

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention
du diplôme de Master Académique en Sciences de la nature et de la vie
Option: Phytopharmacie appliquée**

**Etude de l'efficacité comparée de deux formulations de jus de
lombricompost sur la disponibilité des pucerons sur différentes
spécifications**

Soutenu le: 25.06.2013

Présenter par: Mlle. HAMDADOU Razika

Devant le jury composé de :

Mr AROUN M E.F.	M.A.A.	U.S.D.B	Président du jury
M. DJAZOULI Z.E.	M.C.A.	U.S.D.B.	Promoteur
Mme. CHAICHI W	M A B.	Khmis meliana	Co-Promotrice
Mr MOUSSAOUI K	doctorant	U.S.D.B.	Examineur

REMERCIEMENTS

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour faire notre travail.

Toute ma gratitude pour mon promoteur le Docteur Djazouli Z. E pour son encadrement ainsi que pour l'encouragement, sa patience, son aide et ses précieux conseils dont j'ai eu la chance d'en profiter, ainsi que pour sa disponibilité tout le long du travail jusqu'à l'élaboration de ce document.

Mes sincères remerciements à ma Co-promotrice Mme Chaichi Wissam pour son soutien précieux qu'elle a apporté et sa disponibilité.

Je remercie très sincèrement Monsieur Aroun M.E.F. d'avoir accepté de présider ce jury et d'autre part à Monsieur Moussaoui K m'avoir fait l'honneur d'examiner le travail.

À tous mes enseignants et mes professeurs qui ont assuré ma formation sans oublier les personnels du département d'agronomie de Blida.

Aux personnels de la bibliothèque et du laboratoire de zoologie pour leur disponibilité et leur compréhension en particulier Mme AMINA

Je remercie également tout le personnel administratif du département d'agronomie pour son service

En fin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents, que dieu les garde pour moi, qui m'ont éclairé le chemin de la vie par leurs grand soutien et leurs encouragements, par leurs dévouements exemplaires et les énormes sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études et qui ont toujours aimé me voire réussir.

A mes chers frères, Rida, Samir, Sofiane et sa femme Amina Abdenour Abderrahmane que je remercie pour leur soutien moral.

A ma soeur sarra que j'aime tant.

A mes oncles, mes tantes et leurs enfants bien aimées, à toute ma famille qu'ils trouvent ici tous mes profonds remerciements.

A mon promoteur Djazouli E. E.

A ma co-promotrice Mme Chaichi Wissam

A tout mes ami(e)s en particulier : Khadidja, Asma Amina, Ghania, Souad Saïda, que j'admire tant.

Razika

Etude de l'efficacité comparée de deux formulations de jus de lombricompost sur la disponibilité des pucerons sur différentes spéculations

Résumé

La sévérité causée par les pucerons (Homoptera: Aphididae), rend surtout nécessaire la mise au point de solutions alternatives s'appuyant sur le rôle des biofertilisants comme éliciteurs naturels dans la stimulation des défenses naturelles des plantes avec l'introduction de nouvelles formulations pour faire face aux bioagresseurs.

L'étude a porté sur la stimulation des défenses naturelles de la fève *Vicia fabae* L par l'utilisation des différents biofertilisants (jus de lombricompost (brut et formulé)), jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) et l'extrais des algues marines. L'effet des différents biofertilisants a été évalué sur l'abondance et la densité des populations de puceron noir *Aphis fabae*.

Les résultats de cette étude ont montré que tous les biofertilisants expérimentés ont eu un effet contrasté sur l'abondance et la densité d'*Aphis fabae* Une meilleure efficacité est signalée pour le jus de lombricompost (brut et formulé) et le jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) suivi de l'algue marine. Sur le plan effet jumelé, le jus de lombricompost formulé affiche un meilleur effet en développant un effet SDN.

Mots clés

Abondance Algue marine, *Aphis fabae*, densité, biofertilisants, jus de lombricompost, jus de lombricompost fermenté. *vicia fabae*

Study of efficiency compared of two formulation of vermicompost juice on availability of aphids on different speculations

ABSTRACT

Severity caused by aphids (Homoptera: Aphididae), makes especially necessary to develop alternatives based on the role of biofertilizers as natural elicitors in stimulating the natural defenses of plants with the introduction of new formulations to deal with pests.

The study focused on stimulating the natural defenses of the bean *Vicia fabae* L by the use of different biofertilizers (juice vermicompost (gross and made)), juice fermented vermicompost (gross and made) and seaweed extract it marines. The effect of different biofertilizers was evaluated on the abundance and population density of black aphid *Aphis fabae*.

The results of this study showed that all experienced biofertilizers had a mixed effect on the abundance and density of *Aphis fabae* Greater efficiency is reported for juice vermicompost (gross and made) and the fermented juice of vermicompost (gross and made) followed by seaweed. Effect on the combined plan juice made vermicompost shows better effect in developing SDN effect.

Keywords

Abundance Seaweed, *Aphis fabae*, density, biofertilizers, vermicompost juice, fermented juice vermicompost.*viciafabae*

دراسة مقارنة لتأثير صيغتين من عصير الديدان على وفرة حشرات المن

ملخص

إن الأضرار الناجمة عن حشرات المن (Homoptera: Aphididae) تجعل من الضروري تطوير بدائل تستند على دور الأسمدة الطبيعية في تحفيز الدفاعات الطبيعية للنباتات مع إدماج صيغة حديثة لمواجهة الآفات . تمحورت دراستنا حول تحفيز الدفاعات الطبيعية للفاول لـ *Vicia fabae* L باستخدام عدة أسمدة حيوية (عصير الديدان(الخام و المركب)، عصير الديدان المخمر و مستخلص الطحالب البحرية). وتقييم فعالية مختلف الأسمدة الحيوية على وفرة و كثافة عشائر حشرات المن السوداء *Aphis fabae*.

أثبتت نتائج هاته الدراسة إن كل الأسمدة المختبرة لها تأثير مختلف على وفرة و كثافة عشائر حشرات المن، فعالية معتبرة سجلت بالنسبة لعصير الديدان(الخام و المركب) و عصير الديدان المخمر متبوعة بمستخلص الطحالب البحرية.

إن عصير الديدان المركب كانت له فعالية ملحوظة بتطوير تأثير SDN (محفزات الدفاع الطبيعي للنباتات).

كلمات المفتاح

أسمدة حيوية، طحالب بحرية، عصير الديدان، عصير الديدان المخمر، كثافة، وفرة، *Aphis fabae*، *vicia fabae*

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

DÉDICACES

RÉSUMÉ

ABSTRACT

ملخص

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION GÉNÉRALE. 01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. La nutrition minérale des plantes 03
2. Effets de la nutrition de la plante sur la santé végétale..... 08
3. Les engrais 09
4. Lombricompost..... 13
5. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN)..... 22

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Conditions expérimentales..... 26
2. Etude in vivo du pouvoir insecticide des biofertilisants..... 29
3. Analyses statistiques..... 32

Chapitre III : Résultats

1.	Evaluation de l'efficacité des différents biofertilisants sur la disponibilité et sur la densité des populations du puceron noir de la fève <i>Aphis fabae</i>	34
2.	Evaluation de l'efficacité des différents biofertilisants sur les populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i>	40
3.	Evaluation de l'effet des différents biofertilisants sur l'ordre d'arrivée des populations du puceron noir de la fève <i>Aphis fabae</i>	43
	CHAPITRE IV : DISCUSSION	51
	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	55

Références bibliographiques

ANNEXE

TABLE DE MATIERE

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Transport radial de l'eau et des minéraux dans la racine (Ravanel, 2009).	05
Figure I.2: Méthodes de fabrication des engrais minéraux (Bøckman et al., 1990)	10
Figure I.3: Caractéristiques essentielles d'un support de culture (Soltner, 2008)	12
Figure I.4: <i>Eisenia foetida</i> , le ver du compost (Edwards Et Arancon. 2004)	13
Figure I.5: Lombric composteur le ver tigré (Donea Et Simus,2002)	14
Figure I.6: Lombric composteur le ver rouge (Donea Et Simus,2002)	14
Figure I.7: Compostière horizontale (Hassan et al, 2010)	16
Figure I.8: Compostières verticale (Hassan et al, 2010)	17
Figure I.9: Schéma représentatif des effets du lombricompost sur la plante (Pajot, 2010)	21
Figure I.10: Exemples de réponses de défense actives chez les plantes (Hammond-Kosack et Jones ,1996)	23
Figure II.1: Obtention du matériel végétal	26
Figure II.2: Aspect général du module d'infestation et d'entretien des colonies d' <i>Aphis fabae</i>	27
Figure II.3: lombricompost issu d'une fermentation solide	28
Figure II.4: Présentation générale de l'hortibox	29
Figure II.5: Schéma récapitulatif de la logique des traitements appliqués.	31
Figure III.1a Evolution temporelle d' <i>Aphis fabae</i> sous l'effet de différentes biofertilisants	35
Figure III.1b Evolution temporelle des densités d' <i>Aphis fabae</i> sous l'effet de différentes biofertilisants	35
Figure III.2: Tendance de l'efficacité des différentes biofertilisants sur l'abondance et la densité d' <i>Aphis fabae</i>	37
Figure III.3: Etude comparée de l'efficacité des différentes biofertilisants sur et l'abondance la densité d' <i>Aphis fabae</i>	39

Figure III.4: l'évolution temporelle de populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i> sous l'effet de différentes des biofertilisants	40
Figure III.5: Analyse multivariée «ACP» représentant populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i> sous l'effet des différentes biofertilisants	41
Figure III.6: Etude comparée de l'efficacité des différentes biofertilisants sur la disponibilité des populations du puceron noir de la fève (<i>Aphis fabae</i>)	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 :	Les éléments indispensables aux plantes, leur principale forme chimique dans le sol et leur pourcentage en masse de matière (AIEA, 1984)	04
Tableau I.2 :	composition des composts (Robitaille et <i>al.</i> , 1996)	18
Tableau III.1:	Résultats du modèle G.L.M. appliqué à l'effet temporel de différents biofertilisants sur l'abondance d' <i>Aphis fabae</i>	38
Tableau III.2:	Résultats du modèle G.L.M. appliqué à l'effet temporel de différents biofertilisant sur les populations globales d' <i>Aphis fabae</i>	42
Tableau III.3:	Ordre d'arrivée écologique des populations globales d' <i>Aphis fabae</i>	44
Tableau III.4:	Ordre d'arrivée écologique des populations larvaires	48
Tableau III.5:	Ordre d'arrivée écologique des adultes ailées.	50

Liste des abréviations

ACP	: Analyses en Composantes Principales
C°	: Degrés Celsius
GLM	: General Linear Model
g	: Gramme
HR	: réaction d'hypersensibilité
Kg	: Kilogramme
MI	: Milliliter
Mm	: Millimeter
LAR	: résistance locale acquise
SAR	: résistance systémique acquise
SDN	: Stimulation des défenses naturelles des plantes
PH	: Pouvoir hydrogène

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

A partir des années 1950, l'activité agricole a connu une intensification sans précédent en Europe et dans le monde qui conduit à une augmentation considérable de la production mais aussi à une simplification des paysages agricoles (Roschewitz *et al.*, 2005).

Dans ce contexte et depuis plus de 50 ans, les ravageurs des cultures sont principalement régulés par l'application de pesticides sur les parcelles cultivées (Lewis *et al.*, 1997). Cependant, il a été démontré que le contrôle chimique des ravageurs avait des effets néfastes tant sur la santé humaine que sur l'environnement (Pimentel *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 2004). Ce mode de contrôle agit donc négativement sur la conservation de la biodiversité (Letourneau et Golstein, 2001; Geiger *et al.*, 2010). De plus, il a été démontré que l'utilisation fréquente des pesticides engendrait un phénomène d'adaptation des ravageurs, qui développent des mécanismes de résistance aux produits phytosanitaires (McKenzie et Batterham, 1998; Gullino *et al.*, 2000). Les préoccupations actuelles, telles qu'elles ont été exprimées lors du Grenelle de l'Environnement, ou dans le cadre du plan Ecophyto 2018, visent au développement d'une agriculture écologique, saine, mais aussi la diminution de l'utilisation de ces pesticides. Il faut donc trouver des alternatives respectueuses de l'environnement, et de la conservation des ressources naturelles, mais qui n'affectent pas la rentabilité des exploitations agricoles (Estevez *et al.*, 2000).

Il existe des nombreux voies pour sortir de cette impasse, l'une d'entre elles consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles mêmes, ou renforcer leurs propres moyens de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifique et agronomique, et qui pourrait bien être une solution d'avenir (Klarzynski Et Fritig, 2001).

De nombreux travaux ont montré que l'application des éliciteurs (Cole, 1999 ; Couderchet *et al.* 2003), et des extraits d'algues (Lizzi *Et al.* 1998) sur une plante, peuvent activer préventivement ses réactions de défense qui conduit à l'augmentation de sa résistance aux bioagresseurs. Mais le recours à l'utilisation au lombricompost comme produit de stimulation des défenses naturelles est peu documenté. Les travaux de Chaichi (2011) et Belharous (2012) ont mis en diapason l'effet stimulateur des défenses naturelles du jus de lombricompost brute et formulé. Sur cette base, l'utilisation judicieuse des stimulateurs pourrait permettre de diminuer la quantité des intrants phytosanitaires nécessaire pour protéger une culture. Cette stratégie, suscite de plus en plus d'intérêt dans le domaine phytosanitaire mais est encore assez peu exploitée au champ.

CHAPITRE I :

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Depuis plusieurs millénaires, les activités humaines, ont conduit à la transformation progressive d'une grande partie des surfaces terrestres, et la réduction des superficies occupées par l'agriculture, pour cela l'agriculture intensive n'est bien sûr pas seulement affaire de superficie utilisée. Elle se définit comme un système de production agricole caractérisé par l'usage important d'intrants, et cherchant à maximiser la production par rapport aux facteurs de production, qu'il s'agisse de la main d'œuvre, du sol ou des autres moyens de production, tel que les engrais verts, les fertilisants etc. (Gras *et al.*, 1989).

L'agriculture biologique est un mode de production de denrées végétales et animales qui va bien au-delà de la restriction d'utilisation de certains pesticides, engrais, organismes génétiquement modifiés, antibiotiques ou hormones de croissance non autorisés en vertu des normes appliquées en agriculture biologique (Anonyme, 2008).

Bon nombre d'agriculteurs biologiques croient que la réussite d'un système d'agriculture biologique commence avec le sol, un sol en santé produit des plantes en santé qui permettent aux animaux et aux gens qui les consomment d'être eux aussi en bonne santé. Ils perçoivent le sol comme un organisme vivant qui est le siège de processus et de formes de vie interdépendants (Anonyme, 2008).

1. La nutrition minérale des plantes

1.1 Généralités sur les nutriments minéraux

Les éléments requis pour assurer la croissance et le développement de la plante (Encore appelé nutriments) sont considérés comme essentiels. Pour pouvoir déterminer si un élément minéral est indispensable ou non à la croissance et au développement des plantes Arnon et de Stout (1939) formulés trois critères :

- si la carence en un élément empêche la plante de terminer son cycle biologique ; cas de l'azote.
- si un élément ne peut pas être remplacé par un élément de propriétés similaires ; cas du potassium ne peut pas être remplacé par le sodium.
- si l'élément ne participe pas directement au métabolisme de la plante ; cas du cobalt qui est utilisé par le rhizobium et non pas par les légumineuses.

Parmi les éléments nutritifs, six sont consommés par les plantes en relativement grande quantité : l'azote, le phosphore, le potassium, le soufre, le calcium et le magnésium. Ils sont appelés <<macro-éléments>>. Ils entrent dans la fabrication des

nombreux composés végétaux comme les protéines, les acides nucléiques et la chlorophylle; ils sont indispensables à des processus tels que les transferts d'énergie, le maintien de la pression interne et à la fonction enzymatique. Les autres éléments nutritifs sont utilisés en quantité moindre, voire négligeable, et sont désignés sous le nom d'oligo-éléments ou élément traces. Leur fonctions métaboliques sont variées et essentielles chez les plantes (Bøckman et *al.*, 1990).

Tableau I 1 : Les éléments indispensables aux plantes, leur principale forme chimique dans le sol et leur pourcentage en masse de matière (AIEA, 1984)

Eléments nutritifs	Symboles chimiques	Principale forme chimique absorbée par la plante	% en masse de matière
Macro-éléments			
Azote	N	NH_4^+ , NO_3^-	1,5 (1 à 3)
Phosphore	P	H_2PO_4^-	0,1 (0,05 à 1,5)
Potassium	K	K^+	1 (0,3 à 6)
Soufre	S	SO_4^{2-}	0,01
Magnésium	Mg	Mg^{2+}	0,2 (0,05 à 0,7)
Calcium	Ca	Ca^{2+}	0,5 (0,1 à 3)
Micro-éléments			
Chlore	Cl	Cl^-	0,2 (0,05 à 1,5)
Fer	Fe	Fe^{2+}	0,01
Manganèse	Mn	Mn^{2+}	0,005
Zinc	Zn	Zn^{2+}	0,002
Cuivre	Cu	Cu^{2+}	0,0001
Bore	B	H_3Bo_3	0,0001
Molybdène	Mo	MoO_4^{2-}	

D'autres éléments sont nécessaires à certaines plantes: le sodium, le cobalt, le vanadium, le silicium et le nickel (Loué, 1984)

1.2. Absorption des nutriments

Les plantes tirent ses nutriments nécessaires à leur croissance de plusieurs sources. Ce sont surtout les nutriments en solution dans l'eau du sol qui sont absorbables par les racines au niveau des poils absorbants. (Petit J et Jobin P, 2005)

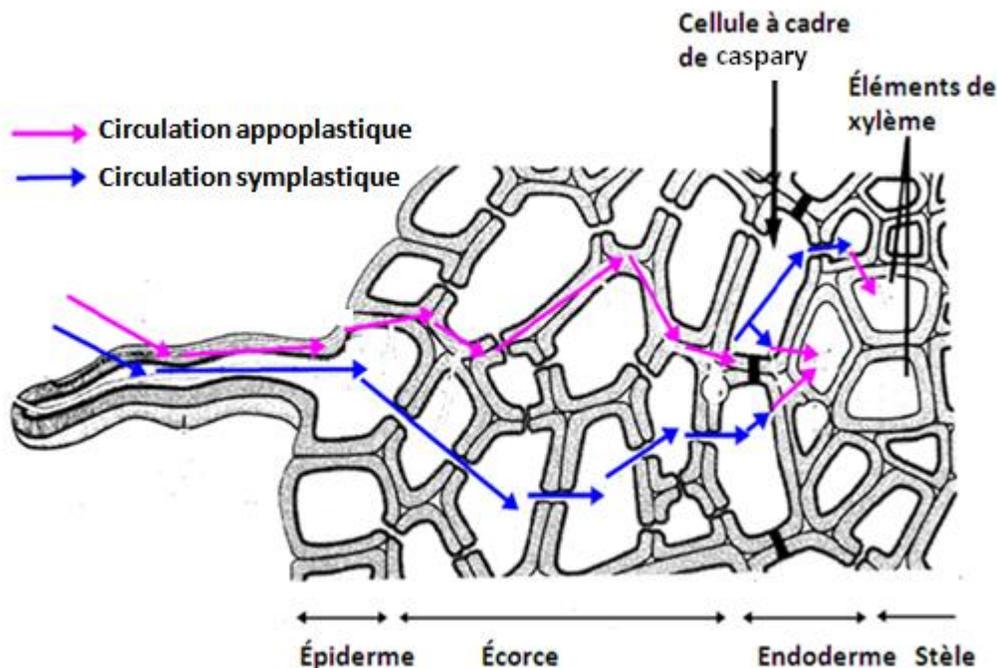


Figure I.1: Transport radial de l'eau et des minéraux dans la racine (Ravanel, 2009).

Les racines n'absorbent pas la solution du sol comme le ferait une simple mèche : l'absorption de l'eau et celle des éléments minéraux sont deux mécanismes indépendants. Les deux phases de l'absorption des minéraux.

Phase passive, ou voie apoplastique : les ions diffusent par simple différence de concentration, de la solution du sol vers les premières couches de cellules des racines, si la concentration en ions de ces dernières est inférieure à celle du sol. S'il en est autrement le mouvement s'inverse.

Phase active, ou voie symplastique. Les ions sont << poussés >> par l'énergie cellulaire des couches extérieures aux couches intérieures de la racine, bien que celles-

ci aient une concentration supérieures. Ce mouvement est irréversible. Il crée un nouvel appel d'ions dans les couches extérieures de la racine (Soltner , 1983).

1.2.1 Importance de l'Azote

La matière organique contient plus de 40% de carbone. Après le carbone, l'azote est souvent considéré comme le principal élément qui limite la croissance des plantes (Chapin, 1980; Aerts & Chapin, 2000).

L'importance de l'azote en tant que facteur de production végétale ne relève pas seulement du pourcentage élevé qu'il détient dans la composition de la plante, mais plus encore du rôle physiologique primordial dévolu aux substances azotées comme les protéines, les acides nucléiques, la présence de l'azote dans la constitution des chlorophylles, d'autre pigments, ainsi que dans divers agents d'oxydation (GERMON *et al.*, 1994). La plupart des plantes peuvent absorber toutes les formes d'azote solubles présentes dans le sol (Atkin, 1996). Cet élément est disponible pour la plante sous forme d'ions: NO^{3+} , NH^{4+} . La concentration des tissus végétaux en N pour la plante saine est d'environ 1, 5% de matière sèche (Germon *et al.*, 1994).

La carence de l'azote a un effet très direct sur la plante, vue son rôle très important. Selon Morard, (1995), cité par Hamzaoui , (1997), elle provoque l'arrêt de croissance des tissus jeunes, puis, rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, elle perturbe la synthèse protéique et provoque une chlorose généralisée(les protéines des chloroplastes sont les premières concernées), d'où le palissement foliaire caractérisant classiquement la <<fin d'azote>>

La croissance des feuilles est réduit, leur coloration est plus claire, l'interception du rayonnement solaire diminue et par conséquent la photosynthèse aussi (Vilain, 1997).

L'excès d'azote, même au coure d'un période limité peut avoir des conséquences fâcheuses, variable selon les cultures, un retarde de maturité, du à l'allongement excessif de la période végétative (mais un apport précoce peut dans certain cas, favoris la précocité), une sensibilité plus grande à des tissus aux maladies cryptogamiques, et aux parasites animaux, un sensibilité plus grande à des accidents tels le gel ou la vers. (Carles, 1967).

1.2.2. Importance de phosphore

Le phosphore est un macroélément essentiel pour la plante. Représentes 0.05 à 1.5 % de la biomasse sèche totale, on le trouve dans diverse combinaisons organique (phytine, biocatalyseurs, lipides...) il favorise indirectement, la résistance des plantes à la sécheresse (Gervey, R 1970)

Les plantes l'absorbent sous forme d'ions phosphate PO_4^{3-} . Ces ions proviennent du très lent lessivage de roches contenant du phosphate de calcium $Ca_3(PO_4)_2$ et ne sont Présents qu'en faible quantité dans les sols. (Gervey, R 1970).

Il joue un rôle très important au cour de la floraison et la fructification. Il a également une influence très favorable sur la division cellulaire. C'est l'un des constituants des nucléoprotéines et des phospholipides.

Il joue un rôle aussi un rôle dans les processus de respiration, de photosynthèse et dans l'assimilation de l'azote nitrique (Khalil A 1989).

Les ions phosphoriques servent, dans les cellules, des transporteurs d'énergies. Dans la photosynthèse par exemple, l'énergie solaire est stockée momentanément sur des molécules de phosphates (l'ADP et l'ATP) qui peuvent les libérer instantanément, permettant les réactions biochimiques.

Un manque absolu de phosphore dans le sol ne saurait permettre le développement des végétaux, excès de phosphore peut gêner l'assimilation de la potasse en terre riche en magnésie car il favorise l'afflux de cette dernière, elle même antagoniste de la potasse, il peut également provoquer des carences en zinc en terrain calcaire le phosphates ont tendance à être insolubilisés par le calcium, en terrain très acide ils sont bloqués par le fer et l'aluminium, surtout si le teneur en argile est élevé (Gervey, R 1970).

1.2.3. Importance du fer

Le fer est un micro-élément essentiel pour la croissance des plantes il joue notamment, un rôle vital de transporteur d'oxygène.

Le fer est un micro-élément essentiel à la croissance et au développement des végétaux, On le trouve dans tous les tissus végétaux jeunes : bourgeons fleurs, etc.... Toutefois, sa concentration dans les sols est bien souvent un facteur limitant de la production végétale (Curie et Briat, 2003).

Il joue notamment, un rôle vital de transporteur d'oxygène, est un constituant de la chlorophylle, est indispensable à sa formation. Il joue aussi un rôle dans le transport d'électrons. Son absence provoque la chlorose, jaunissement dû à la disparition ou au non formation de la chlorophylle. C'est en outre le constituant d'un grand nombre d'enzyme d'oxydation.

Le fer du sol se trouve sou plusieurs formes mais dans les analyse courantes on dose seulement le fer dit <<libre>> .c'est à dire assimilable par les végétaux.

Lorsque la quantité de fer libre est très élevée les plantes sont bien alimentées en cet élément mais cela peut aussi présenter de sérieux inconvénients.

En l'excès de fer peut être provoqué par une forte acidité et une teneur élevée en matière organique qui vont généralement de paire avec une destruction de l'argile qui libère alors d'importantes quantités pour les plantes.

A l'inverse dans les terres à PH élevé, le fer risque de se trouver sous des formes peu solubles, surtout si le taux de matière organique est bas. On a alors une faible teneur en fer assimilable et un risque de carence (chlorose) éventuellement accentué par la présence d'une grande quantité de calcaire actif dont les plantes calcifuges se gorgent au détriment des autres éléments. (Gervey, R 1970)

2. Effets de la nutrition de la plante sur la santé végétale

Les plantes fertilisées avec des matières organiques présentent peu de problèmes liés aux ravageurs et aux maladies. Il est également de notoriété publique que grâce à la modernisation de l'agriculture, le nombre d'espèces actuellement considérées comme des ravageurs et des maladies ont augmenté. Les études du chercheur, Chaboussou (1985), constituent un point de départ pour la théorie de la Trophonios, permettant ainsi d'établir un lien important entre ces deux faits observables et vérifiés dans la pratique par les agriculteurs

Selon cette théorie, la sensibilité d'une plante cultivée par rapport aux ravageurs et a maladies dépend de son état nutritionnel. Les ravageurs et les maladies n'attaqueront pas une plante saine. La santé d'une plante est directement liée à son équilibre interne qui est en perpétuelle mutation. Selon Chaboussou (1985), les ravageurs et les maladies n'attaquent pas toutes les plantes, mais uniquement celles qui pourraient servir d'aliments à l'insecte ou au pathogène. Si une plante dispose d'une quantité de substances suffisante pour alimenter les ravageurs et les maladies, c'est parce qu'elle n'a pas été traitée selon les méthodes optimales de culture. Aussi, pour qu'une plante soit résistante, est-il important de gérer correctement sa croissance.

Tous les facteurs qui affectent l'équilibre interne et le fonctionnement d'une plante peuvent diminuer ou accroître sa sensibilité aux attaques des ravageurs et des maladies. Ce pourrait être des facteurs liés à la plante (adaptation au climat local, âge de la plante, greffage) ou à l'environnement (climat, lumière, température, humidité, vent) ou aux pratiques de gestion (fertilité du sol, moment de la plantation, espacement, labourage, émondage, type d'engrais utilisé).

Dans les années 1980, l'équipe technique du Centre Ecologique, de Rio, au Brésil, en collaboration avec des agriculteurs et d'autres techniciens, chercher les voies et moyens de surmonter certaines des difficultés techniques de la production écologique. Ils ont en particulier analysé les idées de Chaboussou 1985 selon lesquelles l'état nutritionnel d'une plante résulte de l'interaction entre sa génétique, l'environnement local et les pratiques de gestion. Ainsi, les pratiques culturales visaient à comprendre les causes du problème au lieu de se contenter de traiter les conséquences, à savoir ravageurs, maladies et faiblesse de la productivité.

Les bio fertilisants enrichis nourrissent la plante mais l'on a également découvert qu'ils protègent la plante en agissant comme mécanisme de défense. Cette défense pourrait être due à différents facteurs, à savoir, par exemple, qu'une plante mieux nourrie est plus résistante, comme soutenu par la théorie de la trophobiose. Si une plante est dotée de tous les éléments qui lui sont nécessaires, en quantités suffisantes et au bon moment, elle réunit toutes les conditions requises pour se défendre contre l'attaque des insectes, les acariens, les nématodes, les champignons, les bactéries. Aussi, les bio fertilisants étant un produit vivant, les microorganismes qu'ils renferment peuvent aider à lutter contre les micro-organismes nuisibles qui attaquent la plante. (Primavesi., 1989.)

3. Les engrais

3.1. Les engrais minéraux

Les engrais minéraux sont des engrais d'origine minérale destinée à fournir aux plantes, par l'intermédiaire du sol, un (engrais simples) ou plusieurs (engrais composés) éléments minéraux majeurs (N, P,K) , secondaires (Ca, Mg, S, Na,...) et des oligo-éléments, sous forme inorganique c'est –à-dire non liée à des chaînes hydrocarbonées (Soltner , 1983).

Les engrais minéraux ont pour origine des roches éruptives (poudres de basalte), sédimentaires (phosphates naturels) ou salines (sels de potasse), soit des synthèses ou transformations industrielles (ammoniac, scories...).on peut les ranger en deux grande familles : Les engrais minéraux solubles, souvent qualifiés d'engrais <<chimique>>, se dissolvent, dès leur péonage, dans l'eau du sol (engrais azotée nitriques, phosphate d'ammoniaque...) et les engrais minéraux insolubles ou peu solubles ne se dissolvant pas ou peu dans la solution du sol (les phosphates naturels, sulfate de potasse...) (Richard, H 1965).

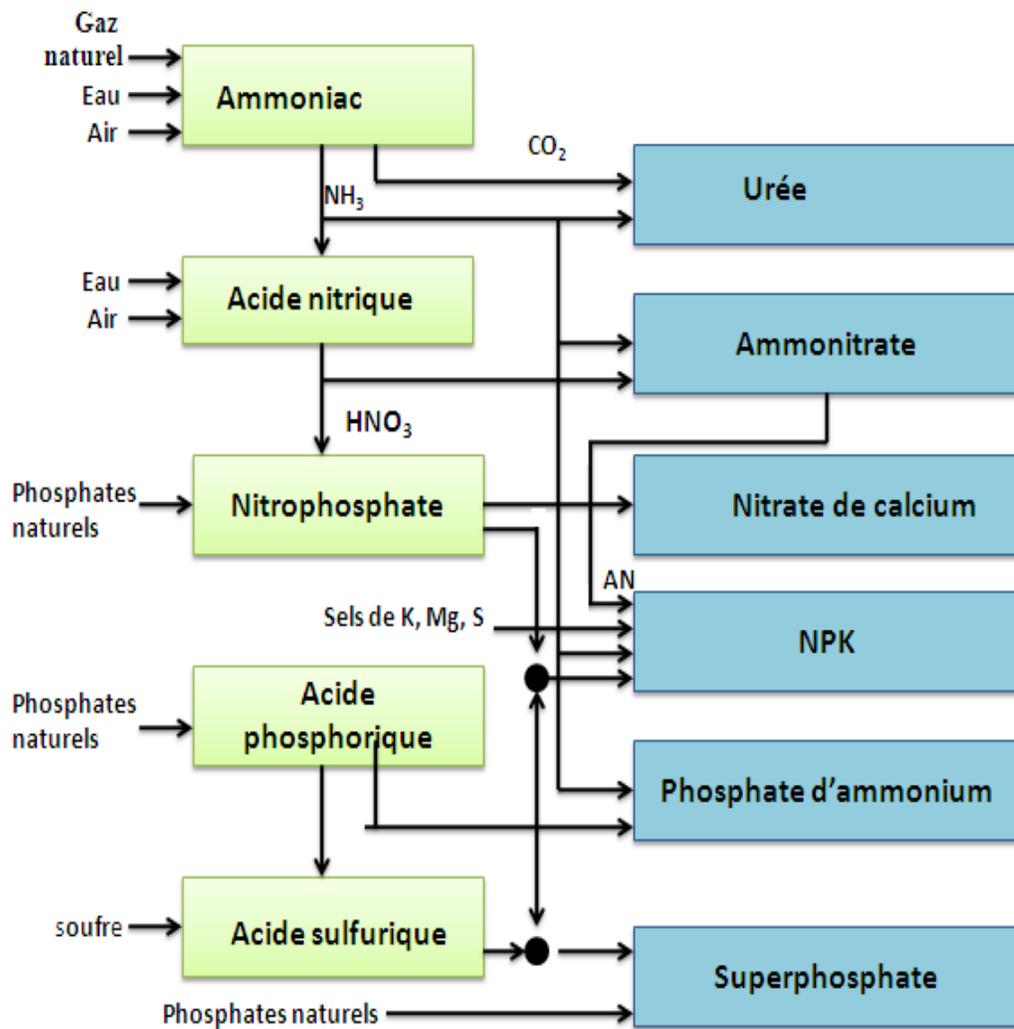


Figure I.2: Méthodes de fabrication des engrais minéraux (Bøckman et al., 1990)

3.1.1. Les engrais organo-minéraux

Les engrais organo-minéraux sont des engrais à action douce et soutenue, composés de matières organiques d'origine animale et végétale (voir engrais biologique). Ils sont parfois enrichis de matières chimiques afin d'y ajouter une action rapide. Les matières organiques apportent quant à elles une haute teneur en humus

dans le sol, ceci lui donnant une structure optimale. Un engrais est organo-minéraux quand il contient au minimum 25 % de matières organiques (Janssen, 1993).

3.1.2. Les engrais organiques:

Les engrais organiques, d'origine animale ou végétale, proviennent des fumiers, lisiers, guano, algues et déchets organiques divers le plus souvent compostés, ainsi que des plantes ou déchets de plantes directement présents sur les sols, qu'elles soient spontanées ou cultivées (engrais verts). Une tonne de fumier de bovins apporte environ 5 kg d'azote, 2,5 kg de phosphore et 6 kg de potassium. Cette fumure organique a l'avantage de renforcer la vie et la structure des sols et d'atténuer notamment les risques d'érosion. Les excédents peuvent aussi se retrouver dans les sols et les eaux. Cependant, le bilan global des engrais organiques sur l'environnement reste meilleur que celui des engrais minéraux, en particulier en termes d'émission de gaz à effet de serre. Ils constituent un des piliers des méthodes de l'agriculture biologique (Agriland, 2003).

3.1.3. Les amendements organiques :

Il s'agit de matière fertilisante composée principalement de combinaisons organiques d'origine végétales fermentées ou fermentescibles destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de la matière organique du sol. Les amendements améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. Les amendements calciques ou magnésiens ont pour rôle principal de maintenir ou d'élever le PH du sol. Les amendements organiques, d'origine végétale, entretiennent ou reconstituent l'humus, donc le stock de matière organique du sol (Coppin, 2002).

3.1.4. Les supports de culture :

Ce sont des produits organiques contenant des matières fermentées essentiellement végétales ou susceptible de fermenter, mais qui se différencient des amendements organiques par une teneur plus élevée en matière inertes (matériaux permettant l'ancrage du système racinaire de la plante, la circulation de substance nutritives exogène, et qui jouent ainsi le rôle de support) (Laumonnier, 2002).

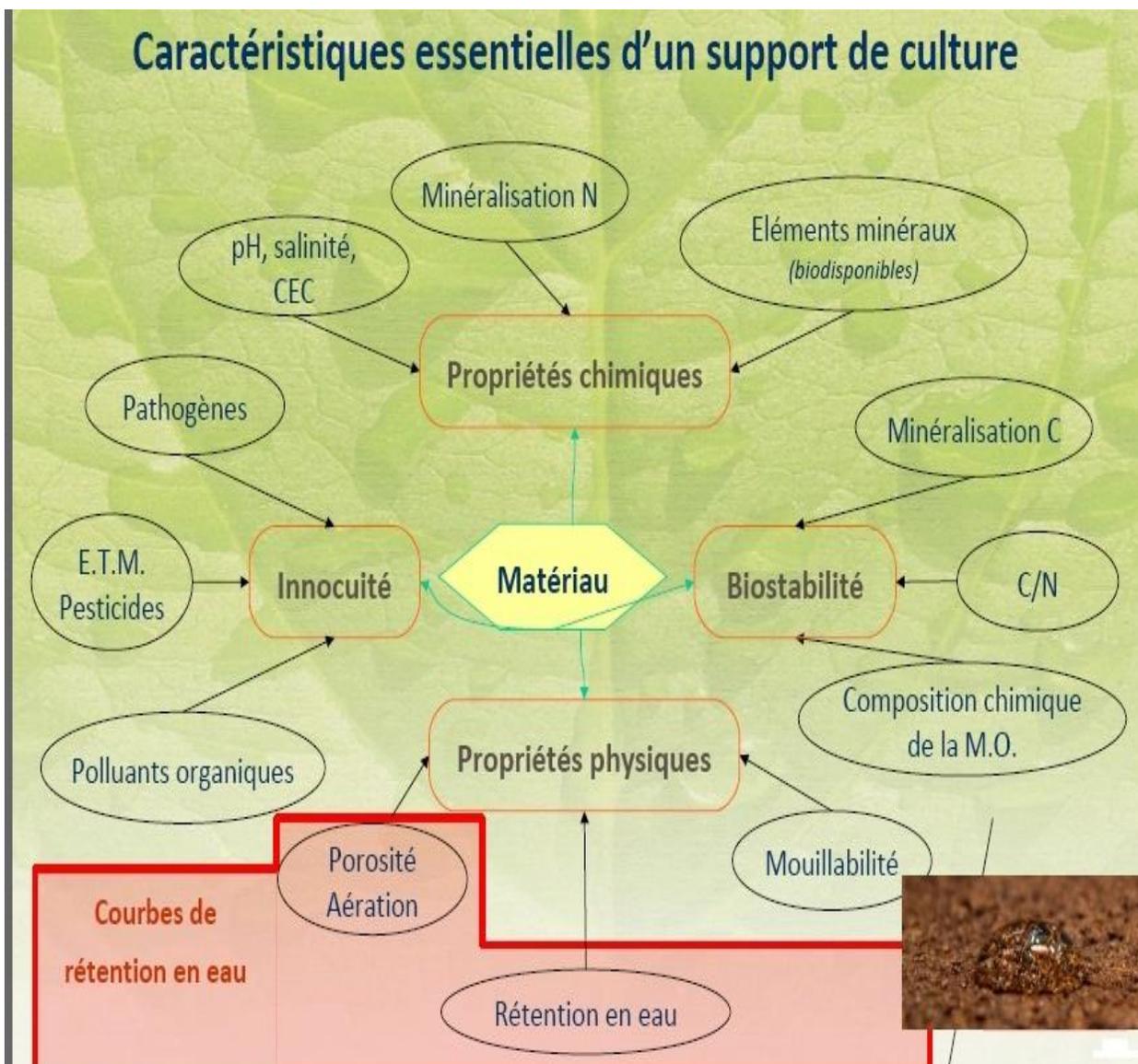


Figure I.3: Caractéristiques essentielles d'un support de culture (Soltner, 2008).

3.2. Les engrais végétaux (les purins)

Ce sont des fermentations aérobies, dans l'eau, de plantes aux propriétés diverses selon les espèces utilisées : insecticide, insectifuge, fongicide, stimulation de la vie du sol, activateur de compost et pour certains, fertilisant, particulièrement riches en éléments nutritifs. Quelques plantes qui stimulent la croissance : la consoude, l'ortie, le pissenlit, le souci, la tomate, la valériane blanche (Anonyme, 2009).

4. Lombricompost

4.1. Introduction

Les populations d'invertébrés, comme les vers de terre dans le sol, jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques (Lavelle *et al.*, 1994). En effet, les lombrics interviennent dans la dynamique de la matière organique dans le sol ; ils transforment la matière organique instable, souvent d'origine végétale, en substances organiques stables appelées "humus" (Mitchell, 1997). Les vers de terre participent également à la libération d'éléments minéraux disponibles dès lors pour les plantes cultivées (Parmelee *et al*, 1998).

4.2. Le ver du compost

On estime à 1800 le nombre d'espèces de vers de terre (Edwards et Lofty, 1972), parmi lesquelles *Eisenia foetida* (Savigny) est également connu sous les noms de «ver du fumier», «ver du compost», «ver du terreau», «ver composteur», «ver zébré», «ver rouge» et «eisénie» (Figure4). Ce ver ubiquiste extrêmement résistant, est indigène à la plupart des régions du monde.



Figure I.4 : *Eisenia foetida*, le ver du compost (Edwards et Arancon. 2004)

Il existe dans la nature de nombreuses d'espèces de vers, mais seules quelques-unes peuvent être mises dans les Compostières. Les gros vers de terre de jardin ne sont pas utilisables pour le compostage (Cassellato ,1987).

Les lombrics de compost sont des vers de surface qui se trouvent au maximum à 10 cm de profondeur et se reproduisent très vite.

La décomposition de la matière organique est principalement assurée par 2 espèces de vers (Figure5).

- *Eisenia foetida*: appelé le ver tigré ou ver du fumier. Il préfère les matières en décomposition.



Figure I.5 : Lombric composteur le ver tigré (Donea et Simus,2002)

- *Eisenia andrei* : le ver rouge, préfère les matières fraîches.



Figure I.6: Lombric composteur le ver rouge (Donea et Simus,2002)

Ces vers préfèrent les endroits calme et à l'obscurité. Un seul lombric peut avoir 500 descendants par an.

Le vermicompost nécessite un poids en vers, au moins double de la quantité de déchets apportée par jour. Car si il n'y a pas assez de vers dès le départ, la matière va s'accumuler et risque de pourriture. Il est recommandé de mettre un minimum de 500 g de vers (Hassan et al, 2010).

4.3. Lombricompost issu de la lombriculture

Les espèces de vers sont toutes semblables du point de vue anatomique et physiologique mais elles diffèrent considérablement au niveau de l'écologie, ce qui emmène les producteurs à faire un choix d'espèce selon le produit recherché. La densité (nombre de vers par unité de volume de sol) à laquelle les diverses espèces de vers peuvent survivre ou se multiplier varie énormément (Tomlin, 1981).

L'élevage du ver de terre à une petite échelle est relativement facile, mais à grande échelle dans les élevages intensifs les mortalités massives dues à des épidémies sont susceptibles d'apparaître et de mettre en péril la survie de l'entreprise d'élevage ou de distribution.

Il faut faire au départ une distinction entre l'élevage, le semi-élevage et la conservation et le conditionnement. L'élevage consiste à réaliser le cycle complet de la production du ver depuis l'éclosion de juvéniles à partir de vers adultes amenés à maturité dans les conditions d'élevage. L'exemple typique est l'élevage du ver à fumier *Eisenia foetida* ou de *Dendrobaena veneta* pour le vermicompostage. Le semi-élevage consiste plutôt à ne réaliser qu'une partie du cycle de production du ver, soit l'engraissement de juvéniles depuis des vers matures sexuellement récoltés dans la nature à chaque cycle de production.

Le lombric *Lumbricus terrestris* fait l'objet d'un semi-élevage à grande échelle par certains distributeurs et éleveurs de vers de terre comme appât pour les pêcheurs ou bien à petite échelle par des éleveurs artisans ou par les pêcheurs eux mêmes.

La conservation et le conditionnement consistent simplement à maintenir en captivité des vers adultes pendant un certain temps avant leur mise en marché et par conséquent requièrent des opérations de manipulation, de tri et de nourrissage des vers dans de bonnes conditions d'ambiance (Tomlin, 1981).

4.3. Systèmes de lombriculture

Différents systèmes de lombriculture ont été conçus afin de traiter biologiquement des déchets organiques et de produire de grandes quantités de vers

comme nourriture potentielle de diverses espèces animales (Sabine, 1983). Nous pouvons les diviser en deux catégories.

4.3.1 Système horizontal

Pour fabriquer ce genre de Compostières, on peut utilement réutiliser les bacs de poissonniers en frigolite avec leur couvercle ou construire un récipient en bois (l'étanchéité sera alors assurée par des joints de silicone). Le fond du récipient est toujours percé de trous afin d'assurer un bon drainage du substrat.

Les compostières horizontales peuvent être compartimentées en deux parties par une séparation verticale trouée. (Donea et Simus,2002)



Figure I.7 : Compostière horizontale (Hassan et al, 2010).

4.3.2. Compostières verticales

On utilisera pour ce faire des bacs de rangement en plastique. On choisira les bacs assez épais et opaques afin qu'ils ne laissent pas passer la lumière.

Le bac du bas sert à récolter les jus. Le fond du ou des bac(s) supérieur(s) est percé d'une quinzaine de trous de drainage (diamètre 8 à 10mm) permettant l'évacuation de l'eau excédentaire. On peut également percer quelques trous d'aération sur le dessus des parois latérales et les recouvrir d'une fine toile de moustiquaire.

Un couvercle surmonte le tout: il empêchera les vers de sortir et évitera qu'ils ne soient dérangés par la lumière, mais il aura surtout un rôle dans le maintien de l'humidité du bac. L'eau d'évaporation se condensera sur le couvercle et les parois et ruissellera dans le substrat (Donea et Simus,2002).



Figure I.8: Compostières verticale (Hassan et al, 2010).

4.4. Vermicompostage

Selon Donea et Simus(2002) , La vie de ver est fortement influencée par la température, l'humidité et l'aération de leur milieu de vie. Leur température de vie optimale est comprise entre 15 et 25°C, l'humidité idéale entre 75 et 85% et le pH entre 6,5 et 8. La lumière, le bruit, de même que les vibrations les font fuir et constituent des

facteurs de dérangement importants. À 25°C, le cycle biologique complet prend environ 52 jours en conditions optimales de laboratoire, taux qui pourrait être difficile à réaliser dans les élevages à grande échelle. (Tomlin, 1981).

Le ver du fumier est adapté pour transformer des matières organiques (généralement des déchets) en une matière très semblable à l'humus ou au terreau connu sous le nom de lombricompost ou vermicompost. L'objectif est le traitement le plus rapide et le plus efficace possible des matériaux.

4.5 Définition du compost

Mustin (1987), définit le compost comme un processus biologique assurant la décomposition des constituants organiques des sous-produits et déchets en un produit organique stable riche en composés humiques : le compost. Plus récemment, l'I.T.A.B. (Institut Technique de l'Agriculture Biologique) en 2001 a défini le compostage comme étant 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 évoluant en milieu aérobie. Le compost est donc un produit issu de la transformation de déchets essentiellement organiques et qui est riche en matière organique stable (humus).

Tableau I.2 : composition des composts (Robitaille et al., 1996)

Types de composts	N(Kg/t)	P ₂ O ₅ (Kg/t)	K ₂ O(Kg/t)
Composts mûrs-(composition de fumier de bovin et composte commerciaux essentiellement)	5.8	10.1	4.1
Composte immatures (composts de fumier de bovin et composte commerciaux essentiellement)	7.6	9.1	5.4
composts de fumier de volaille	14.1	25.7	7.1
Déchets verts	8	4	4

4.6 La valeur du lombricompost

Le lombricompost, comme le compost classique, est source de nombreux bienfaits pour les sols agricoles, notamment en augmentant leur capacité à conserver l'humidité et à retenir les éléments nutritifs, en améliorant leur structure et en assurant des degrés plus élevés d'activité microbienne. Une étude de la littérature, toutefois, montre que le lombricompost pourrait s'avérer supérieur au compost classique aérobie sur plus d'un point, notamment en ce qui concerne

- **Teneur en éléments nutritifs assimilables par les végétaux.** Atiyeh et *al.* (2000) ont découvert que le compost avait une teneur plus élevée en ammonium, alors que le lombricompost tendait à être plus riche en nitrates, la forme d'azote la plus assimilable par les végétaux. Dans le même ordre d'idées, des travaux effectués au CANÉ par Hammermeister et *al.* (2004) indiquent que «à poids égal, le fumier lombricompost offre davantage de N que le fumier composté classique». Cette étude a également montré que les taux d'apport en plusieurs éléments nutritifs, notamment P, K, S et Mg, ont été accrus par le lombricompostage comparativement au compostage classique. Ces résultats corroborent ce que d'autres chercheurs ont mis en lumière (Short et *al.*, 1999; Saradha, 1997, Sudha et Kapoor, 2000). Il semble que le processus de lombricompostage tend à accroître la disponibilité pour les végétaux de la plupart des éléments nutritifs par rapport au compostage classique.

- **Teneur en microorganismes bénéfiques.** La littérature offre moins de données sur ce sujet que sur la disponibilité des nutriments; mais on estime généralement que le lombricompost surpasse le compost en ce qui a trait aux niveaux d'activité microbienne. Dans ce domaine, on doit beaucoup à l'université de l'Ohio et au Dr Clive Edwards (Subler et *al.*, 1998). Dans un entretien (Edwards, 1999), il affirme que « le lombricompost pourrait être 1000 fois plus actif que le compost classique sur le plan de l'activité microbienne, même si ce taux n'est pas toujours atteint. » Et il poursuit: « il s'agit de micro-organismes beaucoup plus aptes à transformer les éléments nutritifs et à les rendre plus facilement assimilables par les végétaux que ceux que l'on trouve dans le compost. Dans le compost, ce sont des micro-organismes thermophiles – La gamme de micro-organismes est assez différente et beaucoup plus bénéfique dans un lombricompost. Je réitère ce que j'ai déjà affirmé à plusieurs reprises : un lombricompost est de beaucoup préférable à un compost ordinaire, si on cherche à stimuler la croissance des plantes. »

- **Capacité à stimuler la croissance des végétaux.** C'est le domaine où l'on a obtenu les résultats les plus intéressants et les plus convaincants. Nombre de chercheurs ont constaté que le lombricompost stimule encore la croissance des plantes même si elles reçoivent déjà une nutrition optimale. Atiyeh et *al.* (2000). ont effectué une analyse élaborée de la littérature portant sur ce phénomène. Ils soulignent que « ces études ont prouvé à maintes reprises que les déchets organiques vermicompostés ont des effets bénéfiques sur la croissance des végétaux indépendamment des transformations nutritionnelles et de la disponibilité. Qu'ils soient utilisés comme amendements ou qu'ils entrent dans les milieux d'horticulture hors-sol, les lombricomposts ont à maintes reprises amélioré la germination, la croissance et le développement des semis, et accru la productivité des plantes beaucoup plus qu'il ne serait possible avec la simple transformation de substances minérales nutritives en vue de les rendre plus disponibles. » De plus, les auteurs font état d'une découverte déjà signalée par d'autres (Arancon, 2004) : l'apport bénéfique maximum du lombricompost

est obtenu à des proportions de 10 à 40 % du substrat de culture. Il semble qu'au-dessus de 40 %, l'apport de lombricompost n'est plus bénéfique et qu'il peut même se traduire par une baisse de la croissance ou du rendement.

Capacité à repousser les ravageurs. La recherche dans ce domaine est assez récente, et les résultats manquent de consistance. Néanmoins, les preuves semblent s'accumuler quant à l'effet parfois répulsif des turriculés de vers sur des ravageurs à corps rigide (*Biocycle*, 2001; Arancon, 2004; Edwards et Arancon, 2004). Il reste encore à déterminer pourquoi ces effets ne sont pas constants. . George Hahn, un producteur californien de lombricompost, propose une explication, tout en affirmant que son produit repousse de nombreux insectes nuisibles différents : ce serait dû à la production de chitinase par les vers, une enzyme qui détruit la chitine de l'exosquelette des insectes. Des tests indépendants de son produit n'ont, toutefois, pas donné de résultats uniformes. Arancon, 2004 croit que ce potentiel existe mais que les facteurs sont complexes et qu'ils sont liés à l'ensemble du réseau trophique du sol plutôt qu'à une unique substance comme la chitinase.

Dans une recherche récente, Edwards et Arancon, (2004) rapportent des diminutions statistiquement significatives des populations d'arthropodes (pucerons, cochenilles, tétranyques) et des réductions corollaires des dégâts infligés aux plantes dans des essais portant sur la tomate, le poivron et le chou grâce à des ajouts de 20 % et 40 % de lombricompost au Metro Mix 360 (témoin). Ils signalent également une suppression significative des nématodes endoparasites au cours d'essais en champs sur des poivrons, des tomates, des fraises et du raisin. Il faudra cependant davantage de recherches avant qu'on puisse considérer le lombricompost comme une solution de rechange aux pesticides ou aux autres méthodes non toxiques de protection phytosanitaire.

• **Capacité de résistance aux maladies.** Edwards et Arancon (2004) rapportent qu'ils ont « étudié les effets d'assez faibles applications de lombricomposts commerciaux sur des infections de *Pythium* (concombres), de rhizoctone (radis de serre), de verticilliose (fraises), d'excoriose et d'oïdium (vignes). Dans toutes nos expériences, les applications de lombricompost ont réduit notablement l'incidence de la maladie. »

L'utilisation des différentes doses de biofertilisant entre autre le lombricompost, permet de mieux comprendre le rôle de cette substance naturelle sur la performance de la production de la phytomasse et dans l'induction de la résistance contre les ennemis naturels en particulier (Figure I 9) (Pajot, 2010).

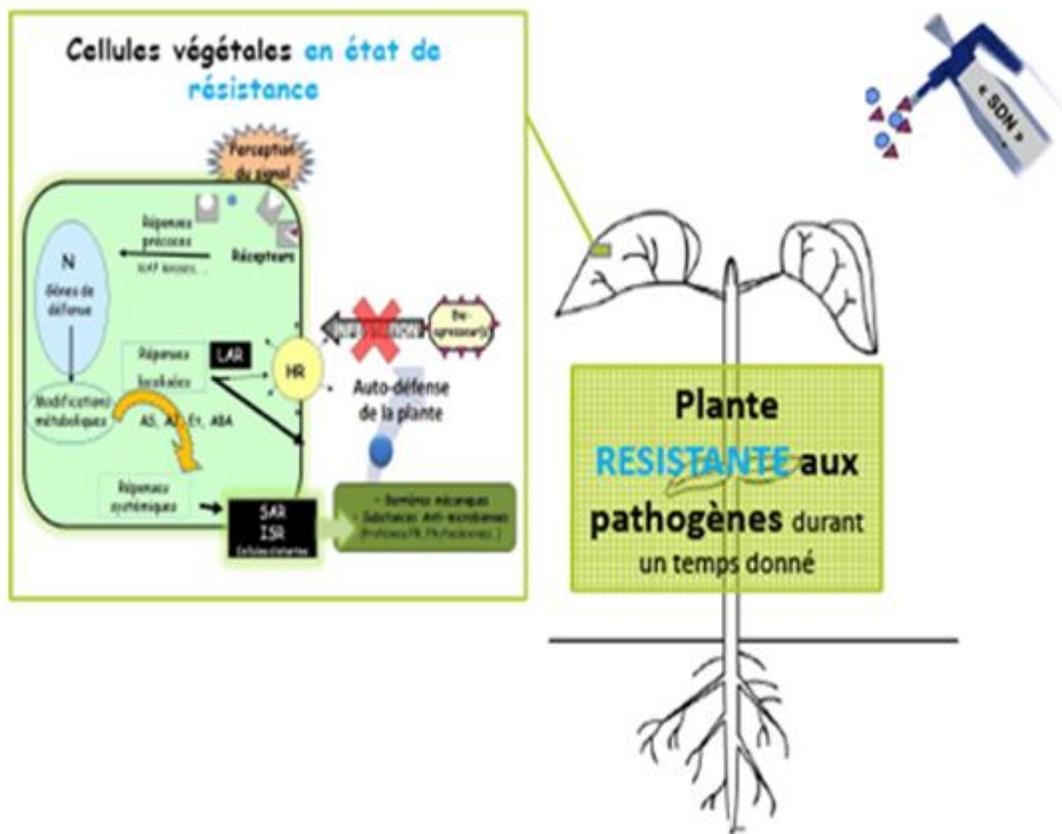


Figure I. 9 : Schéma représentatif des effets du lombricompost sur la plante (Pajot, 2010).

5. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN)

5.1. Mécanismes généraux

5.1.1. Défense passive

Les plantes, au cours de leur évolution, ont mis en place des barrières protectrices contre les bioagresseurs : cuticule, paroi pectocellulosique. Ces barrières mécaniques leur confèrent une résistance constitutive, notamment face aux agents pathogènes (Kauffmann et *al.*, 2001). Mais si ceux-ci réussissent à les franchir, ils ont affaire aux mécanismes de défense active.

5.1.2. Défense active

Les mécanismes de défense active peuvent débuter par la réaction d'hypersensibilité (HR). La réaction HR est une réaction spécifique basée sur le concept gène pour gène de Flor, dans laquelle le produit du gène d'avirulence du pathogène est reconnu par le produit du gène de résistance de la plante. (Klarzynski et. Fritig 2001) Cette réaction intense et violente se manifeste par la mort de la cellule hôte qui, avant de s'autodétruire, aura émis des signaux d'alerte vers les cellules voisines pour créer une zone de résistance locale acquise (LAR). Il s'ensuit la synthèse de molécules de défense antimicrobienne à action directe ou indirecte. Ces premières lignes de défense sont très efficaces pour confiner le pathogène et retarder son invasion dans l'organisme. La propagation des signaux et la synthèse des molécules de défense peuvent se généraliser à la plante entière : il s'agit de la résistance systémique acquise (SAR). Ce type de résistance est certes moins intense mais plus durable : la plante est préparée à une nouvelle attaque du pathogène ou d'un autre agresseur et pourra y répondre plus rapidement (Kauffmann et *al.*, 2001) .

La résistance active aux agents pathogènes se traduit par une réaction d'hypersensibilité (HR). La HR est associée d'une part, à un processus de mort cellulaire programmée rapide et localisée permettant de circonscrire l'agent pathogène au niveau du site d'infection, et d'autre part, à la stimulation de gènes de défense dans la zone infectée, puis au niveau de la plante entière. L'élimination des cellules en contact de l'agent pathogène permet à la plante de se protéger contre l'agresseur en créant une barrière physique qui limite l'accès aux ressources nutritionnelles nécessaires au développement du parasite (Greenberg et Yao,2004). La génération des signaux qui seront transmis à l'ensemble de la plante permettra une réponse plus efficace face à une nouvelle agression en potentialisant les moyens de défense de la plante ou en activant ces mécanismes de défense préventifs (Heath, 2000).

La HR est observée lorsque l'agent pathogène est reconnu spécifiquement et précocement par la plante (Tamelling et Takken, 2008). Suite à la reconnaissance spécifique du parasite, de nombreux composants de cascades de signalisation sont activés, et une intense reprogrammation transcriptionnelle au sein des cellules végétales a rapidement lieu (Torres- Zabala *et al.*, 2007; Miranda *et al.*, 2007).

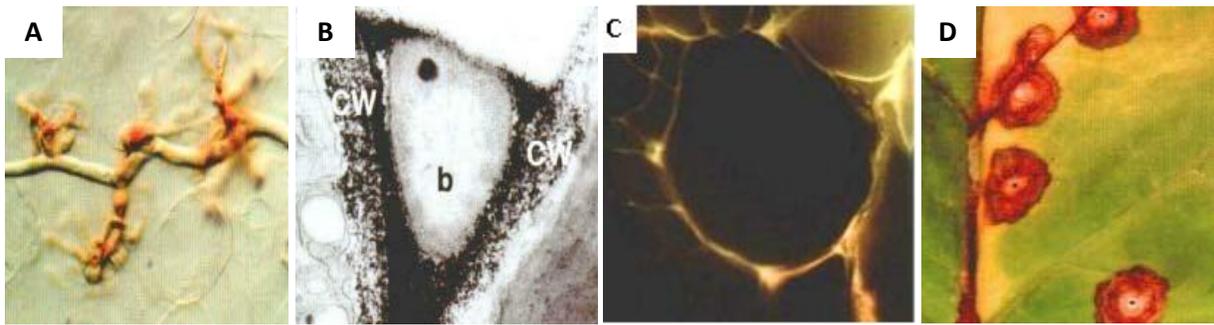


Figure I 10 : Exemples de réponses de défense actives chez les plantes (Hammond-Kosack et Jones ,1996).

- A. Réponse hypersensible chez la laitue au contact d'un isolat incompatible de *Bremia lactucae*.
- B. *Burst* oxydant chez la laitue, génération de peroxyde d'hydrogène (dépôt noir) dans la paroi (CW) à proximité de la bactérie incompatible inoculée (b).
- C. Lignification et ré initiation de la division cellulaire chez *Brassica napus* suite à une agression fongique.
- D. Formation de lésions chez le tabac au site de pénétration d'un virus.

5.2. Voies de signalisation et réactions de défense :

➤ **Epaississement de la paroi:**

Pour lutter contre l'action d'enzymes microbiennes digérant la paroi cellulaire végétale, la plante la renforce par diverses macromolécules qu'elle synthétise : protéines, polysaccharides ou polymères aromatiques (ressemblant à la lignine). (Kauffmann et *al.* , 2001) . Or la dégradation fongique de ces parois accélère encore plus la mise en place d'une résistance puisque les oligosaccharides obtenus servent d'éliciteurs endogènes.

➤ **Voie de l'acide jasmonique et production de phytoalexines**

Sont des antibiotiques végétaux synthétisés. Leur synthèse peut-être provoquée par des métabolites secondaires issus de la réponse précoce comme H₂O₂ ou le monoxyde d'azote NO qui jouent le rôle de signaux. Cependant, la voie royale de synthèse des phytoalexines est celle de l'acide jasmonique. L'acide jasmonique et son ester méthylique sont responsables de la synthèse des enzymes qui produisent les phytoalexines. Notons au passage que l'acide jasmonique, synthétisé à partir de l'acide linoléique, est un analogue structural des prostaglandines (Bonnemain et. Chollet 2003).

Les phytoalexines Ce sont des composés dérivés du métabolisme secondaire des plantes qui présentent une action antimicrobienne et sont inductibles au cours de la réaction d'hypersensibilité ou lors de la résistance systémique acquise (SAR) (Jwa et *al.*, 2006)

➤ Voie de l'acide salicylique et production de protéines PR

Les protéines de défense les plus connues sont les protéines PR (*pathogenesis related*). Elles ont la propriété de résister à l'activité de protéases issues de la plante ou du pathogène. Elles peuvent attaquer l'agresseur, comme les chitinases capables de dégrader la paroi des pathogènes (Amborabé et al., 2004). La voie de signalisation principale conduisant à leur synthèse est celle de l'acide salicylique. Cette molécule dérivée de la phénylalanine (et précurseur de l'aspirine) joue un rôle clé de messenger secondaire dans la mise en place des défenses de la plante. Des études tendent à montrer que l'acide salicylique est le signal responsable de l'établissement de la SAR, mais cela reste à prouver.

Des chercheurs ont cependant observé son accumulation dans les plantes suite à une infection locale (Malamy et al., 1990), (Métraux et al., 1990) mais il ne semble pas agir de façon systémique dans la plante (Gaffney et al., 1993). Il participerait également à la réaction HR et au confinement de l'agresseur sur le site primaire (Kauffmann et al., 2001).

5.3. Caractéristiques générales des SDN

Les SDN ont par nature des caractéristiques en commun. Ainsi, ils sont inactifs sur l'agent pathogène puisqu'ils agissent sur la plante. Ce critère est très fréquemment utilisé en laboratoire pour les discriminer. Par exemple, l'équipe de M. Couderchet a travaillé sur un SDN qui est inactif si appliqué directement sur le champignon *Botrytis cinerea*, même à très forte dose (Couderchet et al., 2003). Deuxième caractéristique, les changements observés au niveau biochimique sont identiques à ceux naturellement présents dans les plantes. C'est également un critère utilisé au laboratoire, avec une dimension quantitative puisque la mesure de ces molécules qui marquent une résistance induite renseigne sur l'efficacité du SDN. Les molécules mesurées peuvent être des protéines PR (AMBORABÉ et al., 2004), (Couderchet et al., 2003), (Le Floch et al., 2003), une enzyme intervenant dans la synthèse de l'acide salicylique, la PAL (Amborabé et al., 2004), une phytoalexine (Jeandet et al., 1996), ou des peroxydases qui participent à la production d'espèces actives de l'oxygène (Le Floch et al., 2003). Une commission de l'Association française de protection des plantes (AFPP) est même actuellement en réflexion pour décider si l'évaluation du pouvoir des SDN peut se faire sur la base de ces marqueurs induits du métabolisme des voies de défense des plantes.

À ces caractéristiques intrinsèques s'ajoutent des propriétés qui leur sont liées. Ainsi, les SDN sont généralement dépourvues de toxicité pour les êtres vivants et pour l'environnement et complètement biodégradables (Le Floch et al., 2003).

CHAPITRE II:

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Objectifs

Dans le cadre de la recherche sur de nouveaux procédés en phytoprotection et de la lutte biologique. La biofertilisation foliaire offre une certaine éventualité de bioprotection par, l'utilisation de nouvelles formulations des stimulateurs de défenses naturelles.

L'objectif visés dans ce travail sont : mettre en évidence l'effet de l'utilisation des différents biofertilisants (jus de lombricompost (brut et formulée), le jus de lombricompost fermenté (brut et formulée) et les algues marine) en temps qu'application foliaires sur les plantes cultivées de fève et démontrer son effet sur la fluctuation temporelle des populations de puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

II.1. Conditions expérimentales

II.1.1. Préparation du matériel végétal

Notre essai a commencé par la réalisation d'un semis de fève effectué au niveau de Département des Sciences Agronomiques de l'Université SAAD DAHLEB de BLIDA dans une chambre de culture contrôlée; située au niveau du laboratoire de phytopharmacie, cette dernière nous a servi également de chambre d'infestation.

Le semis a été effectué à la fin du mois de janvier débute février dans des pots contenant 300cm³ de mélange de terre et de tourbe (Figure II 1). Les plants ont été régulièrement irrigués (tous les 2 à 3 jours) à l'eau du robinet.



Figure. II.1 : Obtention du matériel végétal (originale, 2013)

II.1.2. Préparation du matériel animal

Le matériel animal provenant essentiellement des feuilles de fève et des adventices infestés par le ravageur *Aphis fabae* a été récolté au niveau des serres de Département des Sciences Agronomiques de l'Université SAAD DAHLEB de BLIDA,

Au niveau de la chambre de culture, nous avons procédé à l'infestation par la mise en place de ces feuilles infestés sur les plants de fève sains déjà disposés sur les étagères (Figure I.2)

Afin d'assurer une bonne infestation, les modules ont été entièrement recouverts par du tulle à plat jouant le rôle d'une barrière physique dans le but de contenir l'infestation. Des ouvertures sont alors préconisées pour le suivi régulier de la culture et de l'évolution de l'infestation .Au bout d'une semaine, l'infestation a commencée à être visible (Figure II 2).



Figure II.2: Aspect général du module d'infestation et d'entretien des colonies d'*Aphis fabae* (Original, 2013).

II.1.3 Biofertilisants utilisés

Nos traitements ont comportés deux biofertilisants, un jus de lombricompost (brut et formulée) et un jus de lombricompost fermenté (brut et formulée) en comparaison avec un biofertilisant à base d'algues marines. Les trois traitements ont été utilisés en

forme liquide dilués dans l'eau et pulvérisés sur feuilles à des doses de 10/1 (biofertilisant ml/eau l).

Tout d'abord on a commencé par le jus de lombricompost qui est une formulation liquide. Et en fin un biofertilisant à base d'algues marines, il s'agit d'une solution à base d'algues marines.



**Figure II.3 : lombricompost issu d'une fermentation solide
(Original, 2013)**

II.1.4. Présentation de la chambre de culture

C'est une chambre en dur équipée de deux lampes à sodium avec une lumière blanche de 300 watt chacune, reliées à une minuterie assurant une photopériode de 13h (de 9h à 22h). Le plafond est recouvert d'une couche d'aluminium pour une réflexion maximale de la lumière (Figure II .4).

On y trouve également un chauffage électrique (bain d'huile) muni d'un thermostat pour maintenir une température ambiante comprise entre 25 et 30 °c ainsi qu'un thermo-hygromètre nous permettant de vérifier quotidiennement la température et l'hygrométrie qui est comprise entre 60 et 70%.

Aussi, 3 modules à structure métallique comprenant chacun 3 étagères en verre sont recouvertes de film plastique transparent et sont installés dans la chambre pour y déposer les plants des fèves.



Figure II.4 : Présentation générale de l'hortibox

II.2. Etude in vivo du pouvoir insecticide des biofertilisants :

Le présent aspect d'étude a été réalisé dans un Hortibox ou chambre de culture. C'est une structure tubulaire de dimension 80x80x1,60 m spécialement conçue pour un rendement maximum sur 1 m² de surface. L'intérieur est entièrement doublé en Mylar Diamond, pour une meilleure réflexion, 100 % hermétique à la lumière externe.

L'ampoule horticole (haute pression sodium). MH (métal halide) pour la croissance, d'une puissance de 400w. Elle ne produit que très peu de chaleur Le spectre lumineux de cette ampoule permet une croissance optimale avec un flux lumineux de 40 500 lumens. Un brumisateuse ultrasonique à vapeur froide. Il programme l'humidité choisie, dispose d'une Bec diffuseur pivotant pour orienter le flux d'humidité avec un ventilateur intégré. Par ailleurs, il est muni d'un extracteur qui permet de ventiler correctement notre chambre de culture indoor et relié à un thermostat variateur qui permet de réduire la vitesse d'un inducteur ou d'un extracteur en fonction de la température choisie.

II.2.1. Evaluation de différentes formulations de biofertilisants

Pour l'évaluation du pouvoir insecticide des différentes formulations de biofertilisants, nous avons commencé par la récupération de 18 pots de plants infestés de la chambre de culture qui ont été numérotés de 1 à 18.

Ainsi, pour chaque plant, nous avons vérifié sous loupe binoculaire les infestations puis nous avons compté le nombre de larves adulte aptère et adulte ailé existantes sur la plante.

A la fin du comptage, ces plants sont soigneusement mis dans un hortibox qui n'est autre qu'une petite enceinte conçue pour effectuer les différents traitements en présentant les mêmes conditions (T°, H% et photopériode) que la chambre de culture afin d'éviter tout stress pour la plante et pour son bioagresseurs en dehors des conditions de l'expérimentation.

L'efficacité de différentes formulations de biofertilisants a été évaluée selon les procédés suivant :

A l'aide d'une pipette, nous avons prendre 5 ml des différentes formulations de biofertilisants (dose de traitement) dans 500ml d'eau.

Les différentes formulations de biofertilisants ont été entièrement appliquées par pulvérisations foliaires sur les plants des fèves infestés, à l'aide d'un vaporisateur manuel. Une fois l'application du traitement terminée, l'hortibox a été de suite refermé.

L'évolution des infestations a été suivie pour chaque plant traité en comptant sous loupe binoculaire le nombre de larve adulte aptère et ailé vivante après 3 jours en comparaison avec l'état d'infestation initiale. Ce procédé a été répété chaque 2 jour pendant une période de 20 jours après traitement.

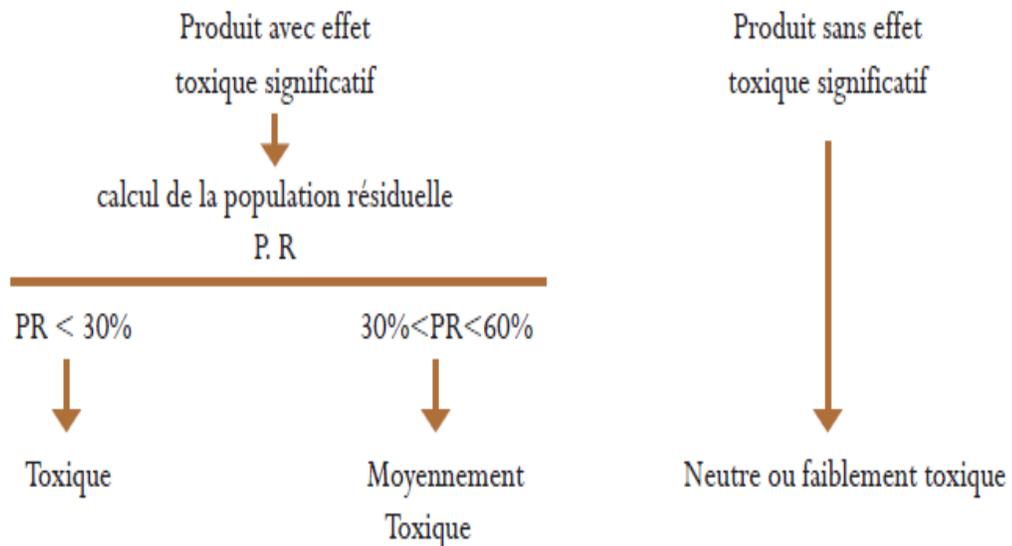
II.2.4. Estimation de l'activité insecticide des biofertilisants

➤ Calcul de la densité des pucerons *Aphis fabae*

C'est (le nombre de pucerons par plante / (la longueur de plante), exprimée en nombre d'individu par cm.

➤ Evaluation des populations résiduelles d'*Aphis fabae*

L'évaluation de l'effet des traitements appliqués a été estimée par la comparaison des populations résiduelles (P.R.) selon le Test de DUNNETT (Magali, 2009).



$$PR = \frac{\text{Nb de formes mobiles (NFM) par traitement} \times 100}{\text{Nb de formes mobiles par témoin (eau)}}$$

P.R. <30% molécule toxique.

30% < P.R <60% molécule moyennement toxique.

P.R > 60% molécule neutre ou faiblement toxique.

II.3. Analyse statistique des données

II 3 1. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer et al, 2001)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Dans cette analyse, les abondances et les densités des populations du puceron noir de la fève sont groupées selon leur réaction aux différents produits appliqués. A partir des trois premiers axes de l'analyse factorielle, une classification ascendante hiérarchique de la disponibilité temporelle en fonction des matières biologiques appliquées est réalisée dans le but de détecter des tendances des efficacités.

II.3.2. Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (Type de traitements et abondance du bioagresseur), il est préconisé de réaliser une analyse de variance. Dans les conditions paramétriques (ANOVA pour Analysis of Variance), la distribution de la variable quantitative doit être normale. Dans certains cas, une transformation logarithmique a été nécessaire afin de normaliser cette distribution. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

II.3.3. Test croscorrélation (PAST vers. 1.37, Hammer et al, 2001)

La succession écologique des populations globales et des formes biologiques du puceron noir *Aphis fabae* dans les blocs traités ont été étudiée en calculant le barycentre ou l'abondance maximale. Le temps d'installation écologique (ou « Lag ») qui estime la succession a été évalué par le test de crosscorrelation. Le déroulement de la procédure est réalisé par le logiciel (Past vers. 9.1)

CHAPITRE III:

RESULTATS

CHAPITRE III : RESULTATS

Les résultats relatifs aux effets des différents biofertilisants utilisés (biofertilisant de jus de lombricompost (brut et formulé) et biofertilisant de jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) en comparaison avec un biofertilisant à base des algues marines sur l'état phytosanitaire de *Vicia fabae* sont présentés dans ce chapitre.

1. Evaluation de l'efficacité des différentes biofertilisants sur la disponibilité et sur la densité des populations du puceron noir de la fève *Aphis fabae*

1.1. Variation temporelle de l'abondance et de la densité des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des différents des biofertilisants

La tendance générale de l'évolution temporelle des abondance et des densités des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des différentes biofertilisants (Figure 1) montre une efficacité démarquée du jus de lombricompost formulé et brute (Biofert BF, Biofert B), du jus de lombricompost fermenté brute et formulé (Biofert FS, Biofert FSF) et de l'extrait d'algues marine (ALM) par rapport au témoin (TM) et ceci à partir du troisièmes jour après l'application.

Le graphe (figure III 1a) montre l'évolution temporelle des abondances des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des différents biofertilisants à base de Jus de lombricompost (brut et formulé), Jus de lombricompost fermenté (brut et formulé), et l'extrais des algues marines.

D'après les résultats, on constate que l'ensemble des biofertilisants testées ont donné une diminution remarquable des abondances du puceron, mais l'extrais des algues marines présente un effet assez faible pendant les premiers jours de l'application. Le jus de lombricompost (brut et formulé), et le Jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) montre une efficacité temporelle assez importante durant les septes premiers jours, au delà de cette période nous remarquons une légère reprise des populations d'*Aphis fabae*.

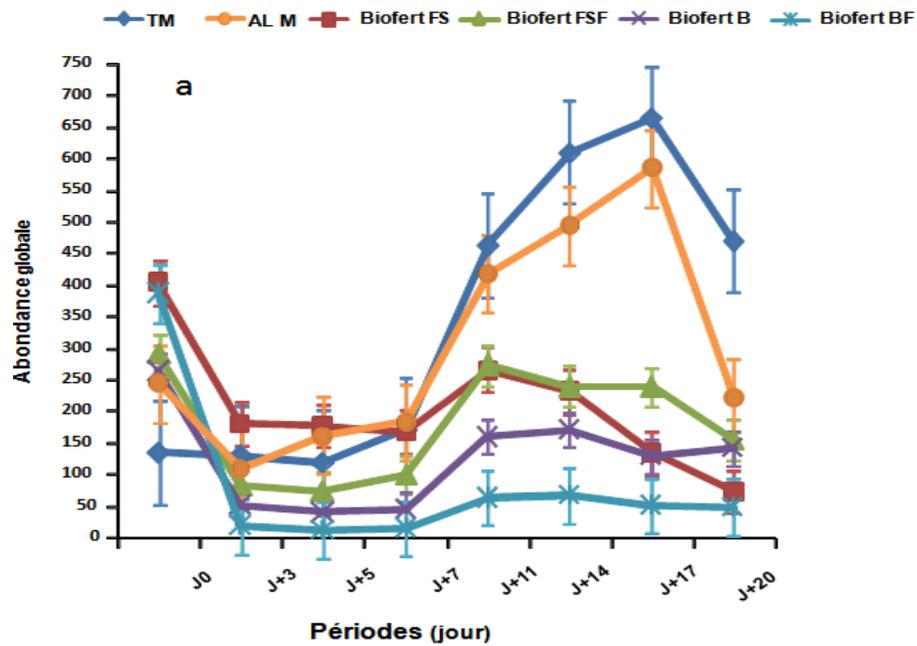


Figure III.1a : Evolution temporelle d'*Aphis fabae* sous l'effet de différents biofertilisants

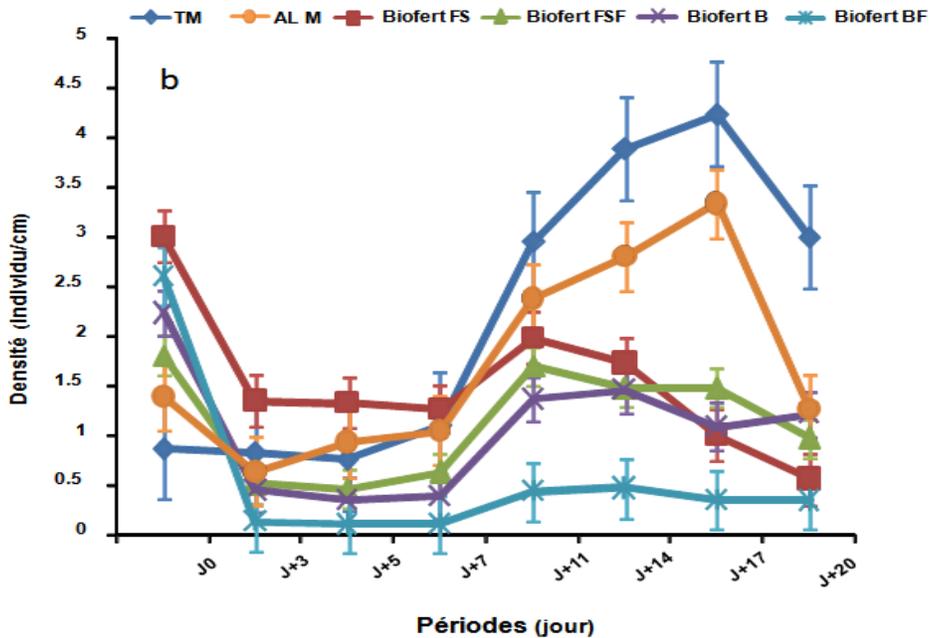


Figure III.1b : Evolution temporelle des densités d'*Aphis fabae* sous l'effet de différents biofertilisants

TM : Témoin, AL M : algue marine, Biofert FSF : Biofertilisant fermentation solide formulé, Biofert FSB Biofertilisant fermentation solide brute, Biofert B : Biofertilisant lombricompost brut, Biofert B F: Biofertilisant lombricompost formulé.

Le graphe (figure III.1b) présente l'évolution temporelle des densités des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet des différents biofertilisants foliaires utilisés (jus

de lombricompost(brut et formulé), jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) et les algues marines; on remarque que les différents traitements apportés par voie foliaire ont montré une diminution remarquable des densités des populations par rapport au témoin et cela à partir du troisième jour après application, avec un meilleur résultat pour le jus de lombricompost (formulé et brut) suivi du jus de lombricompost fermenté formulé et enfin le jus de lombricompost fermenté brut tandis que pour l'extrait des algues marines, il affiche une réduction moindre des densités. Signalant une reprise des densités plus remarquable pour l'extrait des algues marines à partir du cinquième jour après application, cependant les autres biofertilisants signalent une légère reprise des densités à partir du septième jour après application. Suivi par une deuxième diminution des densités à partir du onzième jour pour le jus de lombricompost (brut et formulé), le jus de lombricompost fermenté (brut et formulé), et à partir de dix-septième jour pour les algues marines jusqu'à la fin de suivi.

1.2 Tendance de l'efficacité des différentes formulations des biofertilisants sur l'abondance et la densité d'*Aphis fabae*

L'analyse en composantes principales, effectuée avec le logiciel PAST est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance sont exprimés sur les 2 premiers axes.

La C.H.A. (classification hiérarchique ascendant) prise à une similarité de (-2,5),(-2) montre l'existence de trois groupes.

La projection sur les premiers axes (57,879%), (57,901%) montre que la plus part des produits appliqués (le jus de lombricompost (brut et formulé) le jus de lombricompost fermenté formulé) agissent précocement sur l'abondance des populations d'*Aphis fabae*. Cette tendance de similarité d'effet toxique est confirmée par les valeurs du coefficient de PEARSON. Les valeurs du coefficient de corrélation de PEARSON montrent la présence d'une corrélation positive entre le jus de lombricompost brut, le jus de lombricompost formulé, et le jus de lombricompost fermenté formulé avec des valeurs respectives $r=0,5231$, $r=-0,5133$ et $r=0,4122$. (Figure III 2).

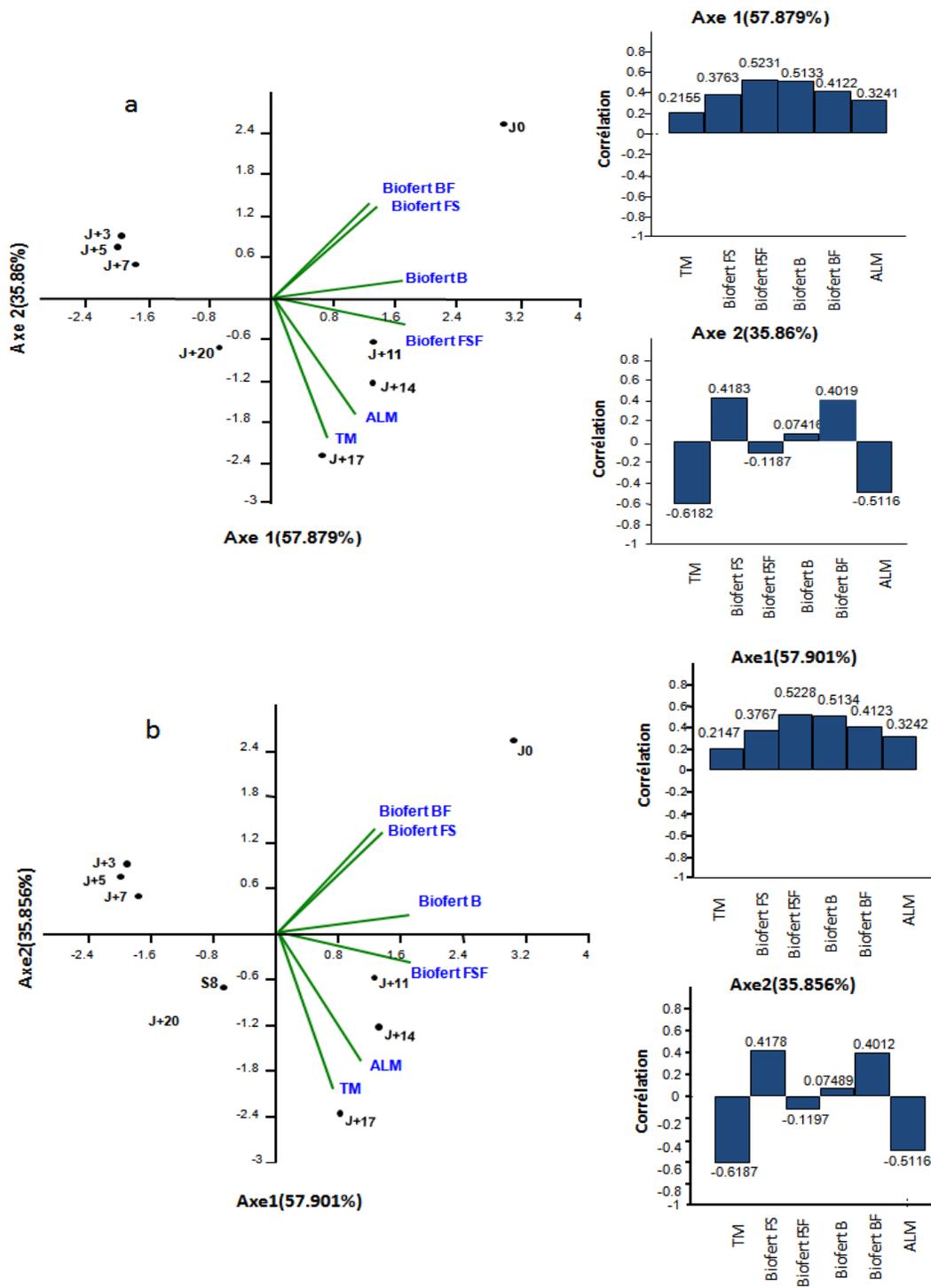


Figure III.2: Tendence de l'efficacité des différents biofertilisants sur l'abondance et la densité d'*Aphis fabae*

TM :Témoïn, **AL M** : algue marine, **Biofert FSF** : Biofertilisant fermentation solide formulé, **Biofert FSB** : Biofertilisant fermentation solide brute, **Biofert B** : Biofertilisant lombricompost brut, **Biofert B F**: Biofertilisant lombricompost formulé

1.3. Etude comparée de l'efficacité des différents biofertilisants sur l'abondance et la densité d'*Aphis fabae*

Le modèle général linéaire (G.L.M) a été utilisé afin de déterminer l'activité insecticide et stimulatrice des défenses naturelle des plantes (SDN) de différents biofertilisants sur l'abondance et la densité des populations d'*Aphis fabae*. Ce modèle nous a permis d'étudier l'effet individuel de chaque facteur sans l'intervention des interactions entre eux.

À partir des résultats obtenus par ce modèle, nous remarquons que la période de suivie présente une distinction significative sur l'abondance des populations d'*Aphis fabae* (F-ratio=3,532, $p = 0,002$, $p < 5\%$) (Tableau III 1).

D'après les résultats obtenus nous enregistrons que les traitements par les différents biofertilisants présentent une différence hautement significative sur l'abondance des populations d'*Aphis fabae* (F-ratio=4,957, $p=0,000$, $p < 1\%$) (Tableau III 1).

Tableau III.1: Résultats du modèle G.L.M. appliqué à l'effet temporel de différents biofertilisants sur l'abondance d'*Aphis fabae*

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	p
Périodes	1202509,326	7	171787,047	3,532	0,002*
Traitements	1205684,063	5	241136,813	4,957	0,000**
Var, intra	6371972,549	131	48641,012	-	-

** très hautement significative $p < 0,001\%$, * : significative $p < 0,5\%$; NS : Non significative

2. Evaluation de l'efficacité des différents biofertilisants sur les populations résiduelles du puceron noir de la fève *Aphis fabae*

2.1. Variation temporelle de l'efficacité des différents biofertilisants sur les populations résiduelles d'*Aphis fabae*

Les populations d'*Aphis fabae* sont soumises à des applications par un jus de lombricompost brut et formulé et un jus de lombricompost fermenté brut et formulé et un biofertilisant à base d'algues marines.

L'évolution temporelle des populations résiduelles d'*Aphis fabae* montre que les produits appliqués présentent une efficacité importante pour le jus de lombricompost brut et formulé et le jus de lombricompost fermenté brut et formulé et modérée pour l'extrait des algues marines à partir de troisième jour, et une rémanence assez longue pour le jus de lombricompost brut et formulé et le jus de lombricompost fermenté brut et formulé. La rémanence de la toxicité moyenne des algues marines se dissipe dès le 14 jour d'application où on enregistré une reprise biocénotique des populations résiduelles du puceron de la fève (Figure III 4).

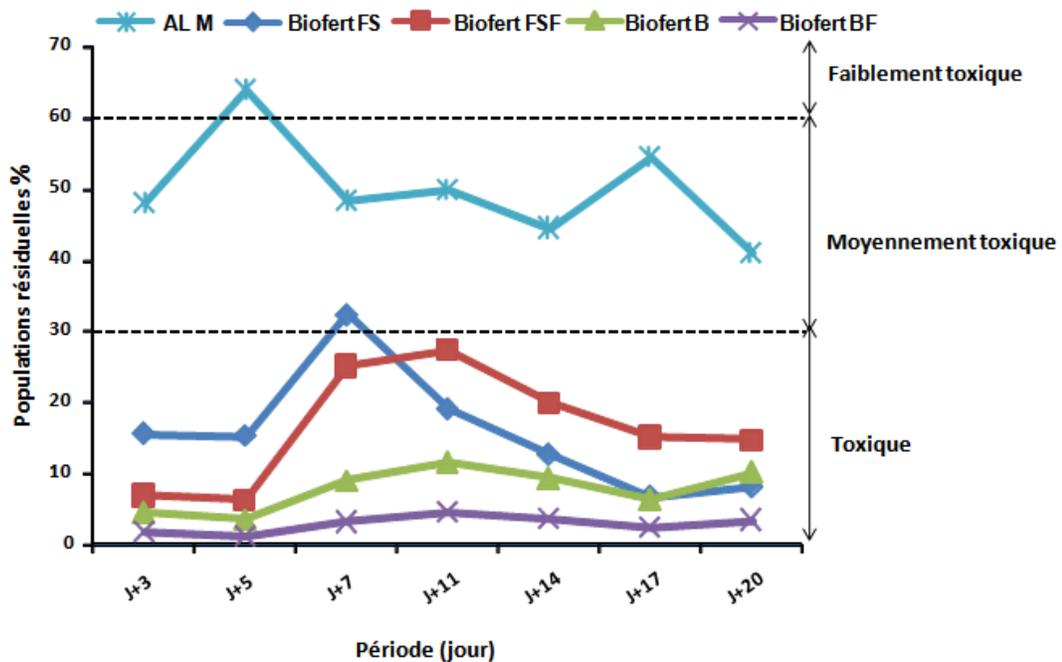


Figure III.4: l'évolution temporelle de populations résiduelles d'*Aphis fabae* sous l'effet de différents des biofertilisants

TM : Témoin, AL M : algue marine, Biofert FSF : Biofertilisant fermentation solide formulé, Biofert FSB : Biofertilisant fermentation solide brute, Biofert B : Biofertilisant lombricompost brut, Biofert BF : Biofertilisant lombricompost formulé.

2.3. Etude comparée de l'efficacité des différents biofertilisants sur les populations résiduelles d'*Aphis fabae*

Les résultats du GLM montrent que le temps ne présente pas une tendance à la significativité entre l'effet des différents biofertilisants sur les populations résiduelles (F-ratio=0,850 ; p=0,535; p>5%) (Tableau III.2).

En revanche, l'effet des traitements affichent une différence très hautement significatif (Fratio=12.389 ; p=0,000 ; p<0,1%) (Tableau III.2) des taux des populations résiduelles dont l'efficacité la plus marquée est enregistrée pour le jus de lombricompost (brut et formulé) et le jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) alors que l'extrait des algues marines présent une tendance à la toxicité moyenne (Figure III.6).

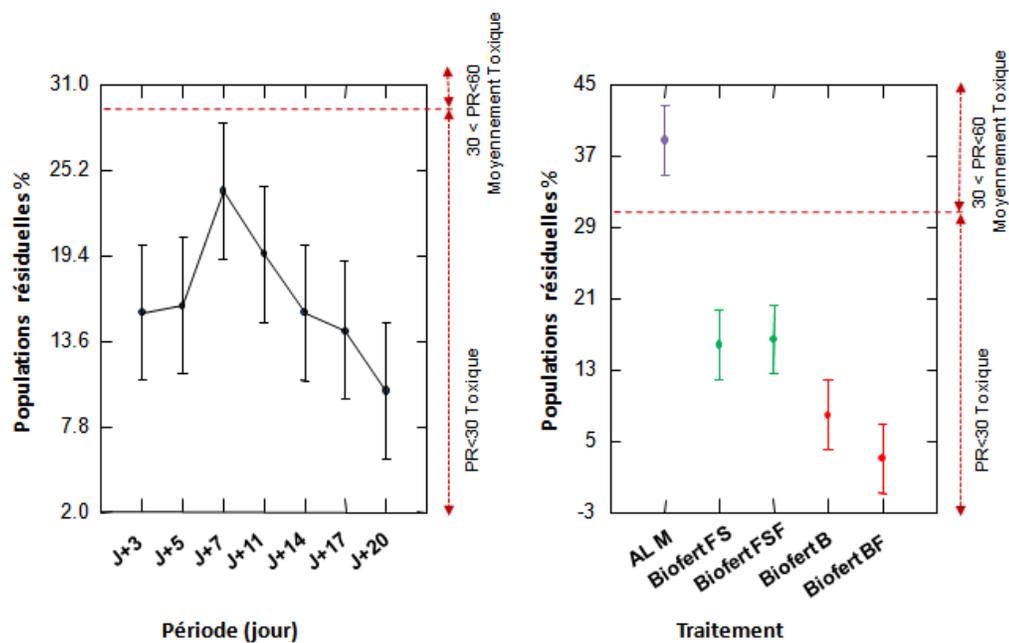


Figure III.6 : Etude comparée de l'efficacité des différents biofertilisants sur la disponibilité des populations du puceron noir de la fève (*Aphis fabae*)

AL M : algue marine, **Biofert FSF** : Biofertilisant fermentation solide formulé, **Biofert FS** : Biofertilisant fermentation solide brute, **Biofert B** : Biofertilisant lombricompost brut,

CHAPITRE IV :

DISCUSSION GENERALE

. Cette hypothèse avancée rejoint les nombreux travaux qui se sont intéressés à l'utilisation de certaines molécules, appelées éliciteurs, d'origine végétale ou microbienne, ou encore des composés organiques ou minéraux (peuvent servir de signal à la plante pour déclencher des réactions de défense naturelles de celle-ci, et ainsi d'être en état de résistance vis-à-vis d'un bioagresseur auquel elle serait normalement sensible. La connaissance approfondie de ces mécanismes de défense a permis le développement et l'utilisation de produits phytosanitaires qui n'agissent plus directement sur la cause du stress, mais qui présentent la propriété d'agir indirectement par la stimulation des mécanismes de défense naturelle (Kuc, 2000 ; Fillon 2010 ; Pajot, 2010).

Les biofertilisants enrichissent la nourriture de la plante mais l'on a également découvert qu'ils protègent la plante en agissant comme mécanisme de défense. Cette défense pourrait être due à différents facteurs, à savoir, par exemple, qu'une plante mieux nourrie est plus résistante, comme soutenu par la théorie de la trophobiose. Si une plante est dotée de tous les éléments qui lui sont nécessaires, en quantités suffisantes et au bon moment, elle réunit toutes les conditions requises pour se défendre contre l'attaque des insectes, les acariens, les nématodes, les champignons, les bactéries. Aussi, les biofertilisants étant un produit vivant, les microorganismes qu'ils renferment peuvent aider à lutter contre les micro-organismes nuisibles qui attaquent la plante (Primavesi, 1989). La composition de la fertilisation peut influencer la présence dans la plante de certains composés toxiques pour les bioagresseurs, ainsi que le renforcement des parois cellulaires d'après Nicot (2009). En Argentine, les fermiers qui utilisent le lombricompost considèrent qu'il est sept fois plus riche que le compost). La littérature s'accorde quant aux bienfaits du lombricompost qui stimule la croissance, le rendement et la résistance aux maladies et même à la capacité insectifuge (Bogdanov, 2004). Selon Chamel et Gambonnet (1980), l'utilisation du lombricompost par pulvérisation foliaire sur des plants de fèves a conduit une forte diminution des densités des formes biologiques du puceron noir de la fève *Aphis fabae*, surtout la dilution du 10% , ceci peut être expliqué par certains travaux qui rejoignent nos résultats par la susceptibilité de ces produits d'enrichir la plante dans le, ou les éléments contenus dans leur formule, et il semble bien que les répercussions à en atteindre le métabolisme des ravageurs. de réduire encore plus le nombre de traitements fongicides grâce au gain d'efficacité.

L'apport d'extrait d'algue confère aux plantes une plus forte résistance au froid. Quelques articles décrivent une résistance accrue des plantes aux maladies fongiques en réponse à la pulvérisation d'extraits d'algues. Les extraits d'algues confèrent également une protection des plantes contre les attaques des insectes. La fécondité de certains insectes seraient aussi réduite suite à l'application de ces extraits d'algues (Booth, 1964; Booth, 1966; Stephenson, 1966; Senn & Kingman, 1978).

Bien que l'hypothèse avancée n'est pas trop documentée, mais les seules travaux qui ont signalé un effet analogue sont ceux de Vereschagina et Schaposhnikov (1998) dont les recherches démontrent clairement l'existence d'une corrélation entre la fréquence d'individus ailés de pucerons et la qualité de la plante hôte. De son côté Sutherland (1967) estime que l'abondance des formes biologiques des pucerons serait liée à la phénologie de la plante hôte. D'une manière générale, une baisse de la qualité de la plante induit la production d'individus ailés (Dixon et Glen, 1971; Müller *et al.*, 2001).

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Conclusion et Perspectives

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet comparé des différents biofertilisants, sur la stimulation des défenses naturelles et sur l'installation des populations d'*Aphis fabae* il nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats obtenus semblent être intéressants, toutefois, ils dénotent que les traitements relatifs aux applications foliaires du biofertilisant à base du jus de lombricompost (brut et formulé) et du jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) et des algues marines induisant une réduction des densités des populations d'*Aphis fabae*

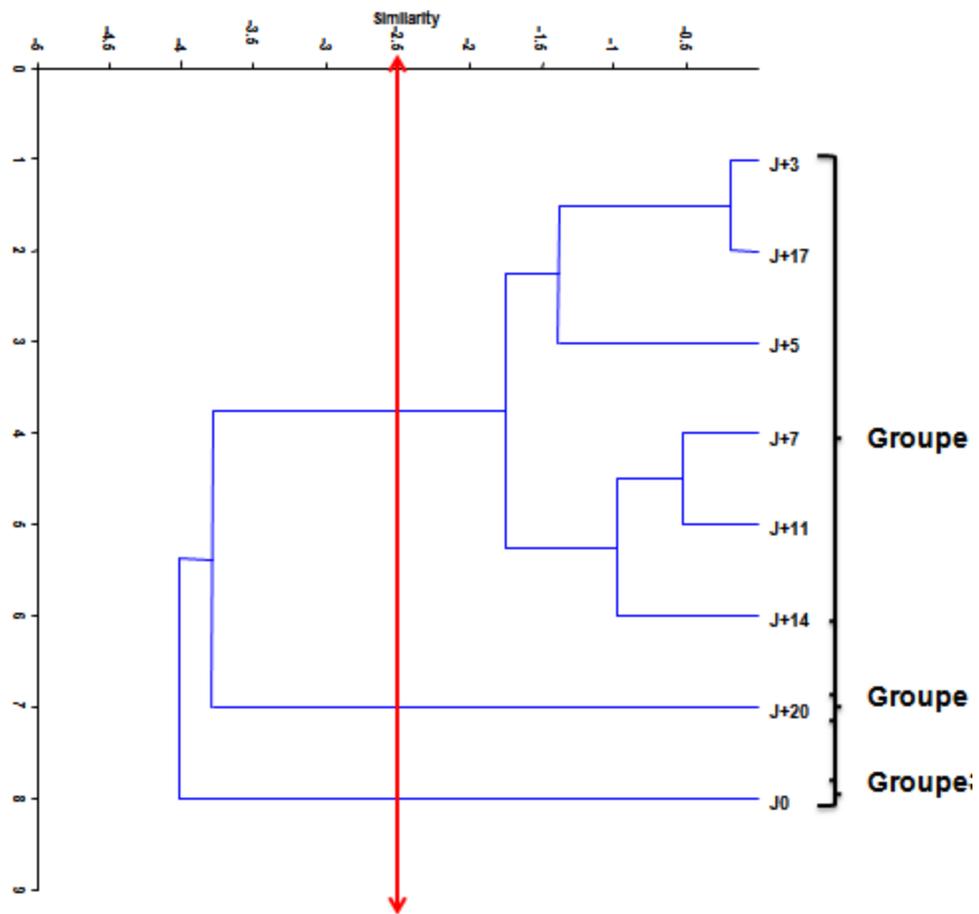
Les applications réalisées font remarquer que les biofertilisants ont arboré une nette diminution des abondances et des densités des populations du puceron noir par rapport au témoin, avec une meilleure efficacité pour le jus de lombricompost (brut et formulé) suivi du le jus de lombricompost fermenté (brut et formulé). En revanche, l'extrais des algues marines affichait un effet moins considérable dont nous signalons une légère reprise biocénétique des abondances et des densités suivi par une rechute jusqu'à la fin du suivi.

Les mêmes effets se font remarquer pour les populations résiduelles d'*Aphis fabae* où l'évolution temporelle montre une toxicité plus marquée pour le jus de lombricompost (brut et formulé) et le jus de lombricompost fermenté (brut et formulé) alors que l'extrait des algues marines présente une tendance à la toxicité moyenne

Les résultats obtenus montrent que La population globale d'*Aphis fabae* s'installe en premier lieu dans le bloc traité par le biofertilisant à base de jus de lombricompost formulé, puis dans le bloc traité par le jus de lombricompost fermenté brut ,suivi par le bloc traité par le jus de lombricompost brute, suivi par le bloc trait par l'extrais des algues marines, puis le bloc traité par le jus de lombricompost fermenté formulé, et en dernier lieu dans le bloc témoin .De même pour la succession des larves d'*Aphis fabae* où Ils ont installé premièrement dans le bloc traité par le jus de lombricompost formulé puis dans le bloc traité par le jus de lombricompost fermenté brut suivi par le lombricompost brut puis le jus de lombricompost fermenté formulé suivi par le bloc traité par les algues marines et en fin le bloc témoin.

Il y a lieux de noter que l'apparition des adultes ailés qui s'installe en premier lieux dans le bloc traité par le jus de lombricompost formulé suivi par le bloc traité par le jus de lombricompost fermenté brut et les algues marines, puis le jus de lombricompost brut , le biofertilisant fermentation solide formulé et en fin le bloc non traité.

ANNEXE



**Annexe 1 : classification hiérarchique ascendant (C.H.A.) sur
Les traitement par les différents biofertilisants**

La densité des populations d'*Aphis fabae*

sortie	répétition	TM	BiofertFS	BiofertFSF	BiofertB	BiofertBF	ALM
J0	R1	0.34591195	1.72469636	0.78034682	1.8781362	1.60677966	1.50125945
J0	R2	0.90853659	2.95733912	1.38316583	3.51515152	1.7672956	1.21442125
J0	R3	1.41216216	4.16027875	1.48744366	1.28431373	4.62633452	1.52601156
J+3	R1	0.83647799	0.19433198	0.65895954	0.29390681	0.12881356	0.12594458
J+3	R2	0.31097561	3.06579899	0.04396985	1.03030303	0.20125786	0.17077799
J+3	R3	1.39864865	0.71080139	0.8499678	0.02941176	0.09964413	1.65317919
J+5	R1	0.55345912	0.28340081	0.49710983	0.43010753	0.10847458	0.13602015
J+5	R2	0.32926829	3.18148952	0.03768844	0.58008658	0.03773585	0.31625553
J+5	R3	1.50675676	0.45993031	0.86928525	0.00980392	0.18505338	2.41040462
J+7	R1	1.64779874	0.32388664	1.07514451	0.44444444	0.09491525	0.13098237
J+7	R2	0.62195122	3.37671728	0.10050251	0.53679654	0.02515723	0.27197976
J+7	R3	1.08783784	0.03484321	1.26851256	0.01960784	0.24911032	2.83815029
J+11	R1	4.13836478	1.37651822	2.94219653	1.21863799	0.1220339	0.09571788
J+11	R2	3.7804878	3.32610268	0.73492462	2.3982684	0.19496855	0.41113219
J+11	R3	2.18243243	1.2195122	3.37411462	0.41176471	1.05338078	6.8265896
J+14	R1	4.71069182	1.81376518	2.29479769	1.7562724	0.10169492	0.19143577
J+14	R2	3.7804878	2.58857556	0.55276382	2.35497835	0.40251572	0.62618596
J+14	R3	3.16891892	0.84320557	3.98583387	0.06862745	0.93950178	7.8150289
J+17	R1	5.24528302	1.15789474	2.41040462	1.40501792	0.31864407	0.44332494
J+17	R2	4.02439024	1.39551699	0.51507538	1.50649351	0.45283019	1.600253
J+17	R3	3.43918919	0.51567944	2.71732131	0.23529412	0.28469751	8.23121387
J+20	R1	4.21621622	0.71255061	1.64739884	1.12544803	0.27118644	0.2720403
J+20	R2	2.26829268	0.67245119	0.86055276	1.84415584	0.3081761	0.62427746
J+20	R3	2.86486486	0.32055749	1.89954926	0.65686275	0.46975089	2.95953757

Annexe 2 : La densité des populations d'*Aphis fabae*

Table des matière

INTRODUCTION GÉNÉRALE	01
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
1 La nutrition minérale des plantes.....	03
1.1. Généralités sur les nutriments minéraux	03
1.2. Absorption des nutriments.....	05
1.2.1 Importance de l'Azote	06
1.2.2. Importance de phosphore :.....	07
1.2.3. Importance du fer chez les végétaux	07
2. Effets de la nutrition de la plante sur la santé végétale.....	08
3. Les engrais.....	09
3.1. Les engrais minéraux	09
3.1.1. Les engrais organo-minéraux.....	11
3.1.2. Les engrais organiques:	11
3.1.3. Les amendements organiques	11
3.1.4. Les supports de culture.....	11
3.2. Les engrais végétaux (les purins).....	12
4. Lombricompost	13
4.1. Introduction.....	13
4.2. Le ver du compost.....	13
4.3. Lombricompost issu de la lombriculture.....	15
4.3. Systèmes de lombriculture.....	16
4.3.1. Système horizontal.....	16
4.3.2. Compostières verticales.....	17
4.4 vermicompostage.....	18
4.5. Définition du compost.....	18
4.6. La valeur du lombricompost	19

5. Stimulation des défenses naturelles des plantes (SDN).....	22
5.1. Mécanismes généraux.....	22
5.1.1. Défense passive.....	22
5.1.2. Défense active	22
5.2. Voies de signalisation et réactions de défense	23
5.3. Caractéristiques générales des SDN.....	24
Chapitre II : Matériel et méthodes	
1. Conditions expérimentales.....	26
1.1. Préparation du matériel végétal.....	26
1.2. Préparation du matériel animal.....	26
1.3 Biofertilisants utilisés	27
1.4. Présentation de la chambre de culture.....	27
2. Etude in vivo du pouvoir insecticide des biofertilisants :.....	29
2.1. Evaluation de différentes biofertilisants	30
2.4. Estimation de l'activité insecticide des biofertilisants.....	32
3 Analyses statistiques.....	32
3 1 Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	32
3 2. Analyses multivariées (PAST vers. 1.37, Hammer <i>et al</i> , 2001).....	33
3 3.Corrélations-régressions (PAST vers. 1.37, Hammer <i>et al</i> , 2001)	33
Chapitre II : Résultats	
1 1. Evaluation de l'efficacité des différentes biofertilisants sur l'abondance et sur la densité des populations du puceron noir de la fève <i>Aphis fabae</i>	34
1.1. Variation temporelle de l'abondance et de la densité d' <i>Aphis fabae</i> sous l'effet des différents des biofertilisants des populations.....	34
1.2. Tendance de l'efficacité des différentes formulations des biofertilisants sur l'abondance et la densité d' <i>Aphis fabae</i>	36
1.3 Etude comparée de l'efficacité des différentes biofertilisants sur l'abondance et la densité d' <i>Aphis fabae</i>	38

2. Evaluation de l'efficacité des biofertilisants sur les populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i>	40
2.1. Variation temporelle de l'efficacité des différentes biofertilisants sur les populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i>	40
2.2. Tendance de l'efficacité des différentes biofertilisants sur les populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i>	41
2.3. Etude comparée de l'efficacité des différentes biofertilisants sur les populations résiduelles d' <i>Aphis fabae</i>	42
3. Evaluation de l'effet des différentes biofertilisants sur l'ordre d'arrivée des populations du puceron noir de la fève <i>Aphis fabae</i>	43
3.1. Ordre d'arrivée écologique des populations globales d' <i>Aphis fabae</i> ...	43
3.2. Ordre d'arrivée écologique des populations larvaires	46
3.3. Ordre d'arrivée écologique des adultes ailées	49
CHAPITRE IV: DISCUSSION	51
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	55
Références bibliographique	
ANNEXE	