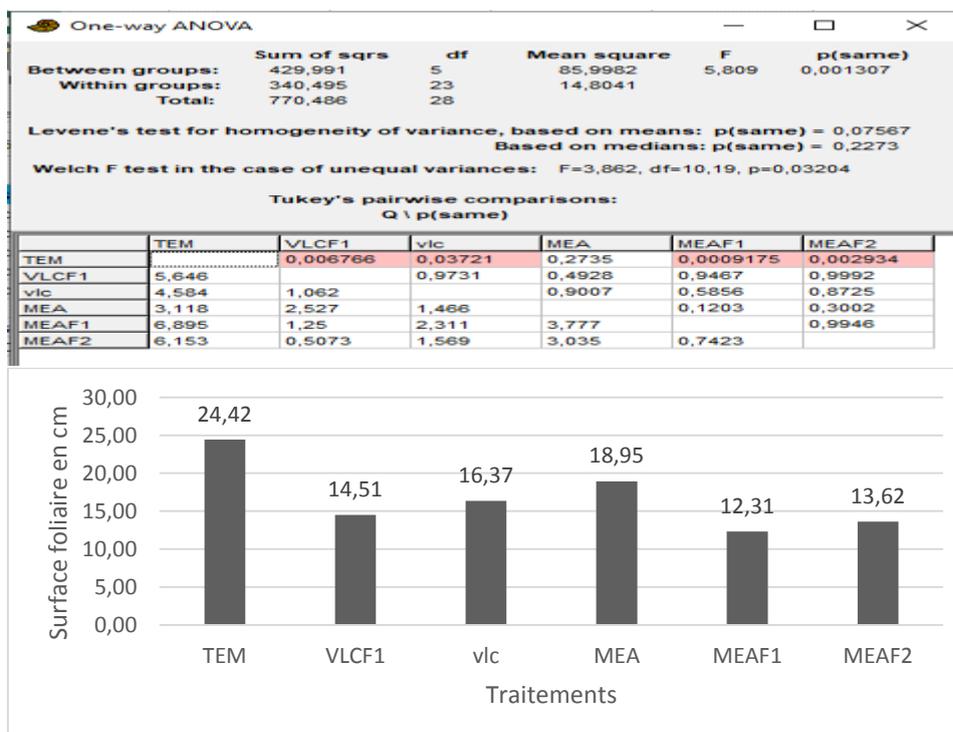
III.3.2. Pour la concentration C2=1,5ml

Tableau 21 : Analyses de la variance appliquée à la surface foliaire avant l'application des traitements



Graphe 15 : la surface foliaire avant l'application des traitements

Tableau 22 : Analyses de la variance appliquée à surface foliaire après l'application des traitements



Graphe 16 : la surface foliaire après l'application des traitements

L'étude du graphe ci-joint, présente la situation suivante, et ce avant l'application du traitement aux blocs :

- TEM offre une bonne croissance par rapport aux blocs VLC, MEAF₁,
- MEAF₂ a un effet moyen.

Il y a lieu de remarquer que VLCF est moins important que ces derniers comme la croissance foliaire est faible dans le bloc MEA.

Après l'application du traitement le graphe nous permet de constater que la croissance est très forte dans le bloc TEM, moyenne dans le bloc MEA, VLC.

Comme elle est faible dans chacun des blocs suivants : VLCF, MEAF₁, MEAF₂.

Le recours à l'analyse de la variance type ANOVA nous permet de visualiser l'affinité du vermicompost et MEA avec leur différente formulation ; par référence à la variation de la surface foliaire.

L'analyse montre une différence non significative ($p > 0,05$) par rapport aux moyennes de la surface foliaire de l'haricot vert.

L'analyse montre une différence très hautement significative ($p < 0,05$) par rapport aux moyennes de la surface foliaire de l'haricot vert.

III.3.3. Pour la concentration C3=2ml

Tableau 23 : Analyses de la variance appliquée à la surface foliaire avant l'application des traitements

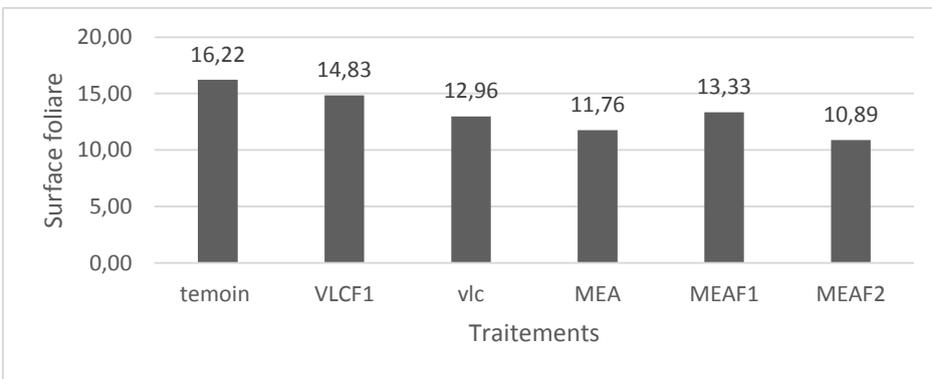
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	80,0087	5	16,0017	2,119	0,1233
Within groups:	105,716	14	7,55118		
Total:	185,725	19			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,953
Based on medians: p(same) = 0,9741

Welch F test in the case of unequal variances: F=1,938, df=6,259, p=0,2174

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	temoin	VLCF1	vlc	MEA	MEAF1	MEAF2
temoin		0,9852	0,6536	0,145	0,7576	0,1944
VLCF1	0,9131		0,9447	0,3795	0,9792	0,4755
vlc	2,161	1,248		0,8581	1	0,9249
MEA	3,769	2,856	1,608		0,7693	1
MEAF1	1,9	0,9868	0,261	1,869		0,8572
MEAF2	3,511	2,598	1,35	0,2581	1,611	



Graphe 17 : la surface foliaire avant l'application des traitements

Tableau 24 : Analyses de la variance appliquée à la surface foliaire après l'application des traitements

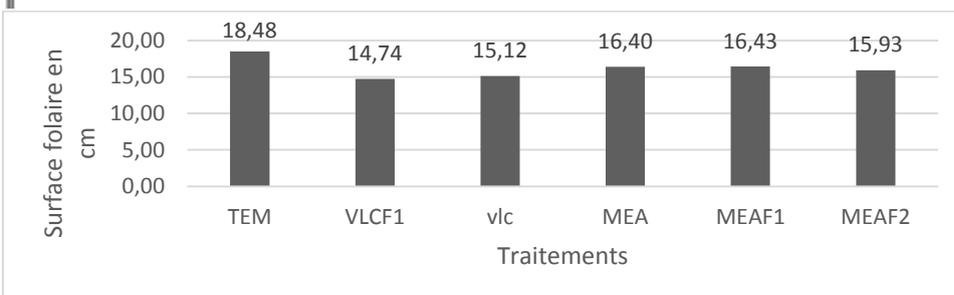
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	36,8203	5	7,36406	0,7362	0,6047
Within groups:	210,066	21	10,0032		
Total:	246,887	26			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,5198
Based on medians: p(same) = 0,8712

Welch F test in the case of unequal variances: F=0,4206, df=9,368, p=0,8238

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	TEM	VLCF1	vlc	MEA	MEAF1	MEAF2
TEM		0,5088	0,6165	0,9194	0,9228	0,8307
VLCF1	2,493		1	0,9674	0,9655	0,9926
vlc	2,242	0,2514		0,9895	0,9886	0,9988
MEA	1,385	1,108	0,8565		1	0,9999
MEAF1	1,37	1,123	0,8715	0,01506		0,9999
MEAF2	1,701	0,7923	0,5409	0,3156	0,3306	



Graphe 18 : la surface foliaire après l'application des traitements

Avant l'application du traitement l'évolution de croissance de la surface foliaire est très importante dans le bloc TEM.

Comme elle est moyenne dans les blocs VLCF, MEAF₁ et faible dans les blocs VLC, MEA, MEAF₂.

Le bloc TEM garde sa capacité de croissance toujours après l'application du traitement.

Mais les blocs VLC, VLCF, MEA, MEAF₁, MEAF₂, se situent à un niveau moyen comme effet sur la croissance foliaire.

Le recours à l'analyse de la variance type ANOVA nous permet de visualiser l'affinité du vermicompost et MEA avec leur différente formulation ; par référence à la variation de la surface foliaire.

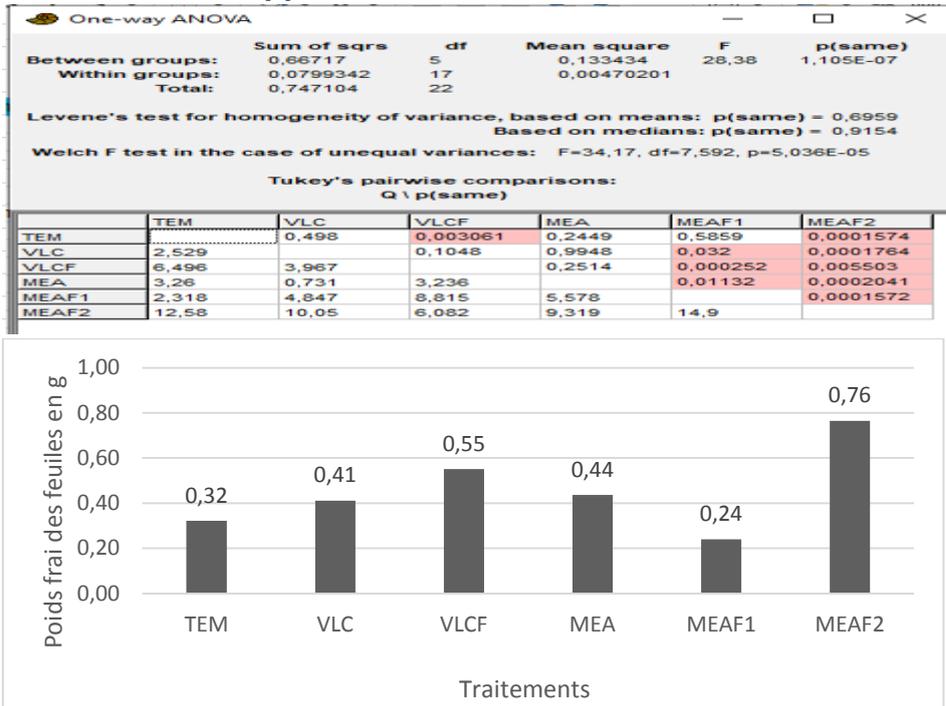
L'analyse montre une différence non significative ($p > 0,05$) par rapport aux moyennes de la surface foliaire de l'haricot vert avant et après l'application des traitements.

III.4. Effet des différentes réactions sur le poids des feuilles fraîches avant et après l'application des traitements

Cette partie d'étude se propose d'évaluer l'effet du vermicompost brut et formulé, et de l'extrait de *Moringa oleifera* brut et formulé 1 et 2, le tout, sur des feuilles fraîches.

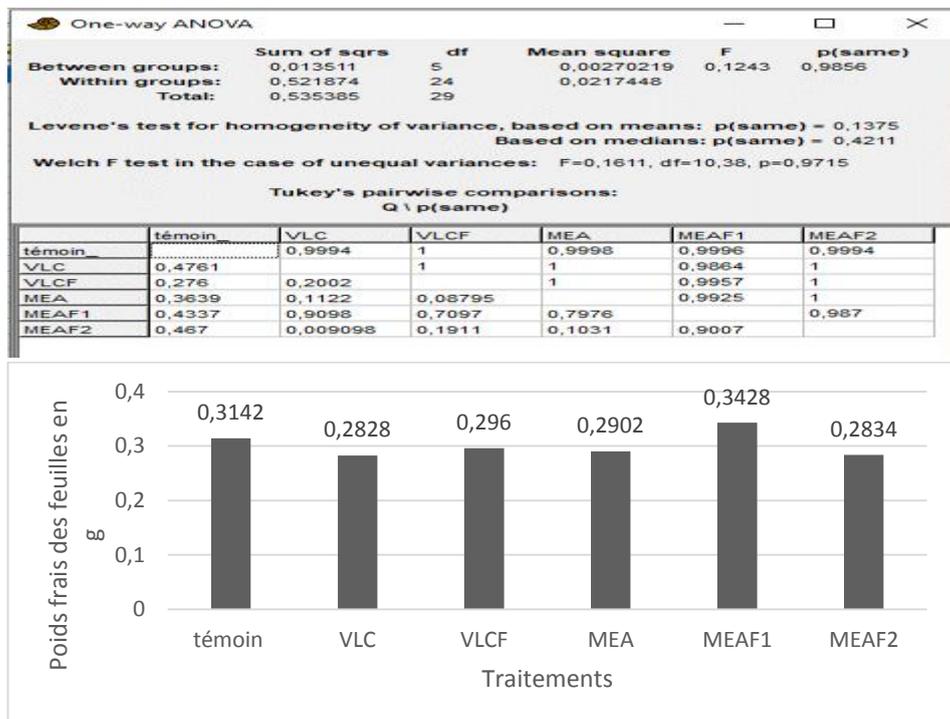
III.4.1. Pour la concentration C1=1ml

Tableau 25 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles fraîches avant l'application des traitements



Graph 19 : le poids des feuilles fraîches avant l'application des traitements

Tableau 26 : Analyses de la variance au poids des feuilles fraîches après l'application des traitements.



Graph 20 : le poids des feuilles fraîches après l'application des traitements

Avant application des traitements les graphes montrent que le poids des feuilles fraîches dans les blocs suivants, TEM, VLC, MEA, MEAF₁ est moins important dans les VLCF et MEAF₂.

On constate une augmentation très importante sur tout le poids des feuilles fraîches traitées dont MEAF₁ représente la valeur la plus élevée.

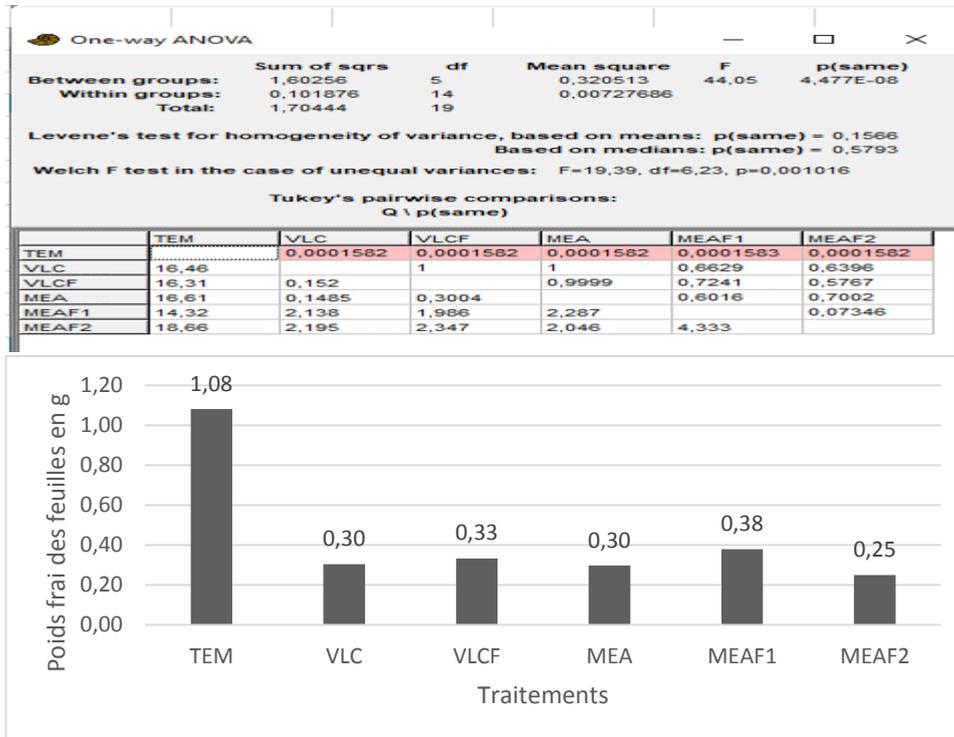
Une augmentation significative du poids frais du TEM est aussi notée.

Une comparaison des facteurs en termes de test ANOVA est avancée dans le but de voir clairement l'effet temporel des traitements sur le poids des feuilles fraîches.

Les résultats des différents tests (ANOVA confirmé par celle de Tukey). Ils montrent que les différents types de traitement n'affichent aucune différence significative sur le poids des feuilles fraîches avant et après l'application des traitements.

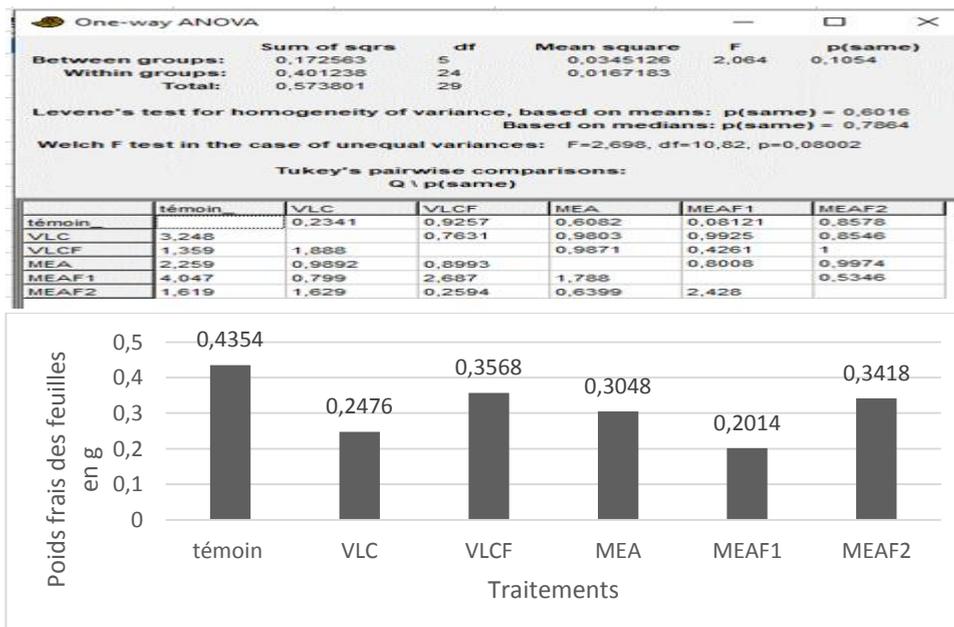
III.4.2. Pour la concentration C2=1,5ml

Tableau 27 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles fraîches avant l'application des traitements



Graph 21 : le poids des feuilles fraîches avant l'application des traitements

Tableau 28 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles fraîches après l'application des traitements



Graph 22 : le poids des feuilles fraîches après l'application des traitements

Les résultats des graphes montrent que le poids frais des feuilles du VLC, VLCF, MEA, MEAF1, MEAF2 est faible par rapport au TEM qui représente la valeur la plus marquante et cela est avant traitement.

On remarque une augmentation du poids des feuilles fraîches dans tous les blocs et selon les différents traitements dont MEAF2 ET VLCF représentent les valeurs les plus significatives.

Une comparaison des facteurs en termes de test ANOVA est avancée dans le but de voir clairement l'effet temporel des traitements sur le poids des feuilles fraîches.

Les résultats des différents tests (ANOVA confirmé par celle de Tukey). Ils montrent que les différents types de traitement n'affichent aucune différence significative sur le poids des feuilles fraîches avant et après leurs applications.

III.4.3. Pour la concentration C3=2ml

Tableau 29 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles fraîches avant l'application des traitements

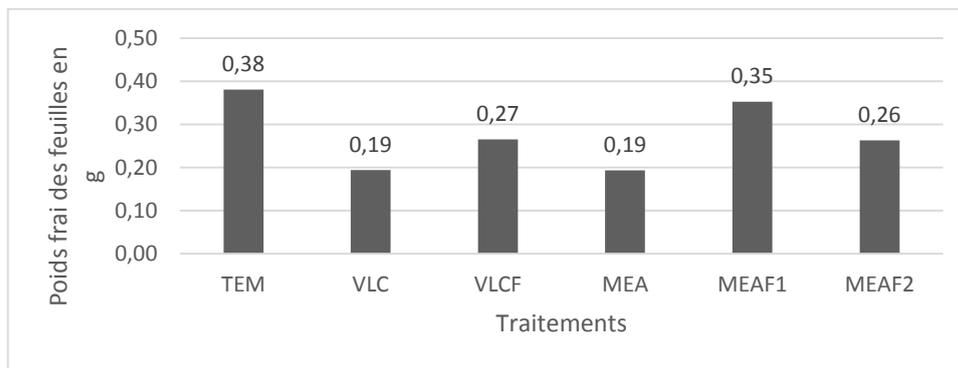
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	0,136453	5	0,0272906	11,43	0,0001531
Within groups:	0,0334238	14	0,00238741		
Total:	0,169877	19			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,7097
Based on medians: p(same) = 0,8544

Welch F test in the case of unequal variances: F=15,96, df=6,033, p=0,002025

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	TEM	VLC	VLCF	MEA	MEAF1	MEAF2
TEM		0,002753	0,2585	0,002603	0,9899	0,1173
VLC	6,905		0,1645	1	0,001035	0,3455
VLCF	3,246	3,659		0,156	0,09962	0,9955
MEA	6,951	0,04628	3,706		0,000985	0,3304
MEAF1	0,8392	7,744	4,085	7,791		0,04139
MEAF2	3,949	2,956	0,7035	3,002	4,789	



Graph 23 : le poids des feuilles fraîches avant l'application des traitements

Tableau 30 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles fraîches après l'application des traitements

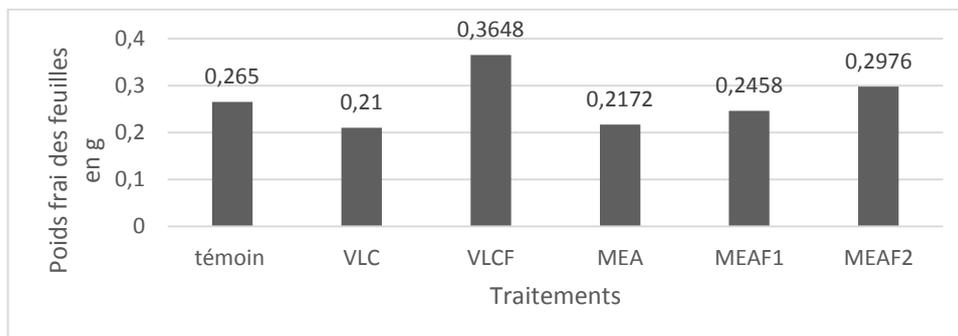
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	0,0800866	5	0,0160173	1,523	0,2218
Within groups:	0,241964	23	0,0105202		
Total:	0,32205	28			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,2784
Based on medians: p(same) = 0,4213

Welch F test in the case of unequal variances: F=1,099, df=10,22, p=0,4174

Tukey's pairwise comparisons:
Q \ p(same)

	témoin	VLC	VLCF	MEA	MEAF1	MEAF2
témoin		0,9586	0,6632	0,9772	0,9997	0,996
VLC	1,175		0,2197	1	0,9938	0,7697
VLCF	2,132	3,307		0,2631	0,4867	0,9082
MEA	1,021	0,1538	3,153		0,9979	0,8255
MEAF1	0,4101	0,7647	2,542	0,6109		0,9676
MEAF2	0,6963	1,871	1,435	1,717	1,106	



Graph 24 : le poids des feuilles fraîches après l'application des traitements

Les résultats des graphes montrent que le poids frais des feuilles du TEM, MEAF₁, VLCF et MEAF₂ est élevé par rapport au MEA et VLC, et ce, avant application des traitements.

Après pulvérisation du traitement on remarque une augmentation très importante dans le bloc VLCF et MEAF₂ ainsi qu'une augmentation légère dans le bloc VLC et MEA et une réduction légère du poids des feuilles fraîches dans le bloc MEAF₁.

Une comparaison des facteurs en termes de test ANOVA est avancée dans le but de voir clairement l'effet temporel des traitements sur le poids des feuilles fraîches.

Les résultats des différents tests (ANOVA confirmé par celle de Tukey). Avant l'application des traitements ; montrent que les différents types de traitement affichent une différence significative sur le poids des feuilles fraîches.

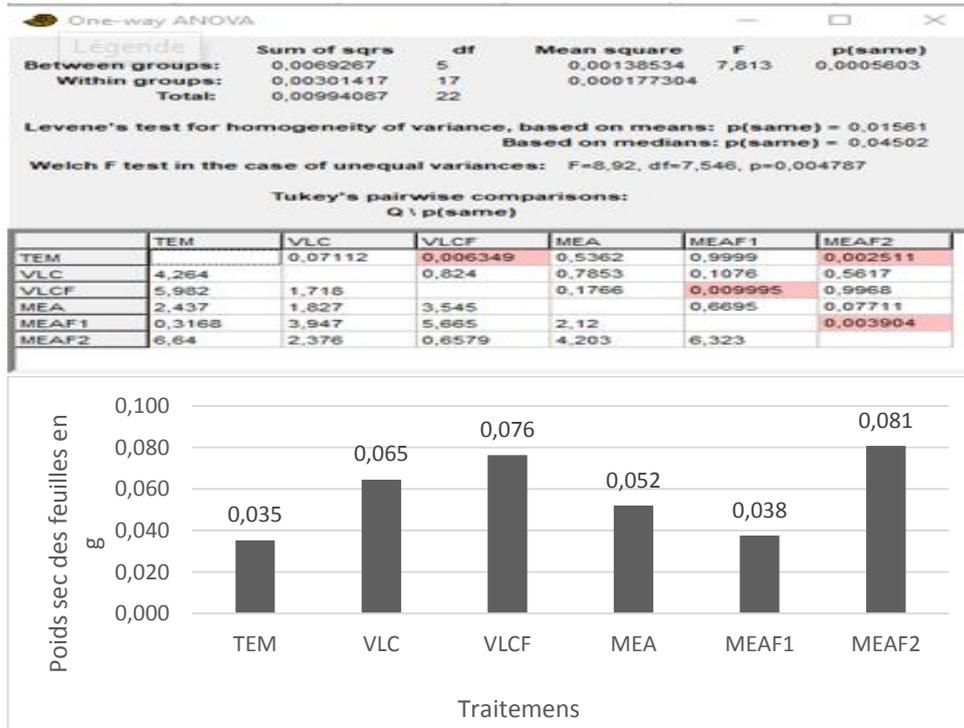
Mais après l'application des traitements ; les résultats des différents tests (ANOVA confirmé par celle de Tukey). Ils montrent que les différents types de traitement n'affichent aucune différence significative sur le poids des feuilles fraîches.

III.5. Effet des différentes réactions sur poids des feuilles sèches avant et après l'application des traitements

Afin de visualiser l'effet du vermicompost et les extraits des feuilles de *Moringa oliefera* sur la vigueur des plants, nous avons étudié la variation avant ou/et après l'application des traitements de la biomasse sèche de la partie aérienne des plants d'haricot vert.

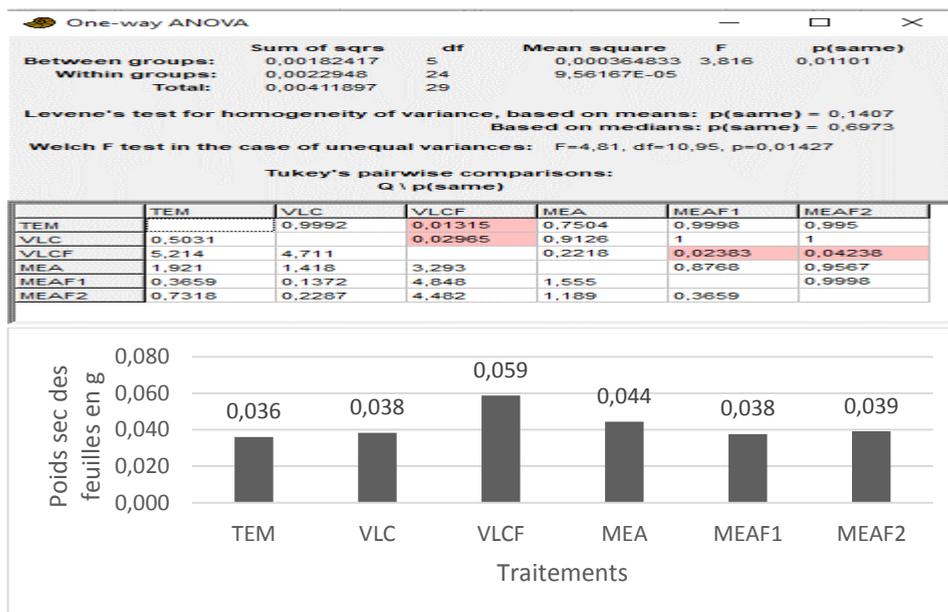
III.5.1. Pour la concentration C1=1ml

Tableau 31 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles sèches avant l'application des traitements



Graph 25 : le poids des feuilles sèches avant l'application des traitements

Tableau 32 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles sèches après l'application des traitements



Graph 26 : le poids des feuilles sèches après l'application des traitements

Le graphe présente les résultats concernant l'évolution du poids de la partie aérienne sèche des plantes du haricot vert sous l'effet de différents traitements.

Les blocs VLCF et MEAF₂ donne une meilleure croissance de poids des feuilles, par rapport au bloc MEA qui montre une moyenne croissance.

Comme elle est faible dans les blocs TEM et MEAF₁ avant l'application des traitements.

Ainsi après l'application du traitement le bloc VLCF attient sa plus forte progression.

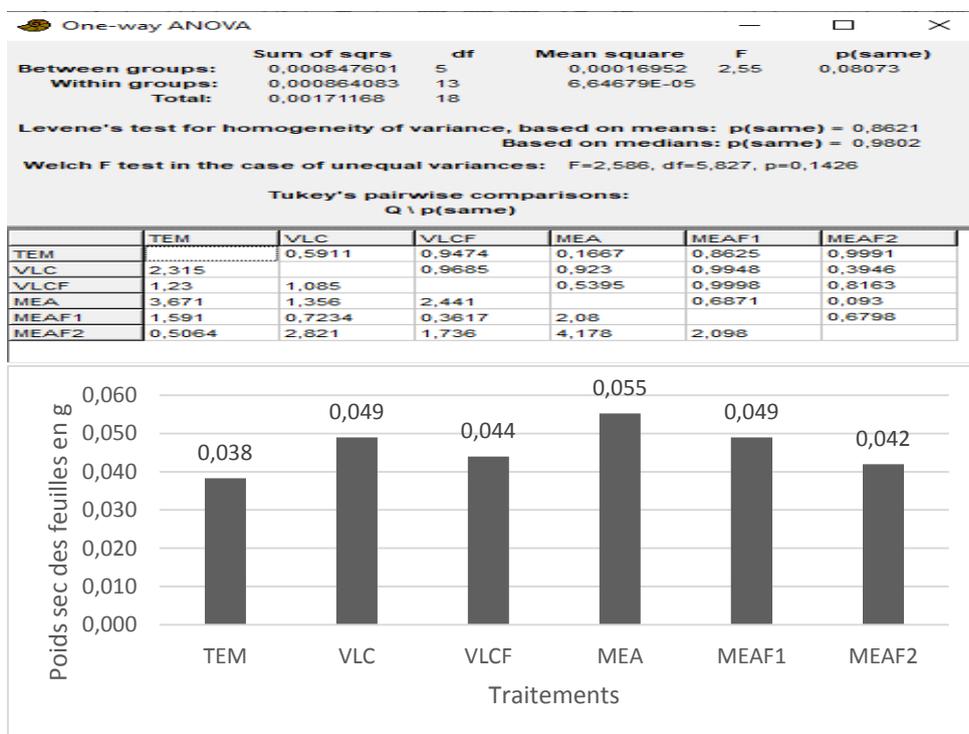
Par contre les blocs TEM, VLC, MEAF₁ et MEAF₂ ont des valeurs différentes.

L'analyse de variance type ANOVA montre clairement la capacité d'atténuation du vermicompost et MEA avec leur différente formulation par référence à la variation de pois des feuilles sèches.

L'analyse montre une différence très hautement significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de poids des feuilles sèches des plantes d'haricot vert avant et après l'application des traitements.

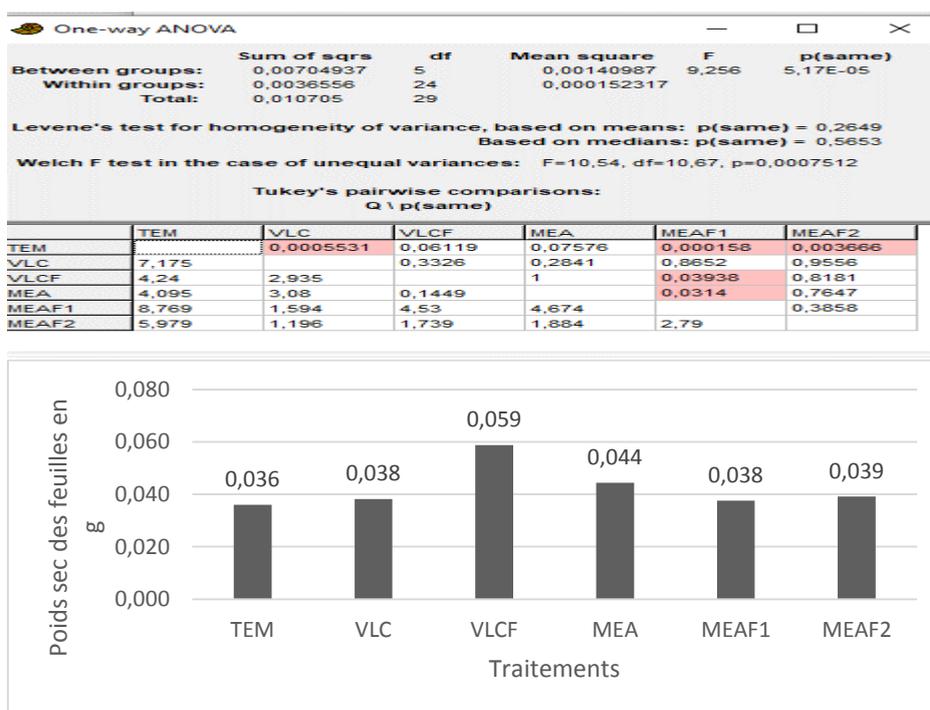
III.5.2. Pour la concentration C2=1,5ml

Tableau 33 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles sèches avant l'application des traitements



Graphe 27 : le poids des feuilles sèches avant l'application des traitements

Tableau 34 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles sèches après l'application des traitements



Graphe 28 : le poids des feuilles sèches après l'application des traitements

- Le bloc MEA a une forte croissance de poids des feuilles sèches,
- Les blocs VLC, VLCF et MEAF₁ ont un effet moyen sur cette dernière
- Même dans les blocs TEM, MEAF₂ font apparaitre un effet moins apparent.

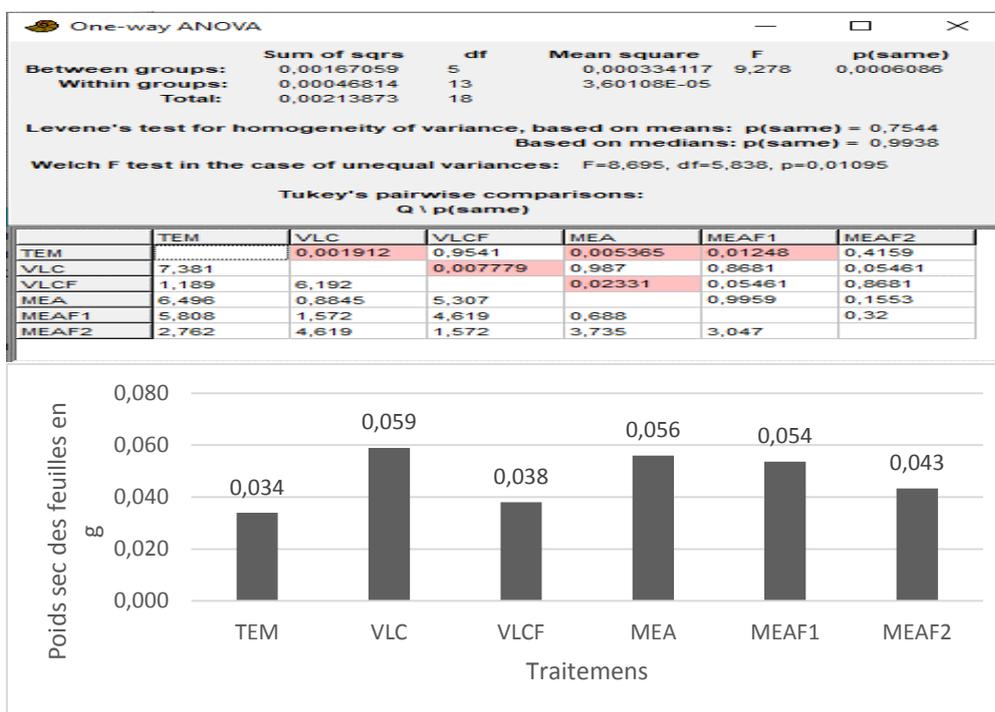
Ainsi après l'application du traitement on constate que le bloc VLCF a une forte augmentation en termes de poids, par rapport aux autres blocs qui donnent des croissances convergentes et faibles.

L'analyse de variance type ANOVA montre clairement la capacité d'atténuation du vermicompost et MEA avec leur différente formulation par référence à la variation de poids des feuilles sèches.

L'analyse montre une différence non significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de poids des feuilles sèches des plantes d'haricot vert.

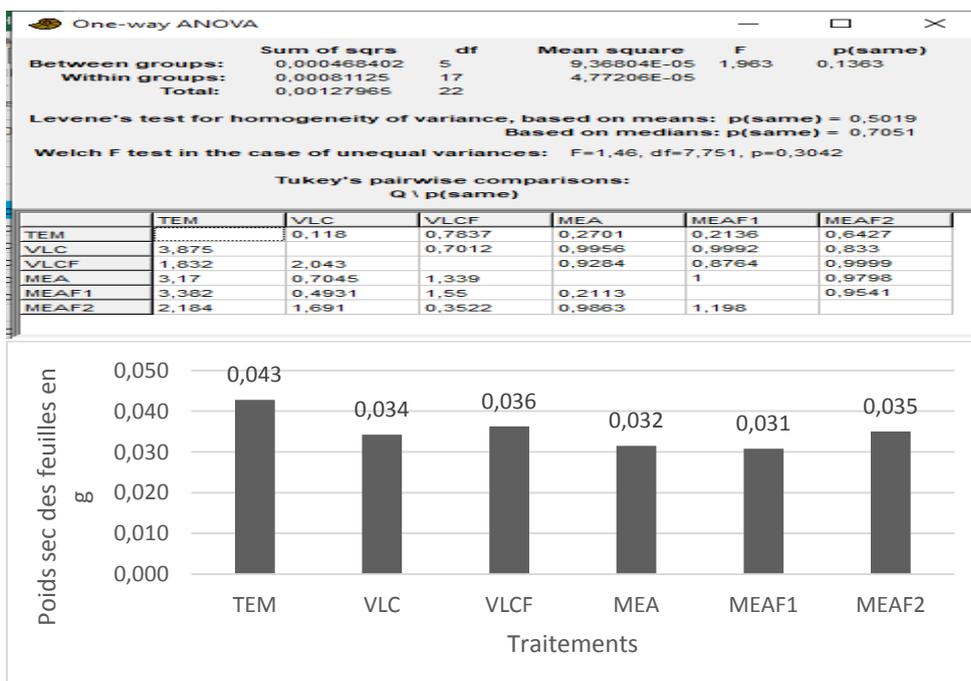
III.5.2. Pour la concentration C3=2ml

Tableau 35 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles sèches avant l'application des traitements



Graphe 29 : le poids des feuilles sèches avant l'application des traitements

Tableau 36 : Analyses de la variance appliquée au poids des feuilles sèches après l'application des traitements



Graphe 30 : le poids des feuilles sèches après l'application des traitements

L'analyse du graphe nous démontre, que les blocs VLC, MEA et MEAF₁, présentent les résultats les plus importants par rapport aux traitements VLCF et MEAF₂ affichent des valeurs moyennes.

Après l'application du traitement on voit que le bloc TEM a une forte évolution, par contre dans les VLCF, MEAF₂, ont un effet moyen.

Ainsi que la faible valeur est perçue dans les blocs VLC, MEA et MEAF₁.

L'analyse de variance type ANOVA montre clairement la capacité d'atténuation du vermicompost et MEA avec leur différente formulation par référence à la variation de poids des feuilles sèches.

L'analyse montre une différence très hautement significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de poids des feuilles sèches des plantes d'haricot vert uniquement pour la concentration C1.

L'analyse montre une différence non significative ($p > 0,05$) entre les moyennes de poids des feuilles sèches des plantes d'haricot vert.

Chapitre IV : Discussion

IV. Effet des biofertilisants bruts et formulé sur les paramètres de croissance de l'haricot vert.

Afin de maintenir les niveaux les plus hauts en rendements notamment dans les cultures stratégiques, le développement de nouvelles molécules actives est primordial dans le domaine agricole et ce dirigé vers Les méthodes de production biologique qui encouragent l'utilisation de matières organiques comme substituts aux engrais chimique est une approche nécessaire a étudiée et à développer.

Pour cela Les résultats auxquels nous avons aboutis en traitant l'effet des biofertilisants à base de vermicompost et d'extraits de feuilles de *Moringa oleifera*. Sur les paramètres de croissances et de développement de l'haricot vert, nous ont permis de faire les constates suivantes :

Le biofertilisant brut à base de jus de vermicompost et dans la concentration faible égale a (C1= 1ml) exprime un effet stimulateur du poids sec des feuilles de l'haricot vert par contre l'extrait de feuilles de moringa brut a concentration faible égale a (C1= 1ml) influe positivement sur la surface foliaire occupée, En revanche, les deux types de biofertilisants aux doses appliquées induisent une réduction du poids des feuilles fraîches de l'haricot vert, les deux types de biofertilisants aux doses appliquées induisent également une augmentation en longueur des tiges de l'haricot vert

Le biofertilisant formulé à base de jus de vermicompost et dans la concentration égale a (C1= 1ml) représente un effet stimulateur du poids sec des feuilles d'haricot et de la surface foliaire de ces dernières par contre l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 1 a concentration égale a (C1=1ml) affichent un développement positif de la surface foliaire et du poids des feuilles fraîches d'haricot. Alors que l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 2 a concentration égale a (C1=1ml) n'affiche aucun effet stimulateur sur les paramètres étudié, le biofertilisant formulé à base de jus de vermicompost et l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 2 aux doses appliquées partagent le même point en commun la réduction en longueur des tiges de l'haricot vert cette réduction est plus accentuées chez l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 2. (Fig.16)

A faible doses relative à C1= 1ml Le biofertilisant VLC brut a un effet plus appréciable que le biofertilisant a base de jus de vermicoposte formulé.

A faible doses relative à C1= 1ml Le biofertilisant MEA brut a un effet plus important que l'extrait de *Moringa* formulé 1 et formulé 2.

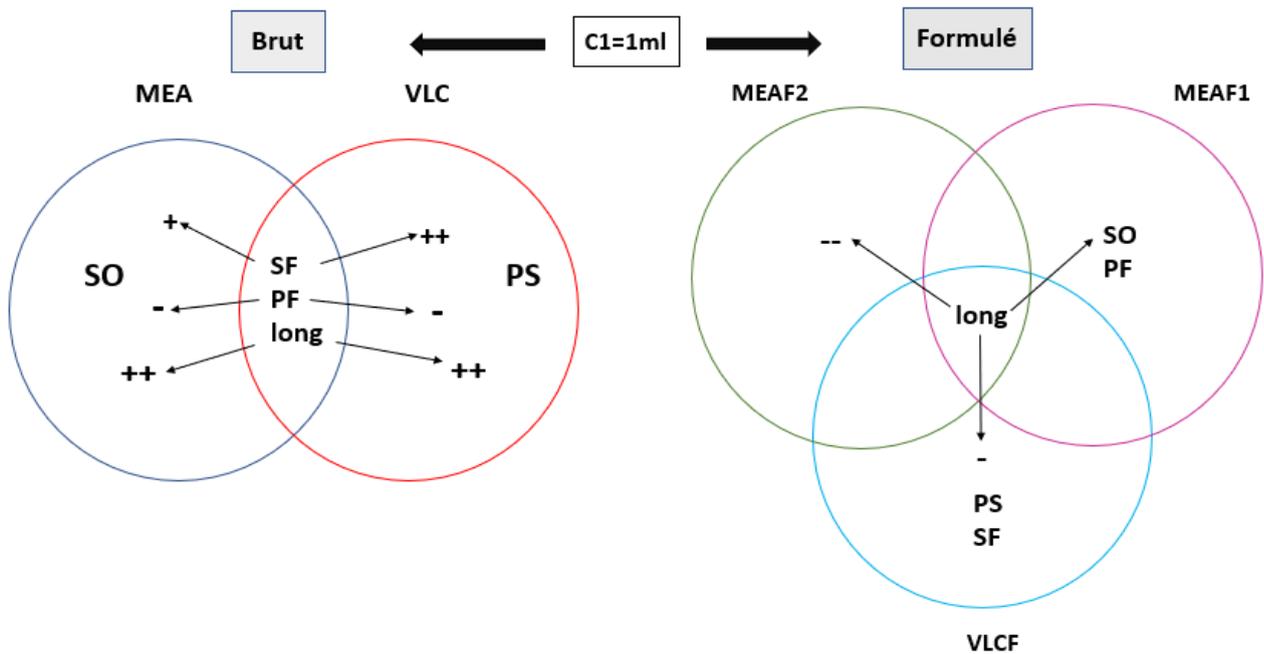


Figure 16 : Schéma synthétique des effets de la faible dose du jus de vermicompost et d'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* brut et formulé sur la promotion de l'haricot vert.

Le biofertilisant brut à base d'extrait de feuilles *Moringa* et dans la concentration moyenne égale a (C2= 1.5ml) exprime un effet stimulateur sur le pois sec des feuilles d'haricot vert alors que le jus de vermicompost ne présentent aucun développement sur ce paramètre, En revanche les deux types de biofertilisants aux dose appliquées induisent une augmentation de la surface foliaire et elle est plus importante dans le MEA brut, une augmentation en longueur des tiges plus accentuez chez VLC brut.

Une augmentation importante et égale pour les deux types de biofertilisants dans le poids des feuilles fraîches d'haricot vert

Les deux traitements influent négativement le développement de la surface foliaire occupée et cela est plus remarqué chez le VLC brut.

Le biofertilisant formulé à base de jus de vermicompost et dans la concentration égale a (C1.5= 1.5ml) représente un effet stimulateur sur la surface foliaire occupée de l'haricot vert et sur la croissance en longueur des tiges, par contre les deux biofertilisants formulé 1 et 2 d'extrait de feuilles de *Moringa* aux doses appliquées ne présentent aucun développement sur ces deux derniers paramètres En revanche les ces deux bioproducts partagent le même point en commun la réduction du poids sec des feuilles d'haricot vert. Et aussi la réduction du développement de la surface foliaire et cela est plus remarquée chez le MEAF2.

Les deux biofertilisants, le formulé 1 d'extrait de feuilles de *Moringa* et le jus de vermicompost formulé aux doses appliquées exprime un effet positif égale en poids des feuilles fraîches d'haricot et un effet négative égale en surface foliaire.

Les deux biofertilisants, le formulé 2 d'extrait de feuilles de *Moringa* et le jus de vermicompost formulé aux doses appliquées exprime un effet négatif sur le développement de la surface foliaire des feuilles d'haricot et cela est plus accentué chez le MEAF2.

A une dose moyenne relative à (C2= 1.5ml) Le biofertilisant VLC brut a un effet plus positif sur la surface foliaire contrairement au VLCF qui présente un effet négatif.

Pour la même dose Le biofertilisant VLCF a un effet négative sur la surface foliaire occupée contrairement au VLC brut qui présente un effet positif.

A une dose moyenne relative à (C2= 1.5ml) Le biofertilisant MEA brut a un effet plus important et plus positif que l'extrait de *Moringa* formulé 1 et formulé 2

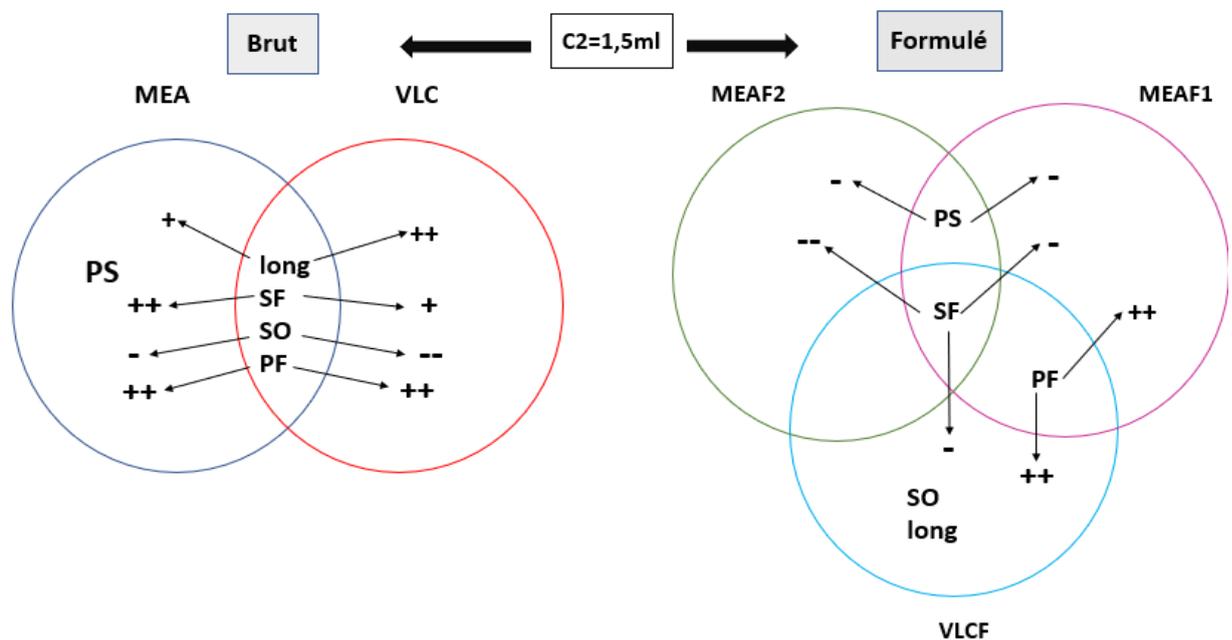


Figure 17 : Schéma synthétique des effets de la dose moyenne du jus de vermicompost et d'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* brut et formulé sur la promotion de l'haricot vert.

Le biofertilisant brut à base de jus de vermicompost et dans la concentration forte égale a (C3= 2ml) exprime un effet stimulateur de la surface foliaire des feuilles de l'haricot vert par contre l'extrait de feuilles de *Moringa* brut a concentration forte égale a (C3= 2ml) représentent un développement positive en longueur des tiges , En revanche, les deux types de biofertilisants aux doses appliquées induisent une réduction du poids des fraiches feuilles de l'haricot vert, de la surface foliaire occupées et du poids sec des feuilles d'haricot et cela est plus remarquable chez le VLC brut.

Le biofertilisant formulé à base de jus de vermicompost et dans la concentration forte égale a (C3= 2ml) représente un effet stimulateur du poids des feuilles fraiches d'haricot et de la longueur de ces dernières par contre l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 1 a concentration égale a (C3=2ml) affichent un développement positif de la surface foliaire occupée tandis que l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 2 a concentration égale a (C3=2ml) n'affiche aucun effet stimulateur sur ces paramètres étudié, le biofertilisant formulé à base de jus de vermicompost et l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 2 aux doses appliquées partagent le même point en commun l'augmentation positif en longueur des tiges de l'haricot vert les deux formulation de l'extrait de feuilles de moringa partagent aussi le même point en commun une augmentation remarquable de la surface foliaire occupées . (Fig.18)

A une dose forte relative à (C3= 2ml) Le biofertilisant VLCF brut a un effet plus positif et important sur l'ensemble des paramètres étudié contrairement au VLC brut qui présente un effet negatif.

A une dose forte relative à (C3= 2ml) l'extrait de *Moringa* formulé 1 et formulé 2 représentent un effet plus agréable et important sur l'ensemble des paramètres étudiés contrairement a l'extrait de feuilles de *Moringa* brut.

La synthèse des effets fait apparaitre un effet plus appréciable de la forte dose par comparaison à la faible dose.

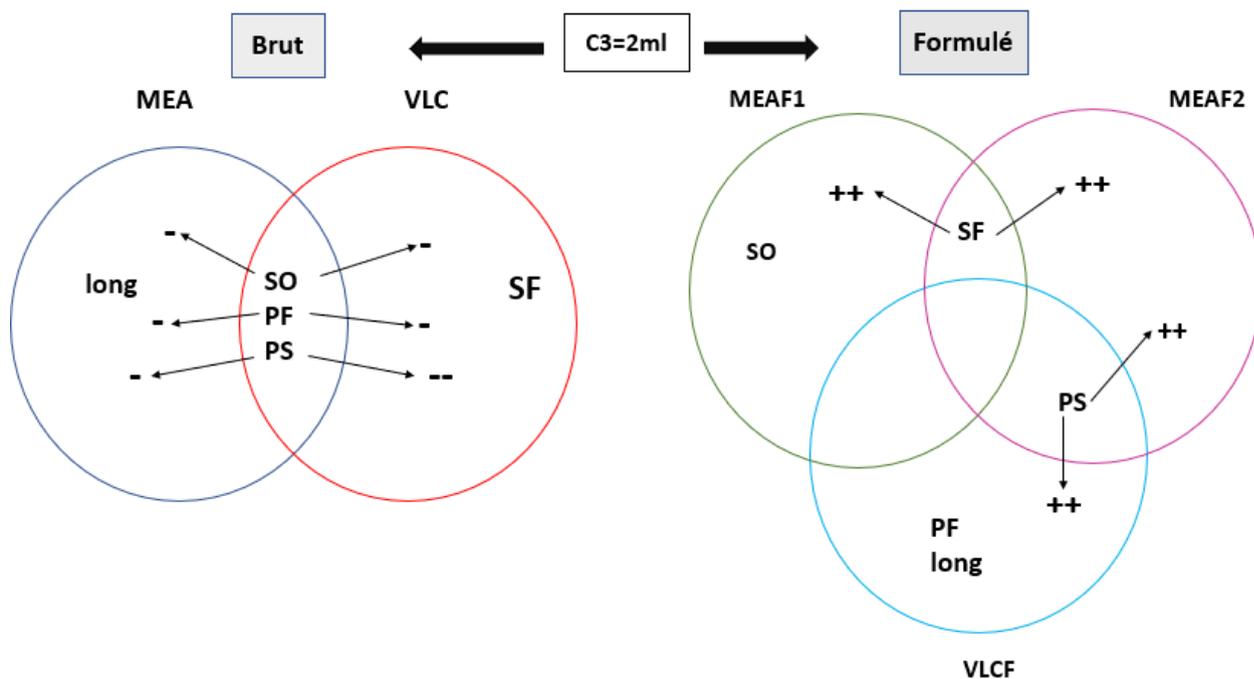


Figure 18 : Schéma synthétique des effets d'une forte dose du jus de vermicompost et d'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* brut et formulé sur la promotion de l'haricot vert.

Les résultats concernant les paramètres de croissance représentent un développement de la phytomasse des plantules qui expose une évolution graduelle et rapide de la croissance en longueur, en surface foliaire et en surface foliaire occupée et en poids sec et fraîches sous l'effet de différentes doses du biofertilisant brut et formulé à base de lombricompost.

Ces résultats sont conformes à ceux de **Bouzidi et Baouni (2016)**, qui confirment que l'utilisation du jus de vermicompost a constamment amélioré la croissance des plantes du haricot.

Beaucoup de travaux et résultats similaires ont été mis à jour par une pléiade d'auteurs lors de leurs conclusions.

La majorité de ces études avaient pour sujet « l'effet du vermicompost sur la croissance des plantes ». Citons entre autres, Huerta **et al., (2013)** sur la culture de pois chiche, et **Arancon et al., (2004)** sur la culture de fraisier. Ils ont conclu que le vermicompost a un potentiel considérable pour améliorer significativement la croissance des plantes.

Ces résultats sont conformes à beaucoup de travaux relatifs à l'effet du vermicompost sur la croissance des plantes.

Tels que les travaux enregistrés chez **Guermache et Djazouli (2021)** qui confirme que La croissance des plantes traitées avec le thé de vermicompost de marc de café, le thé de vermicompost fermenté et le jus de vermicompost de déchets ménagers est plus importante que les plantes contrôles. En effet, le thé de vermicompost fermenté a eu un effet appréciable sur les valeurs de la

longueur de la partie souterraine et a même augmenté le nombre de nodosités au niveau des racines comparativement au témoin.

La capacité du jus de vermicompost de faire développer la longueur en tige de l'haricot vert est confirmée par les études de **Chaichi (2018)**, qui ont révélé que l'effet du thé de vermicompost foliaire augmente les paramètres de croissance ainsi que le développement reproductif. En effet, la hauteur de la plante a augmenté d'un taux de 0,4 cm par jour (sous l'effet du FNF) et de 0,5 cm par jour (sous l'effet du BNF).

Les résultats ont démontré aussi que le jus de vermicompost formulé a des effets plus significatifs et importants que le jus de vermicompost a l'état brut.

L'évolution en longueur des tiges montre une gradation remarquable.

Dans ce cadre, le constat suivant est envisageable : Ce biofertilisant riche en azote et en hormones, stimule la croissance des plantes d'haricot. Cette hypothèse est confirmée par **Bowden et al., (2010)**, qui ont déclaré que l'augmentation de la hauteur de la plante résulte de la stimulation des substances auxiliaires produites lors de la consommation de vermicompost. D'où la présence dans le vermicompost :

- d'acides humiques et foliques et d'autres acides organiques (**Hosseinzadeh et al.,2015**).

- la fréquence des nutriments, en particulier l'azote (**Roy et al., 2010**), qui permettent de stimuler la croissance des plantes.

Les résultats envisagés sur le paramètre de la surface foliaire ont montré que les valeurs les plus fortes sont exprimées sous l'effet du bioproduit à base de jus de vermicompost formulé.

D'après **Amooghaie R. and Golmohammadi S. (2017)**. Les résultats signalent que les plants traités au vermicompost de déchets ménagers et au jus de vermicompost exposent un effet similaire sur la synthèse des sucres totaux et des acides aminés.

Par visualisation des fluctuations des métabolites primaires et secondaires sous l'effet de différents types de vermicompost, nous estimons que la composition des différents types de vermicompost agit sur l'enrichissement du contenu métabolique. On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accorder avec les travaux de plusieurs chercheurs dont ils signalent que l'effet stimulateur du vermicompost sur la production des métabolites secondaires peut être lié à l'amélioration de la nutrition minérale ou l'amélioration de l'activité photosynthétique.

Par apport aux bioproduit formulés Nos résultats ont démontré que le jus de lombricompost formulé et le biofertilisant à base de l'extrait aqueux de *Moringa* formulé1 et de l'extrait de moringa formulé 2 affichent une croissance de surface foliaire importante et cela est précisément estimé dans la concentration forte relative à C3=2ml.

Cela peut être dû à l'assimilation des feuilles de l'haricot au bioproduit formulé à cette dose.

Ces résultats divergents sont dus aux nombreux facteurs déterminant l'efficacité d'un bioproduit formulé ainsi que son utilisation en termes de dosage.

L'évolution la croissance de la surface foliaire occupée sous l'effet des biofertilisants appliqués révèle un développement positif et très important au niveau des plantes traitées par la formulation 1 de l'extrait aqueux de *Moringa oleifera*, et par le jus de vermicompost formulé. Par rapport aux autres types de biofertilisants

Ces résultats sont confirmés par études précédentes faite par **Nikolaus Foidl et certains de ses collègues (2001)**, qui ont été les premiers à démontrer que les feuilles de moringa sont riches en hormones de croissance, antioxydants et minéraux, et qu'un extrait aqueux dilué de feuilles tendres de moringa peut augmenter le rendement de nombreuses cultures jusqu'à 20-35%.

Les résultats obtenus concernant le poids frais des feuilles traitées par les biofertilisants formulés dont l'extrait de *Moringa* formulé 1, et l'extrait de *Moringa* formulé 2 et le jus de vermicompost formulé montrent une augmentation significative positive.

Un résultat positif est attribué aussi au niveau du poids sec des feuilles d'haricot vert chez les plantes traitées par le jus de vermicompost formulé

Ces résultats sont confirmés par le travail de **(Makkar et Becker, 1996)** qui ont trouvé que l'extrait à l'éthanol à 80 % obtenu à partir des feuilles de *Moringa* contient des facteurs de croissance (hormones du type cytokinine). Cet extrait peut être utilisé en aspersion sur les feuilles pour accélérer la croissance des jeunes plants. Ce traitement aux hormones de croissance augmente aussi la robustesse des plants et leur résistance aux maladies.

De plus, les fruits sont plus abondants et plus gros, ce qui augmente le rendement des arbres lors de la récolte. L'extrait s'obtient soit par pressage, soit à l'aide d'un ultra-turrax avec filtration de 20 g de feuilles tendres dans un volume total de 675 ml d'éthanol aq. à 80 %.

Cela confirme la performance positive de la formulation sur le poids des feuilles fraîches du haricot vert pour notre étude.

Conclusion

Conclusion

A travers Les résultats de l'expérimentation on s'est permis d'interpréter les effets du vermicompost « brut/formuler » et l'extrait aqueux des feuilles de *moringa oleifera* « brut/1^{er} formulation/2^{eme} formulation » ont promouvoir les paramètres morphologiques et physiologiques du haricot vert dans des conditions semis contrôlées. Nous avons abouti aux conclusions suivantes.

Par apport aux bioproduit formulés Nos résultats ont démontré que le jus de lombricompost formulé et le biofertilisant à base de l'extrait aqueux de *Moringa* formulé1 et de l'extrait de *moringa* formulé 2 affichent une croissance de la surface foliaire et la surface foliaire occupée et cela est précisément estimé dans la concentration forte relative à C3=2ml.

Cela peut être dû à l'assimilation des feuilles de l'haricot au bioproduit formulé à cette dose.

Le biofertilisant brut à base de jus de vermicompost et dans la concentration faible égale a C1= 1ml exprime un effet stimulateur du poids des feuilles sèches et fraîches de l'haricot vert.

Le biofertilisant formulé à base de jus de vermicompost et l'extrait de feuilles de *Moringa* formulé 2 aux doses appliquées t'égale a C2=1,5ml partagent le même point en commun la réduction en longueur des tiges de l'haricot vert.

Pour la dose C2=1,5ml Le biofertilisant VLCF a un effet negative sur la surface foliaire occupée contrairement au VLC brut qui présente un effet positif.

Ces résultats sont dus aux nombreux facteurs déterminant l'efficacité d'un bioproduit formulé ainsi que son utilisation en termes de dosage.

A partir des conclusions obtenues sur les paramètres de croissance de l'haricot vert, nous remarquons que la formulation faite à base de jus de lombricompost et à base de *Moringa* à un effet stimulant sur la croissance et le développement de l'haricot vert. Les autres biofertilisants n'ont pas un effet stimulateur aussi remarquable.

La concentration représente un facteur déterminant et important qui influence directement sur l'impact de la formulation des différents biofertilisants.

Cette étude vient nous montrer le côté positif d'avoir recourir aux biofertilisants comme succédant d'engrais commerciaux qui ne sont pas aussi intéressants pour nos sols qui se trouvent au stade très avancé ou ultime d'altération.

Les engrais commerciaux ont des conséquences néfastes et dévastatrices sur les sols, sur les nappes phréatiques et les ressources halieutiques et ces dégâts se répercutent sur les consommateurs.

Sur le plan strictement socio-économique, les biofertilisants sont très faciles à réaliser et ne nécessitent que quelques jours. L'équipement exigé et la matière première de jus du vermicompost ou/et l'extrait de feuilles de *Moringa oleifera* ne coûte pas cher, ce qui est à la portée des plus pauvres des opérateurs agricoles.

L'ensemble de ce travail, a conduit à l'obtention de résultats qui nous ont permis de mieux comprendre comment les biofertilisants à différentes bases peuvent agir sur la croissance des plantes. Leur exploitation et leur finalisation devraient nous permettre d'exploiter et de mettre en place une utilisation de bioproduit mieux adaptée.

Liste des références bibliographiques

Référence bibliographique

A :

Aboussouane S.C. et Planchon C., 1985. Réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé à un déficit hydrique foliaire. *Agronomie*, **5** (7), pp639-644.

Acevedo E., 1991. Improvement of winter cereals in Mediterranean environments. Edit. INRA, Paris, les Colloques n°55, pp.211-224.

Adda A., Sahnoune M., Kaid-Harch M. Et Merah O., 2004. Impact of waterdeficit intensity on durum wheat seminal roots. *C. R. Biologies* 328 (2005) 918–927.

Adriano, D.C., 1986. Traces elements in the terrestrial environment, Springer Verlag, New York, 421p.

Agunwamba J.G., Muyibi S.H. et Abdulkarim M.I., 2013. Effect of Extraction Method on the Antimicrobial Activity of Moringa Oleifera Seeds Extract. *Journal of American Science*; 8(9): 450 -457

Alghamdi A.S., 2018. Insecticidal effect of four plant essential oils against two aphid species under laboratory conditions. *Journal of Applied Biology & Biotechnology* Vol. 6(2), 27-30,

Ali Dib T.P. Et Monneveux P., 1992. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. Caractères morphologiques d'enracinement. Edit. *Agronomie*, **12**, pp371-379.

Amooghaie R. and Golmohammadi S. (2017). Effect of vermicompost on growth, essential oil, and health of *Thymus vulgaris*. *Compost Science and Utilization* 25(3):1-12

Anon. (1985). TNA principles of foliar feeding. TransNational Agronomy, Grand Rapids, MI. 2 p

Anonyme 2: <http://www.monografias.com/trabajos88/desarrollo-del-morango/desarrollodelmorango.html>

Anonyme, 2011- REME - Réseau des Entreprises Maghrébine pour

l'Environnement. Gestion de déchets Organiques : Valorisation des Déchets dans le Secteur Agroalimentaire au Maghreb.

Ashfaq, M., Basra S.M. & Ashfaq U. (2011). "Moringa «a miracle plant of agro forestry and southern Punjab, Pakistan. World Environment Day 16th June 2011, 41–50

Atiyeh R.M., Arancon N., Edwards C.A. and Metzger J.D. (2000). Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Biore source Technology*, 75 : 175-180.

Auriau P., 1978. Sélection pour le rendement en fonction du climat sur le blé. *Annales de l'INA*, 8(2). Pp.4-15.

B:

Bachchhav S. M. Jadhav A. S. and Bote N. L. (1993). Effect of irrigation and nitrogen on yield, nitrogen uptake and consumptive use of water by summer greengram (*Phaseolus radiatus*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63, (6), 372-374.

Balesdent J., 1996, Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France, INRA, Paris, pp 245-260.

Barreto M.M., 1983. Etude expérimentale du développement des racines adventives de la tige de *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de D.E.A. Université de Dakar, Sénégal., 67 p.

Bell A., 1994. Plantes à fleurs : la morphologie descriptive et dynamique des plantes à fleurs. Edit. Masson, Paris. 340 P.

Benlaribi M., Monneveux P., Grignac P., 1990- Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé (*triticum durum* Desf.). *Agronomy*, 10, pp.305-322.

Bernard R. 2006. L'eau et la vie. (Éd). *Dauphin*. Paris : 13- 59 p.

Beth D., 2005. Moringa Water Treatment. An ECHO Technical Note. Internet: www.echotech.Org/mambo/images/DocMan/MorWaterTreat.Pdf (consulté le 4 Mars 2018).

Boukandoul, S., Casal, S. & Zaidi. (2019). Moringa oleifera seed oil: Production, uses and health benefits. In: Hong, N.Kh.D. (Ed.), *Seed oil: Production, uses and benefits*. NovaScience Publishers, New York, 2018. 1–27.

Bouwkamp J. C. and Summers W. (1982). Inheritance of resistance to temperature - drought stress in the snap bean. *The Journal of Heredity* 73, 385-386.

Bouzerzour H., Monnoveux P., 1992 – Analyses des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des hauts plateaux algériens. Les colloques 1992 ; **Vol. 64**, pp 205-15.

Boyer J.S. 1982. Plant productivity and environment. *SCI*, New séries. **218** : 443 - 448 p.

Brisson N. Et Delecolle R., 1993. Utilisation des models mécanistes de culture comme outils de Raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. Edit. INRA.Paris, pp.118-125.

Brochet P. Et Gerbier N., 1978. L'évapotranspiration. Aspect agrométéorologique. Evaluation pratique de l'évapotranspiration potentielle. Monographie n°65 de la météorologie nationale. S.M.M. Climatologie. Paris. 95P.

Broetto F, Duarte HM, Lüttge U. 2007. Responses of chlorophyll fluorescence parameters of the facultative halophyte and C3-CAM intermediate species *Mesembryanthemum crystallinum* to salinity and high irradiance stress. *J Plant Physiol.* 164 :904–912.

Broin, M, 2005. Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*. *Moringa news.* <http://www.moringanews.org>.

Brown M., Gregory P.J. Et Wahbi A., 1987. Root characteristics and water use inMediterranean

Brula, P., Naquin, P., Et Perrodin, Y., 1995. Etude bibliographique des rejets des différentes techniques de traitement de résidus urbains. Vol.2. L'incinération et la décharge. Lyon (France) INSA valor. Division Polden, ADEME (Anger), p. 74.

Buch W., 1991- Le ver de terre au jardin. Arts Graphiques Européens. 124 p.

C :

Caramigeas F. (1986). La production et le développement du haricot (*Phaseolus vulgaris*) à Maurice. Institut de recherches de l'Industrie Sucrière de Maurice (MSIRI), 80 p + annexes.

Chacón MI, Pickersgill SB, Debouck DG, (2005). Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. *Theor. Appl. Genet.* 110 :432-444.

Chaichi.w., 2018. Effets des biofertilisants sur la bio-fourniture et la correction des stress. P156-157.

Charfaoui.M.S., 1984. Etude de l'influence d'une contrainte hydrique sur la croissance et la photosynthèse du haricot (*Phaseolus vulgaris* var.Kunjaly).DES Ecophysiologie végétale. Université de

Chennouf S. Et Foughali M., 2009. Contribution à un essai de valorisation, par compostage et lombricompostage, des ordures ménagères générées par une collectivité estudiantine (Restaurant de la résidence universitaire Med Essadik Ben Yahia El khroub). Mémoires d'ingénieur d'état. Univ Mentouri CONSTANTINE.

Cipcre, 1997. Projet pilote de compostage des ordures ménagères dans la ville de Bafoussam : Rapport d'exécution. p 70.

CruziaT P., 1974. Détermination des pertes en eau subies par les différents organes d'une plantesoumise au dessèchement. *Annals of Agronomy*, **25**, pp.539-554.

D :

Dat, 2001, Guide de fertilisation des cultures, Agriculture Pêches et Aquaculture, Canada, 34p.

Diehl R., 1975. Agriculture générale : Technique saisonnière de la production végétale. 2^{ème} édition. pp 275- 286- 290.

Djekoun A. Et Yekhlef N., 1996. Déficit hydrique, effets stomatiques et non stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé tétraploïdes. SEWANA, de blé dur, IAV Hassan II.

Dupont F., Guignard J.L., 1989. Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson. Collection : Abrégés pharma. Paris. 510P.

Dupont F., Guignard J.L., 1989. Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Masson.Collection: Abrégés pharma. Paris. 510P.

E:

Eckhart N.A., 2002- Abscisic acid biosynthesis gene underscores the complexity of sugar, stress, and hormone interaction. *Plant cell*, 14: 2645-2649.

Edit. IAEA, Vienna. pp. 435-445.

El-Jaafri S. Et Paul R., 1993. Accumulation foliaire de proline et résistance à la sécheresse chez le blé (*triticum aestivum L.*). *Physiol. Biochemi. Biophys.* 101- B8.

Environment in drought tolerance in winter cereals. Edit. John Wiley and Sons. New York. Pp. 275-283.

European Biostimulants Industry Council (consulté le 30/04/2016). Promoting the biostimulant industry and the role of plant biostimulants in making agriculture more sustainable. <http://www.biostimulants.eu/>

Eze J.M.O.; Dumbroff E.B. Et Thompson J.E., 1988. Effects of moisture stress and senescence on the synthesis of abscisic acid in the primary leaves of bean (kidney beans, ABA). *Physiologia Plantarum*. 51(4). pp: 418-422.

Ezeaku, P.I., Ndubuaku U.M., Ndubuaku T.C.N., Ike E. and Ikemefuna P. (2015). Effects of *Moringa oleifera* leaf extract on morphological and physiological growth of cassava and its efficacy in controlling *Zonocerus variegatus*. *African Journal of Biotechnology* Vol. 14(32). 2494-2500.

F :

Faessel, L., Tostivint, C., et Schaller, N. 2015. Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes : état des lieux et perspectives. Rapport final d'une étude commanditée par le Centre d'Etude et de Prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. 2015. 8 p.

FAO, 1987. Guide sur les engrais et la nutrition des plantes. Bulletin FAO Engrais et Nutrition Végétale. Rome, 1987.

FAO, 1987. Thematic Evaluation of aquaculture. Joint study by UNDP, Norwegian Ministry of Development Cooperation, Rome, FAO, 85pp + annexes.

Farats M. A. (1989). Suivi hydrique du haricot à l'échelle d'une petite région et ajustement d'un modèle de simulation du bilan hydrique. Mémoire de fin d'études, CNEARC Montpellier, 48 p.

Farquhar G.D. Et Sharkey T.D., 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant physiol.* **33**, pp.317-345.

FAYOLLE L., 1982 - Étude de l'évolution du système déchets-lombriciens-microorganismes : perspectives appliquées. Thèse Doc. ING. Université Claude Bernard, Lyon.130p

Foidl, N., Makkar H.P.S., Becker K., 2001. Potentiel de Moringa oleifera en Agriculture et dans l'Industrie, Potentiel de développement des produits du Moringa 29 octobre- 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzani

Foidl, N., Makkar H.P.S., Becker K., 2001. Potentiel de Moringa oleifera en Agriculture et dans l'Industrie, Potentiel de développement des produits du Moringa 29 octobre- 2 novembre 2001, Dar es Salaam, Tanzani. **Bichi, M.H.**

G:

GARCIA-GOMEZ, A., BERNAL, M.P. AND ROIG, A., 1991. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes, *Bioresour Technol* **83**, pp. 81–87.

Gate P., 1995. Ecophysiology du blé de la plante à la culture. Edit. Tec et Doc. Lavoisier, Paris PP.223-226.

Gepts P et Debouck D ;(1991). Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). p. 7-53. In A. van Schoonhoven and O. Voysest (ed.), Common beans Research for crop improvement. C.A.B. Intl, Wallingford, UK and CIAT, Cali, Colombia.

Gepts P. (1990). Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (Fabaceae) bean. *Economy Botanical*. 44: 28-38.

Gilmour, S.J., D.G. Zarka, E.J. Stockinger, M.P. Salazar, J.M. Houghton, M.F. Thomashow. (1998). Low temperature regulation of the Arabidopsis CBF family of AP2 transcriptional activators as an early step in cold induced COR gene expression. *Plant J.*, 16 : 433-442.

GOUST J. et SEIGNOBOS F., 1998. Le haricot. Edit. Arles : Actes Sud, Paris. 92P.

GOUST J. et SEIGNOBOS F., 1998. Le haricot. Edit. Arles : Actes Sud, Paris. 92P.

GOUST J., (2003). "Le haricot" In "L'encyclopédie du potager". Actes Sud, Arles.

GRAM T., BOYER J.S., (1990). Very high CO₂ partially restores photosynthesis in sunflower at low water potentials. *Planta*. 181: 378-384.

GRANIER A., HUC R. ET COLIN F., 1992. Transpiration and stomatal conductance of two rain forest species growing in plantations (Smarouba amara and Goupia glabra) in French Guyana. Ann. SCI. For.49 ; pp : 17-24.

Granier C., Inzé D. & F. Tardieu. 2000. Spatial distribution cell division rate can be deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting conditions of temperature and water status. *Plant Physiol.* **124**:1393-1402 p.

Guermache L., Djazouli ZD., 2021. Effets de la fertilisation à base de la biomasse vermicompostée sur les performances agronomiques du haricot vert (*Phaseolus vulgaris* L.) en culture irriguée. P2402.

GUYOT G., 1998. Climatologie de l'environnement. Cours et exercices corrigés. E d . DUNOD. Paris. 525P.

Habib, A., Muhammad Q., Hafiz S., Ahmed S., Muhammad A. et Saif-ul Islam, 2015. Synergetic effects of various plant extracts as bio-pesticide against Wheat Aphid (*Diuraphis noxia* L.) (Hemiptera: Aphididae); African Journal of Agricultural Science and Technology (AJAST) Vol. 3, Issue 7. 310-315.

H :

HACALA, S., 1998. Le compostage du fumier en exploitation d'élevage. In Le compostage à la ferme des effluents d'élevage. Faisabilité technique et valorisation. Recueil des interventions du 15 décembre 1998. Paris. ACTA/ADEME/Ministère de l'agriculture et de la pêche, p. 43

Hammadache M, 2000. Les légumineuses alimentaires en Algérie : situation actuelles et perspectives. ITGC Alger. 125p.

Harimalala Andriambelo, N., Rasoarinanahary M., Hiol A., Remize F., Porphyre V., Razanamparany L., 2016. Composition phénolique et activité antioxydant à deux stades de développement des feuilles de *Moringa oleifera* ; Rencontre de l'Agroalimentaire en Océan Indien- 5ème édition. Université de la Réunion, Ecole Supérieur d'Ingénieurs Réunion Océan Indien Université d'Antananarivo.

HAVAUX M., 1993. Rapid photosynthetic adaptation to heat stress triggered in potato leaves by moderately elevated temperatures. *Plant Cell and Environment* 16, 461-467.

HE, T.J., LOGAN AND TRaine, S.J., 1995. Physical and chemical characteristics of selected US municipal solid waste composts, *J. Environ. Qual.* 24, pp. 543–552.

Hêdji, C.C., Diane N.S. Kpoguè G., Marcel R. Houinato et Emile D. Fi., 2014 Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale : synthèse bibliographique. *Journal of Applied Biosciences* 81 : 7277 – 7289.

Hermez F., 1996. Etude du comportement de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et

Hsiao T.C., 1973. Plants responses to water stress. *Annals Rev. Plant Physiol.*, 24, pp.530-540.

Hsissou D. 1994. Sélection *In vitro* et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.

Hubac, 1990. Croissance et développement de végétaux. Impact de la salinité et de l'aridité sur la croissance, le développement et l'amélioration des végétaux. Séminaire Univ. Oran, 28 p.

HUBERT P., (1978). Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA

HUBERT P., 1978- Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo, BDPA.

HUBERT P., 1978. Recueil de fiche technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar, Antananarivo, BDPA.

I :

ITAB, 2001. Guide des matières organiques, tome 2, 91p.

J:

Jan mohammadi, M. (2015). Evaluation of the impact of chemical and biological fertiliser application on agronomical traits of safflower (*carthamus tinctorius* L.) / ĩmiskâ un bioloĩiskâ mçslojuma pielietojuma ietekme uz saflora (*carthamus tinctorius* L.) *Agromiskâm pazĩmçm.* Proceedings of the latvian

academy of sciences. Section b. Natural, exact, and applied sciences. 69(6), 331-335. <https://doi.org/10.1515/prolas-2015-0049>

Jen-Hshuan, C. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. 11.

Jonard P., 1964- Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Annales de l'amélioration des plantes. Volume **14**, n°2, pp.101-130.

K :

KIES N., 1977. La plante et l'eau. Cours polycopiés, INA EL Harrach, 40 p

Kramer P.J., 1980. Drought stress and the origin of adaptation of plants. To water and High temperature stress. Edit. Wiley inter science. New york.PP.7-20.

KUEPPER, G. (2003). Foliar fertilization. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. 10 p. website: atra.ncat.org/attar-pub/PDF/foliar.pdf

Kuruvadi S., 1989- Stomatal frequency in bread wheat under irrigated and rainfed conditions. *Rachis*, **8**, pp.22-28.

L'agriculture canadienne, une revue des moyens, Revu. Sécheresse, 7, pp. 277- 285.

L'orge (Hordum vulgare L.) Vis-à-vis du stress hydrique. INA. EL Harrach (Alger) Pp.5-21.

L :

LABANOWSKI. J., 2004- Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation, THESE de Doctorat en Chimie & Microbiologie de l'eau, Université de LIMOGES, LIMOGES, 209 P.

Laberche J-C. 2004. La nutrition de la plante In *Biologie Végétale. Dunod.* 2^e (éd). Paris : 154 -163 p.

Lamb, C.J., Lawton, M.A., Dron, M., Dixon, R.A. (1989). Signals transduction mechanisms for activation of plant defences against microbial attack. *Cell*, 56: 215–224.

Lauchli L ET Epstein E., 1990. Plant response to saline conditions. In Tanji KK (Ed), *Agricultural Salinity Assessment and Management*, pp.113-137.

Laurent E. (1992). Les haricots ne supportent pas le stress. bulletin FNAMS Semences n° 119, 38-40. Lavoisier, Paris PP.223-226.

Lecompte F. et Goillon C., 2015. Fertilité des sols et fertilisation en cultures maraîchères : enjeux agroécologiques, pratiques et outils. 4èmes rencontres du RED PACA : « Réussir l'agroécologie en région méditerranéenne », éd. INRA, Avignon, France, 15p.

LECOMTE B. (1997). Étude du développement embryonnaire in vivo et in vitro dans le genre *Phaseolus* L. Thèse doct. Sci. Agron. Gembloux, Belgique : Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux, 186 p.

Lee G, Carrow RN, Duncan RR, Eiteman MA, Rieger MW. 2008. Synthesis of organic osmolytes and salt tolerance mechanisms in *Paspalum vaginatum*. *Environ Exper Bot.* 63 :19–27.

LERLERC JEAN-CLAUD., 1999-Ecophysiologie végétale. Publication de l'université de Saint Etienne. 35 rue du 11 novembre, 42 023.277 p.

LESTER, G.E., JIFON, J.L. and STEWART, W.M. (2007). Foliar potassium improves cantaloupe marketable and nutritional quality. *Better Crops*, 91(1), 24-25.

Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Academic Presse, N York

LI S.H., HUGUET J.G, SCHOCH P.G. ET BUSSI.C., 1990A. Réponses de jeunes pêchers cultivés en pots à différents régimes d'alimentation hydrique. I. Conséquence sur la transpiration, la résistance stomatique, le potentiel hydrique foliaire, la photosynthèse et les variations micro-morphométriques des tiges. *Agronomie*.10. pp :263-272.

Louni Sofiane, 2009. Extraction et caractérisation physicochimique de l'huile de graines de *Moringa oleifera*.

LU P., BIRON P., BREDA N. et GARNIER A., 1995. Water relations of adult nouwayspruce (*picea abies* (L) karst) under soil drought in the Vosges montains: water potential, stomatal conductance and transpiration. *Ann. Sci. For.*, 52, pp: 117-129.

M:

Madhava Rao K.V., Raghavendra A. S. ET Janardhan Reddy K. 2006. Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.* Springer: 1-14 p.

Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K. 2006. Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants.* Springer: 1-14 p.

Makkar, H., & Becker, K. (1997). Nutrients and antiquality factors in different morphological parts of the Moringa oleifera tree. The Journal of Agricultural Science, 128(03), 311-322., disponible sur <http://www.moringanews.org>. Consulté le 12/10/2013.

Malo, T.,2014. Effet de la fertilisation sur la croissance et la production de Moringa oleifera local et Moringa oleifera PKM-I dans la Région des Cascades (Burkina Faso). Mémoire de fin de cycle Institut du Développement Rural Université Polytechnique de Bobo –Dioulasso.

Matthews M.A., Ishii R., Anderson M.M. Et O'mahony M., 1984- Dependence of wine sensory attributes on vine water status. J. Sci. Food Agric.51, 321-335.

Mc Gowan M., 1974. Depths of water extraction by roots. Application to soil-waterbalance studies.

MEFTI A. ; ABDELGUERFI A. ; CHEBOUTI A., (2000). Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de Medicago truncatula L., Gaertn.

MERRIEN A., BLANCHET R., GELFI N., (1981). Relationships between water supply, leaf area

Merrien A., Grandin L., (1990). Comportement hydrique du tournesol : Synthèse des essais

MONNET Y., PIGEON M. et THIBAUT J., 1999. Produits phytosanitaires autorisés à la vente : cultures légumières et fraisier. Edit. NRA, Paris, 330 p.

Monneveux P et This D., 1997 - La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficulté. Sècheresse, 8 (1).

MORARD P., 1995. Les cultures hors sol. Publications agricoles. Agen

Morton, J. F. (1991). The horseradish tree, Moringa pterygosperma (Moringaceae) a boon to arid lands? Economic botany, 45(3), 318-333.

Mohammedi S., (2018), biodiversité et aptitude des champignons mycorhiziens arbusculaires isolés des palmeraies de Ouargla à mycorhizer le blé et l'orge, mémoire master, faculté des sciences de la nature et de la vie, université Kasdi Merbah Ouargla, p1.

MOUGHLI L, 2000-TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE, Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations, N° 72, Rabat, 4P

Mouhouche B. & Boulassel A. 1997. Gestion rationnelle des irrigations des compléments des cultures de légumineuses alimentaires et céréales. *Recherche agronomique. INRA.1* :21-31p.

Mouhouche B. (1991 et 1997). Effets du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement de quatre légumineuses alimentaires à grosses graines.

Mujahid, M., Habib A., Abrar M., Intikhab A., Shahzada Hasnain K., Atif I., Muhammad A. 2015. Potential of Moringa (*Moringa oleifera*: Moringaceae) as plant growth regulator and bio-Pesticide against wheat aphids on wheat crop (*Triticum aestivum*; Poaceae); *Journal of Biopesticides* 8(2):120-127

MUSTIN, M., 1987. Le compost, gestion de la matière organique, 954p.

N:

Nagavallema K.P., Wani S.P., Stephane L., Padmaja V.V., Vineela C., Babu R.M. And Sahrawat Kl., 2004 - Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Themeon Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 pp.

NAHAR, M.S., GREWAL, P.S., MILLER, S.A., STINNER, D., STINNER, B.R., KLEINHENZ, M.D., WSZELAKI, A. AND D. DOOHAN, 2006. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties, available in <http://www.aginternetnetwork.net>.p.15-17

Nemmar M., 1983- Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*triticum durum Desf*) et de blé tendre (*triticum durum L.*). Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement. Thèse de doctorat ENSA. Montpellier. 142p.

O :

Odee, D., 1998. « *Moringa oleifera* Lam. » [En ligne], Olson, cité le 15/07/2003 sur www.alliance.org.

OOSTERHUIS, D.M., GOMEZ, S.K. and MEEK, C.R. (2000). Effects of Coronets slow-release foliar nitrogen fertilization on cotton growth and yield. In D.M. Oosterhuis (Ed.), Proc. Of 2000 Cotton Research Meeting (pp. 106-108). Arkansas : Arkansas Agricultural Experiment Station.

Optima, 2000. [En ligne]. Cité le 03/02/2004 sur www.Optimaworld.com

Ouahrani G., 2003 - Les lombrotechniques appliquées aux évaluations et aux solutions environnementales. Thèse de doctorat Etat. Es Sci. Univ Mentouri. Constantine. 221p.Paris .46 p.

P :

PERON J.Y., 2006. Références productions légumières (2° Éd.). Edit. Librairie GERMER BAILLIERE et CIE, Paris, 650p.

PHILLIPS R. ; RIX M. et GOUTIER J., 1994. Légumes. Edit. La Maison Rustique, Paris. 269 p.

PINAMONTE, F., STRINGARI, G., GASPERI, F.AND ZORZI, G., 1997. The use of compost: Its effects on heavy metal levels in soil and plants, Res. Conserv. Rec., 21(2), p.129-143.

PITRAT M. et FOURY F., 2003. Histoires de légumes, des origines au XXIe siècle. Edit.INRA, Paris. Pp22-28.

Plaut Z. Et Federman E., 1991. Acclimation of CO₂ assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. Plant Physiol., **97**, pp.515-522.

POMMEL, B., et JUSTE, C., 1977. La valorisation agricole des déchets ; Le composturbain. Station d'agronomie, INRA, Pont de la Maye. 72 p.

PREVOST P., 1999. Les bases de l'agriculture moderne (2^{ème} Ed.). Edit. TEC ET DOC. Paris. 254 p.

Price, M. L. 2015. The moringa tree. ECHO Technical Note. ECHO, Florida, USA. 2007 ; 22 p. (Consulté le 06/06/2015) <<http://www.moringanews.org/>>.

R

RAGDALE, J. V., STASIS, P., RUDD, M. J. AND BRADSHA, W., 1992. Mulchproduction from yardtrash. Biocycle, p. 34 – 37.

Rakotonirina M. (2010). Contribution à l'analyse des éléments minéraux dans les graines sèches de haricot DRK 64, pois de bambaras menarangotra, niébé 37-58-25 et haricot grain de riz leg 84R. Mémoire de DEA en chimie minérale et chimie appliquée. Université d'Antananarivo, 78p.

Ralezo –Maevalandy, A. Dr, 2006. Moringa oleifera, AntanarioMadagacar. Juillet, 2006.

RameshKumar, A.R., Prabhu, M., Ponnuswami, V., Lakshmanan, V. &Nithyadevi, A. (2014). Scientific seed production techniques in Moringa. AgriculturalReviews, 35 (1), 69–73.

Ravindra, C., Joshi B.; Vasantharaj D., Rashmi K. 2016. A review of the insect and mite pests of Moringa oleifera Lam. Agriculture for Development, 29 (2016).
Regulation.20, pp 135-148.

Rekika D., 1997. Identification des caractères physiologiques liés au rendement en condition de sécheresse chez le blé dur. Thèse de doctorat. ENSA. Montpellier.102 p.

RHODE, G., 1972. Des enrichissements dangereux de métaux lourds dans le sol et les végétaux sont-ils possibles après application prolongée de compost d'ordure et de boues d'épuration ? A. N. S. Mitteilungen, n° 35, p. 295 – 300.

Rhodes D et Orczyk AN. 2001. Stress factors, their influence on plant metabolism and tolerance or resistance to stress. Purdue Univ, West Lafayette, Indiana USA.

S :

Saint-Pierre M.A., Laverdere M.R., Page F. & Cote L., 2010 - Transformation de Fientes de poulets et de résidus de scieries par le lombricompostage. Biocycle.pp: 65-69.

Sapara V.T., Hughes J.L. Et Sharma G.C., 1975. Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. Crops. Sciences, 11, pp.780-783.

Schneider, A., Huyghe, C., 2015. Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables.Quae, 469p.

Serra-Wittling, C., Houot, S., And Alabouvette, C., 1996. Increased soil suppressiveness to Fusarium wilt of flax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biology and Biochemistry*, 28, 1207-1214.

Shah, F.M., Razaq M., Ali A, Han .P, Chen J., 2017. Comparative role of neem seed extract, moringa leaf extract and imidacloprid in the management of wheat aphids in relation to yield losses in Pakistan. *PLOS ONE* 12(9). Ed. Nicolas Desneux, Institut Sophia Agrobiotech, France

Shaharoon B, Arshad M, Khalid A. 2007. Differential response of etiolated pea seedling to one-aminocyclopropane-1- carboxylate and/or l-methionine utilizing rhizobacteria. *Microbiol.* 45 :15–20.

Shamsun Noor L., Robin C., Guckert A., 1990. Effet d'un déficit hydrique sur le trèfle blanc (*Trifolium repens* L.). Importance d'un apport de potassium. In *Agronomie*. 10. pp: 09-14.

Sheehy J., Mitchell P., Beerling D., Tsukaguchi T., Woodward F., 1998. Temperature of the rice spikelets, thermal damage and the concept of a thermal burden. *Agronomie* 18. pp. 449-460.

Soco., 2009, Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols : Processus de dégradation des sols, N° : 3, 4p.

SOLTNER, 2005, Les bases de la production végétale : tome 1 le sol et son amélioration. , SOLTNER ,472 p.

Sultana N, Ikeda T, Kashem MA. 2001. Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater-stressed rice. *Environ Exp Bot.* 46(20) :129–140

T :

Tejada, M., Hernandez, M.T., Garcia, C., 2006. Application of two organic amendments on soil restoration: Effects on the soil biological properties. *J. Environ. Qual.* 35, p. 1010 – 1017

Tirilly Y. - Bourgeois C.M., 1999. Technologie des légumes. Edit. La Maison Rustique, Paris 558p.

Tomlin Ad., 1981- Élevage des vers de terre. Agriculture Canada. Canadex No 489. Four pages.

Turner NC. 1986. Adaptation to water deficit: à changing perspective. Aust J *Plant Physiol* . **13**: 175- 90 p.

V:

Vieira Da Silva J.B., (1976). Water stress, ultrastructure and enzymatic activity, Pp: 207-224. In water and plant life Edit. O.L .Lange, L. Kappen and E-D. Schulze.Edit. Spring Verlag Berlin Heidelberg, New york.

W:

Waas, E., Adjademe, N., Et Bidaux, A., 1996. Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines. Genève- Suisse. Fonds Suisse de la recherche scientifique ; Module 7, Développement et Environnement. CREPA, IAGU et SAN DEC. 50 p.

Wang H. Et Clarke J.M., 1993. Genotypic, interplant and environmental variation in stomatal frequency and size in wheat. Can. J. Plant Science, **73**, pp.671- 678.

Winrock international (2005). Elaboration d'un plan d'action à court et moyen terme pour la promotion de la filière haricot vert en zone Office du Niger. Rapport d'étude, 65p.

Wittwer, S. H., M. J. Bukovac and H. B. Tukey. 1963. Advances in foliar feeding of plant nutrients. In M. H. McVickar, G. L. Bridger and L. B. Nelson (eds.) Fertilizer technology and usage. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin.

Y :

Yamaguchi T, Blumwald E., 2005. Developing salt tolerant crop plants: challenges and opportunities. Trends Plant Sci. 10 : 615–620.