

UNIVERSITE DE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

Département d'Agronomie

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : **Protection des plantes et environnement**

EFFET D'UN LOMBRICOMPOST SUR LA QUALITÉ
PHYTOCHIMIQUE ET LA FITNESS DU PUCERON NOIR DE LA
FÊVE DANS LES CONDITIONS CONTROLÉES.

Par

Wisseem CHAICHI

Devant le jury composé de :

A. GUENDOUZ - BENRIMA	Professeur, U. S.D.B.	Présidente
L. ALLAL-BENFEKIH	MCA., U. S.D.B.	Examinatrice
Z.E. DJAZOULI	MCA., U. S.D.B.	Promoteur
Z. KRIMI	Professeur, U.S.D.B	Examinatrice
F.BOUNACEUR	MCB., U.I.K.Tiaret	Examineur

Blida, Octobre 2011

RESUME

La production intégrée en agriculture durable vise à améliorer l'efficacité des intrants biologiques à travers des formulations prolongeant la rémanence au champ ou l'incorporant des produits synergistes qui, étant eux-mêmes non toxiques aux doses utilisées, augmentent de beaucoup l'action protectrice de la viabilité des cultures. La lombriculture représente une technologie appropriée afin de valoriser les résidus de cultures et gérer durablement la santé végétale. L'étude a porté sur l'effet de la production saisonnière et les dilutions d'un lombricompost sur la fitness et la structuration populationnelle d'*Aphis fabae* en relation avec la qualité phytochimique saisonnière du support nourricier. Des variations des teneurs des molécules biochimiques et des éléments minéraux majeurs durant la phase d'expansion des feuilles ont été observées. Ces changements affectent la performance biologique ainsi que la densité des populations d'*A. fabae*. Les résultats ont permis de déceler un effet répressif du lombricompost sur la densité du puceron noir de la fève. Ils dénotent aussi une certaine variabilité des teneurs en réserves lipidiques et glucidiques chez les formes aptères obéissant à une transmutation saisonnière de la qualité phytochimique de *Vescia fabae*. Enfin, les résultats liés aux dosages des principes actifs affichent une nette corrélation entre les molécules biochimique, la modulation des réserves énergétiques et la fécondité chez les formes biologiques d'*A. fabae*.

Mots Clés : *Vescia fabae*, *Aphis fabae*, structuration populationnelle, réserves énergétiques, molécules biochimiques, éléments minéraux, fécondité, densité.

ABSTRACT

EFFECT OF VERMICOMPOST ON THE PHYTOCHEMICAL QUALITY AND THE FITNESS FOR THE BLACK APHID IN BROAD BEAN UNDER THE CONTROLLED CONDITIONS.

The integrated production in sustainable agriculture aims to improve the effectiveness of the biological inputs, using formulations extending the persistence in the field or incorporating it of the products synergists which, being themselves non toxics with the amounts used, increase by much the protective action of the viability of the crops. The vermiculture represents a suitable technology in order to develop the residues of crops and to manage vegetable health durably. The study related to the effect of the seasonal production and dilutions of vermicompost on the fitness and the population structure of *Aphis fabae* in relation to the seasonal phytochemical quality of the feeder support. Variations of the contents of the biochemical molecules and major mineral elements during the phase of leaf expansion were observed. These changes affect the biological performance as well as the density of the populations of *A. fabae*. The results revealed a repressive effect of vermicompost on the density of the black bean aphid. They indicate also a variability of the contents of fats and glucidic reserves at the apterous forms obeying a seasonal transmutation of the phytochemical quality of *Viscia fabae L.* Lastly, the results related to proportioning of the active principles poster a clear correlation between the molecules biochemical, the modulation of the energetic reserves and fruitfulness at the biological forms of *A. fabae*.

Key words: *Viscia fabae L.*, *Aphid fabae*, population structure, energetic reserves, biochemical molecules, mineral elements, fruitfulness, density.

ملخص

تأثير vermicompost على اختلاف النباتية الفول والمعلقات populational من fabae (Aphididae: الجناح HEMIPTERA : نصفيات) Aphip في ظروف خاضعة للرقابة

الانتاجية المتكاملة في الزراعة تهدف إلى تحسين و ترقية العناصر البيولوجية و ذلك باستخدام التركيبات البيولوجية من خلال استمرار توسيع في مجال المنتوجات التي تشتمل على synergists التي هي في حد ذاتها جرعات غير سامة ، و التي تؤدي الى رفع من اجرائات الوقاية و ذلك من اجل انتاج متكامل.

Vermiculture هي التكنولوجيا الملائمة لتعزيز مخلفات المحاصيل وإدارتها على نحو مستدام والصحة النباتية. وبحثت الدراسة تأثير الإنتاج الموسمي والتخفيفات من vermicompost على التركيبة السكانية من *Aphis fabae* فيما يتعلق بنوعية متوسطة المغذيات النباتية . التغيرات في مستويات الجزيئات الحيوية أثناء مرحلة لوحظت زيادة الإجازات ببقية الفول هذه التغيرات تؤثر على أداء البيولوجية وكثافة السكان من *A. fabae*. أظهرت النتائج وجود تأثير القمعية vermicompost على كثافة المن الحبة السوداء. وأخيرا، فإن النتائج ذات الصلة لقياس المكونات النشطة تظهر وجود علاقة واضحة بين جزيئات البيوكيميائية، والكثافة والخصوبة في الأشكال العضوية من الفول .

الكلمات الأساسية :

التركيبة السكانية، الفول، *Aphis fabae*. الجزيئات الحيوية . الخصوبة، الكثافة.

:

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail.

Je tiens à témoigner toute ma gratitude et mon respect au Professeur GUENDOUZ ATIKA qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ma soutenance.

J'adresse mes plus sincères remerciements au Dr. ALLAL-BENFEKIH LAILA et Professeur KRIMI ZOULIKA, ainsi Mr BOUNACEUR FARID ; qui ont bien voulu faire partie de mon jury de thèse. Je les remercie pour leur intérêt pour mon travail et pour m'avoir fait bénéficier de leurs conseils et de leur avis éclairé.

Un grand merci à mon promoteur Dr DJAZOULI Z. E. pour son aide et ses conseils, sans lui ce travail n'aurait pas été possible, et avec qui j'ai pu avoir de passionnantes discussions scientifiques.

Je tiens à remercier tout mes professeurs qui m'ont enseigné durant mes années universitaires car j'ai beaucoup appris avec eux. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma reconnaissance.

Mes remerciements à tous les étudiants qui ont contribué de près à la réussite de ce travail en particulier M^{lle} ABDELKADER SOUMIA et M^{lle} DJAMAI IMEN.

Je tiens à témoigner tout particulièrement ma sympathie à M^{elle} DJAMAI Amina et à M^{elle} FADIL Djamila pour leurs aides et pour leur disponibilité pendant

l'expérimentation ainsi que tout le personnel du laboratoire de zoophytatrie qui était toujours disponible et tous les chercheurs y compris les étudiants.

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

J'adresse ma plus profonde gratitude et tout mon amour à ma mère, mon père et mes frères, qui ont su me faire confiance et me soutenir en toutes circonstances au cours de mon cursus universitaire.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon mari, je lui exprime ici un 'immense merci' pour son amour, sa générosité, son soutien inconditionnel et sa confiance en moi.

Je remercie aussi très chaleureusement ma belle famille pour leur foi en mon travail et leurs encouragements qui m'ont été si précieux au cours de ces deux dernières années.

Je remercie, enfin et surtout, tous mes amis et tous mes proches qui, chacun à sa manière, de près ou de loin, m'ont soutenue durant mes années scolaires et universitaires.

DEDICACES

Cette thèse est dédiée à mes parents, à mon frère Rafik et sa femme Hanna et à mon frère Nabil ainsi que sa femme Samira et ses petites filles ;

A mon mari et ma belle famille.

A mes amies et collègues.

Cette thèse représente l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité.

Qu'ils en soient remerciés par cette sincère dédicace.

CHAICHI Wissem.

TABLE DE MATIERES

RESUME

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACES

SOMMAIRE

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION	18
CHAPITRE 1 : Nutrition minérale de la plante.....	22
1.1. Qu'est ce que la nutrition d'une plante?.....	22
1.2. Physiologie de la nutrition minérale	24
1.3. Interaction nutritionnelle des éléments minéraux.....	26
1.3.1. Eléments indispensables	27
1.3.2. Phosphore	28
1.3.2.1. Comportement dans les plantes	29
1.3.3. Potassium.....	29
1.3.3.1. Economie de l'eau et échanges gazeux.....	30
1.3.3.2. Divisions cellulaires.....	30
1.3.3.3. Comportement dans le végétal.....	30
1.3.4. Calcium	31
1.3.4.1. Rôles dans les parois cellulaires.....	31
1.3.5. Magnésium	31

1.3.5.1.	Magnésium de la chlorophylle.....	31
1.3.5.2.	Relations de Mg avec K et Ca. Comportement dans la plante.....	32
1.4.	Physiologie de la nutrition biochimique.....	33
1.4.1.	Les métabolismes primaires.....	36
1.4.2.	Les métabolismes secondaires.....	37
1.5.	Les variations des réserves énergétiques des aphides.....	42
1.6.	Effet de la nutrition sur le développement et la productivité de la partie verte.....	43
1.6.1.	Effet des facteurs sur le développement végétal.....	43
1.6.1.1.	Facteur externe	43
1.6.1.2.	Facteur chimique	44
1.6.1.3.	Facteur de productivité	44
1.7.	Effet de la fluctuation des éléments minéraux et des molécules biochimique sur l'attaque des ravageurs.....	45
CHAPITRE 2 : Biofertilisant.....		47
2.1.	Lombriculture, principe et importance.....	49
2.1.1.	Compostières horizontales.....	50
2.1.2.	Compostières verticales.....	51
2.2.	Les lombrics.....	52
2.3.	Gestion du lombricomposteur.....	53
2.4.	Rôle de la fertilisation.....	55
2.5.	Avantage des engrais biologiques.....	56
2.6.	Les avantages de l'utilisation du fumier de vers.....	57
CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES.....		58
3.1	Introduction.....	58
3.2.	Objectifs.....	58
3.3.	Conditions expérimentales.....	58
3.3.1.	Obtention des plantules de fève.....	59
3.3.2.	Obtention du lombricompost.....	59
3.3.3.	Infestation et entretien des populations d' <i>A.fabae</i>	61

3.4.	Méthodologie du travail.....	62
	Effets de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur la structuration des populations du puceron noir de la fève.....	65
3.4.1.	Effets de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur les traits de vie biochimique du puceron noir de la fève.....	66
3.4.2.	3.4.2.1. Extraction et quantification des réserves lipidiques.	66
	3.4.2.2. Extraction et quantification des réserves glucidiques.....	67
3.4.3.	Effets de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur la qualité phytochimique de la fève.....	67
	3.4.3.1. Extraction et quantification de la proline.....	67
	3.4.3.2. Extraction et quantification des flavonoïdes.....	68
	3.4.3.3. Extraction et quantification des sucres totaux.....	69
	3.4.3.4. Extraction et quantification de la chlorophylle.....	70
	3.4.3.5. Extraction et quantification des éléments minéraux	71
3.5.	Analyse statistique des résultats.....	72
3.5.1.	Analyses de variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009).....	72
3.5.2.	Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™).....	72
3.5.3.	Analyse multivariée (PAST vers. 1.37).....	73
CHAPITRE 4 : RESULTATS		74
4.1.	Effet du lombricompost estival sur la structure, la densité et les traits de vie biochimique des formes biologiques du puceron noir de la fève.....	74
4.1.1.	Variation des densités globales d' <i>Aphis fabae</i>	74
4.1.2.	Evolution comparée de la densité d' <i>Aphis fabae</i>	76
4.2.	Effet du lombricompost hivernal sur la structure et la densité des formes biologiques du puceron noir de la fève.....	84
4.2.1.	Variation de la densité globale d' <i>Aphis fabae</i>	84
4.2.2.	Evolution comparée de la densité d' <i>Aphis fabae</i>	86

4.3.	Etude comparée de la Variation de la densité d' <i>Aphis fabae</i> selon la production saisonnière du lombricompost.....	92
4.4.	Effet du lombricompost estival sur la structure des formes biologiques du puceron noir de la fève.....	93
4.4.1.	Variation des formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	93
4.4.2.	Evolution comparée des formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	98
4.5.	Effet du lombricompost hivernal sur la structure des formes biologiques du puceron noir de la fève.....	102
4.5.1.	Variation des formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	102
4.5.2.	Evolution comparée des formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	107
4.6.	Effets de la production saisonnière du lombricompost sur les traits de vie biochimique.....	111
4.6.1.	Evolution comparée des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet du lombricompost estival.....	112
4.6.2.	Evolution comparée des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet du lombricompost hivernal.....	115
4.7.	Effets de la production saisonnière du lombricompost sur la qualité phytochimique des feuilles de la fève.....	118
4.7.1.	Remaniement de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost estival.....	118
4.7.1.1.	Remaniement des molécules biochimiques actives.	118
4.7.1.2.	Remaniement des éléments minéraux majeurs.....	122
4.7.2.	Remaniement de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost hivernal.....	125
4.7.2.1.	Remaniement des molécules biochimiques actives.	125

4.7.2.2. Remaniement des éléments minéraux majeurs.....	130
4.8. Remaniement temporel de la qualité phytochimique sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost.....	134
4.9. Remaniement de la qualité phytochimique de la fève et des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost.....	135
CHAPITRE 5 : Discussion Générale.....	137
CONCLUSION GENERALE.....	152
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	154
APPENDICE.....	175

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET

TABLEAUX

Figure 1.1.	: Stratégie de défense de la plante contre les pathogène [36].....	34
Figure 1.2.	: Définition des différents types de flavonoïdes à partir du squelette flavane [69].....	40
Figure 1.3.	: La quercétine, un flavonol insecticide [69].....	41
Figure 1.4.	: Isoflavonoïdes de défense des plantes [69].....	42
Figure 2.1.	: Incidence d'application d'extrait d'algue sur le développement de l'infection du mildiou du poivron [113].....	49
Figure 2.2.	: Compostière horizontale [119].....	51
Figure 2.3.	: Compostière verticale [119].....	52
Figure 2.4.	: Les lombrics composteurs [119].....	53
Figure2.5.	: Schéma représentatif de l'utilisation du lombricompost sur la plante [69].....	55
Figure 2.6.	: Schéma explicatif de la fertilisation [87].....	56
Figure 3.1.	: Présentation du matériel biologique.....	59
Figure 3.2.	: Système d'obtention de lombricompost.	60
Figure 3.3.	: Processus d'obtention du lombricompost.....	61
Figure 3.4.	: Infestation des plantules.....	62

Figure 3.5.	: schéma directeur de l'effet de la production saisonnière du lombricompost sur la fitness d' <i>Aphis fabae</i> et la qualité phytochimique de <i>Vescia fabae</i>	64
Figure 3.6.	: Echantillonnage des plantules de fève.....	65
Figure 4.1.	: Taux des individus d' <i>Aphis fabae</i> selon les paramètres du traitement estival.....	75
Figure 4.2.	: Variation de la densité selon les paramètres affectant de traitement estivale.....	78
Figure 4.3.	: Graphes interprétatifs de l'effet des dilutions du lombricompost estival sur les formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	80
Figure 4.4.	: Graphes interprétatifs de l'effet du mode de traitement du lombricompost estival sur les formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	82
Figure 4.5.	: Graphes interprétatifs de l'effet de la période du traitement du lombricompost estival sur les formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	83
Figure 4.6.	: Densités des individus d' <i>Aphis fabae</i> selon les applications du lombricompost hivernal.....	85
Figure 4.7.	: Variation de la densité selon les différents apports du lombricompost hivernal	87
Figure 4.8.	: Graphes interprétatifs de l'effet des dilutions du lombricompost hivernal sur les formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	89
Figure 4.9.	: Graphes interprétatifs de l'effet du mode de traitement du lombricompost hivernal sur les densités des formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	90
Figure 4.10.	: Graphes interprétatifs de l'effet de la période du traitement du lombricompost estival sur les formes biologiques d' <i>Aphis fabae</i>	91
Figure 4.11.	: Variation de la densité d' <i>Aphis fabae</i> selon l'effet saisonnier du lombricompost.....	92

Figure 4.12(a, b).	: Fluctuation temporelle des populations larvaires(a) et des femelles ailées (b) sous l'effet du traitement estival du lombricompost.....	96
Figure 4.12 (c, d).	: Fluctuation temporelle des populations des males aptères (c) et des femelles aptères (d) sous l'effet du traitement estival du lombricompost.....	96
Figure 4.12 e	: Fluctuation temporelle des populations des males ailés sous l'effet du traitement estival du lombricompost.....	97
Figure 4.13 (a, b)	: Fluctuation temporelle des populations larvaires (a) et des femelles ailées (b) sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost.....	104
Figure 4.13 (c, d)	: Fluctuation temporelle des populations des males aptères (c) et des femelles aptères (d) sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost.....	105
Figure 4.13 e	: Fluctuation temporelle des populations des males ailés sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost.....	106
Figure 4.14 (a, b).	: Effet du traitement estivale du lombricompost sur les réserves énergétiques du témoin (a) et les réserves énergétiques traités avec le dilué du 10% (b) d' <i>Aphis fabae</i>	113
Figure 4.15 (a, b).	: Effet du traitement hivernale du lombricompost sur les réserves énergétiques traités avec le pure (a) et l'effet du traitement hivernale du lombricompost sur la densité d' <i>Aphis fabae</i> traité avec le dilué 5% (b) en fonction de leurs réserves glucidiques.....	116
Figure 4.16 (a, b, c, d).	: Remaniement des molécules biochimiques sous l'effet du lombricompost estival.....	120
	...	
Figure 4.17 (a, b, c).	: Remaniement des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost estival traité avec le pure (a), le (b) traité avec le dilué 5%, le (c) traité avec le dilué du 10%.....	122
Figure 4.18 (a, b, c, d).	: Remaniement des molécules biochimiques actives en tan que témoin (a), sous l'effet du lombricompost hivernal pure (b), le dilué 5% (c), le dilué 10% (d).....	128

Figure 4.19 (a, b, c).	: Remaniement des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost hivernal traité avec le pure (a), le (b) traité avec le dilué 5%, le (c) traité avec le dilué du 10%.....	131
Figure 4.20 (a, b).	: Analyse multivariée « ACP » représentant : le remaniement temporel de la qualité phytochimique de la fève sous l'effet de la production saisonnière hivernale (a) et estivale (b) du lombricompost.....	133
Tableau3.1.	: Méthode suivie pour l'obtention de la courbe standard de cholestérol [130].....	66
Tableau4.1.	: Résultats du modèle G.L.M. appliqué à la densité des populations des pucerons noirs de la fève <i>Aphis fabae</i> selon le traitement estival du lombricompost (N= 360).....	77
Tableau 4.2.	: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué des dilutions estivales et des formes biologiques (N= 360)	79
Tableau4.3.	: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué du mode de traitement et des formes biologiques (N= 360)	81
Tableau4.4.	: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué de la période et des formes biologiques (N= 360).....	83
Tableau4.5.	: Modèle G.L.M. appliqué à la densité des populations d' <i>Aphis fabae</i> selon le traitement hivernal du lombricompost (N= 360).....	87
Tableau4.6.	: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué des dilutions hivernales et des formes biologiques (N= 360).....	88
Tableau4.7.	: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué du mode de traitement et des formes biologiques (N= 360).....	90
Tableau4.8.	: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué de la période et des formes biologiques (N= 360).....	91
Tableau4.9.	: Analyses de la variance des larves sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi.....	98
Tableau4.10.	: Analyses de la variance des femelles ailées sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi.....	99

Tableau4.11.	: Analyses de la variance des femelles aptères sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi.....	100
Tableau4.12.	: Analyses de la variance des males ailés sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi.....	100
Tableau4.13.	: Analyses de la variance des males aptères sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi.....	101
Tableau4.14.	: Analyses de la variance des larves sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi.....	107
Tableau4.15.	: Analyses de la variance des femelles ailées sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi.....	108
Tableau4.16.	: Analyses de la variance des femelles aptères sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi.....	109
Tableau4.17.	: Analyses de la variance des males ailés sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi.....	110
Tableau4.18.	: Analyses de la variance des males aptères sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi.....	111
Tableau4.19.	: Les corrélations entre les réserves énergétiques, densité du puceron noir <i>Aphis fabae</i> sous le traitement estivale du lombricompost.....	114
Tableau4.20.	: Les corrélations entre les réserves énergétiques, densité des pucerons noirs <i>Aphis fabae</i> sous le traitement hivernale du lombricompost.....	121
Tableau4.21.	: Les corrélations de la qualité phytochimique sous l'effet du traitement estivale du lombricompost.....	114
Tableau4.22.	: Les corrélations des éléments minéraux majeurs sous l'effet du traitement	124

estival du lombricompost.....

Tableau4.23. : Les corrélations de la qualité phytochimique sous l'effet du traitement hivernale du lombricompost..... 129

Tableau4.24. : Les corrélations des éléments minéraux majeurs sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost..... 132

Tableau4.25. : Les corrélations de la qualité phytochimique de la fève et des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost..... 136

INTRODUCTION

Les impératifs de rentabilité, qui imposent des rendements élevés en produits végétaux de qualité, associés à la spécialisation des cultures par région, font de la protection des plantes une activité vitale en agriculture et en foresterie. La lutte contre les ennemis des cultures a fait d'énormes progrès au cours du 20^{ème} siècle. Ces progrès ont été rendus possibles par des percées scientifiques et techniques notamment en chimie (analytique et de synthèse) et en biologie comportementale (dynamique des populations, analyse des écosystèmes, théorie et pratique de la lutte biologique, biotechnologie). Les coûts environnementaux dominent alors que les coûts ayant un impact direct sur la production agricole représentent 39,1 % (résistance, pertes de récolte, pertes d'ennemis naturels et pollinisation). Les coûts en santé publique représentent près de 10 %. Bien que les indicateurs économiques soient toujours imparfaits, ils ont l'avantage de permettre une réévaluation de la rentabilité de l'usage des pesticides [1].

Au cours des dernières décennies, l'attention portée aux effets secondaires des pesticides a profondément modifié la perception à l'égard des produits phytopharmaceutiques. Des produits quasi-miraculeux, ils sont devenus, pour certains, des produits dangereux que l'on devrait bannir ou, au mieux, un mal nécessaire [2]. L'industrie réagit en développant de nouveaux produits satisfaisant aux normes de plus en plus sévères visant la protection de la santé et de l'environnement. Ces critères écotoxicologiques plus exigeants amènent une augmentation importante des coûts de développement de nouveaux produits phytosanitaires. Dans un contexte d'agriculture durable, la lutte biologique (prise

dans son sens large) peut offrir de nombreuses méthodes de lutte alternatives aux insecticides de synthèse.

Parmi les méthodes de lutte biologique, les molécules bioactives (biopesticides et biofertilisants) occupent une place de choix car ils se prêtent souvent à la production de masse requise pour l'industrie. Ils s'appliquent avec un pulvérisateur conventionnel ce qui en facilite l'adoption par les producteurs agricoles [3]. Ils sont généralement compatibles avec des méthodes de lutte biologiques classiques (ex. lâchers de prédateurs ou de parasites), même s'ils peuvent avoir des effets néfastes sur les organismes utiles [4]. Les biopesticides peuvent être à base de bactéries, champignons, virus, lombrics et d'extraits de plantes [5].

Plusieurs études se sont intéressées aux plantes pouvant être utilisées en biodésinfection. Ces plantes contiennent naturellement dans leurs tissus des quantités importantes de molécules bioactives qui ne sont pas intrinsèquement biocides [6]. Cependant, lorsqu'ils sont stressés libèrent une gamme de produits connus pour leurs propriétés biocides et/ou biostatiques [5]. La nature, la localisation et les concentrations des molécules bioactives dans les tissus de différentes espèces végétales ont été abondamment étudiées. La dominance des molécules bioactives, leur abondance relative et les produits de leur hydrolyse sont assez stables et prévisibles pour une espèce, voire une variété donnée [7]. Cette diversité des plantes utilisables permet une adaptation aux conditions particulières de chaque production (climat, période de l'année, type de sol, etc.). Les cultures utilisées comme engrais vert doivent pousser de façon vigoureuse sur une période de temps courte, produire une grande biomasse végétative et être rapidement incorporées et décomposées, en présence d'eau en quantité suffisante, avant la mise en place de la culture suivante. Il existe actuellement des variétés de plantes (exp. Brassicacées) sélectionnées spécialement pour leur production de biomasse et leurs propriétés de biodésinfection [8]. L'efficacité des espèces autant que biopesticides ou biofertilisants dépend de nombreux facteurs, en plus du potentiel purement "chimique" des composés produits. La période

d'incorporation ou d'exsudation des tissus contenant les molécules bioactives doit coïncider avec un stade sensible de l'organisme ciblé et l'effet suppressif doit persister pour protéger la plante pendant un laps de temps suffisant pour permettre une production de qualité. De plus, l'efficacité de la biodésinfection est influencée par l'efficacité de l'incorporation, l'activité de la molécule active et les pertes dues à la volatilisation, à la sorption sur les argiles et la matière organique, au lessivage et à la dégradation microbienne [9].

Rechercher les façons d'améliorer l'efficacité des molécules bioactives à travers des formulations prolongeant la rémanence au champ ou l'incorporant des produits synergistes qui, étant eux-mêmes non toxiques aux doses utilisées, augmente de beaucoup l'effet protecteur des plantes cultivées [10].

Le recours aux biostimulants constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les paradigmes régissant la lutte contre les ennemis des cultures. Cette approche, 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 [5].

De nombreux travaux ont montré que l'application des éliciteurs [8 ; 9], et des extraits d'algues [1] 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 du lombricompost comme produit de stimulation des défenses naturelles est peu documenté. Ainsi, 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.

Cette étude se propose pour évaluer l'effet stimulateur des défenses naturelles d'un lombricompost. Il s'agit d'évaluer et de comparer l'efficacité de la

production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur la qualité phytochimique du support nourricier et sur les paramètres populationnels du bioagresseur.

Dans ce contexte, la présente étude rentre dans le cadre de la recherche et d'évaluation de l'effet stimulateur des défenses naturelles d'un lombricompost. Elle a pour premier objectif d'évaluer et de comparer l'efficacité de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur les paramètres populationnels et les allocations des ressources énergétiques du puceron noir de la fève afin de mettre exergue une des méthodes de lutte intégrée peu coûteuses, efficaces et facilement utilisables par les agriculteurs.

Le deuxième objectif vise donc à approfondir notre connaissance sur les modulations de la qualité phytochimique sous les différents régimes d'apport du lombricompost et mettre en corrélation les affinités qui peuvent subsister entre le support nourricier et la dynamique des populations des formes biologiques d'*Aphis fabae*.

CHAPITRE 1

NUTRITION MINERALE DE LA PLANTE

Le contrôle de l'alimentation minérale des végétaux cultivés est une préoccupation des agronomes qui date de plus d'un siècle.

Au siècle dernier et depuis BOUSSINGAULT, on s'était surtout axé sur les analyses de récoltes pour évaluer les exportations et tenter de faire des bilans.

Les progrès de la chimie analytique, très importants après la première guerre mondiale, ont permis d'aborder un aspect plus dynamique du contrôle de l'alimentation minérale, au cours de la période de végétation, sur des échantillons plus réduits et en premier lieu la feuille.

Il s'agissait surtout de mesurer dans des expérimentations au champ ou sous serre, l'effet de fumures minérales, principalement azotées, phosphatées et potassiques au cours de la croissance et du développement [11].

1.1. Qu'est ce que la nutrition d'une plante?

La plante, au cours de sa croissance et de son développement, est le siège de deux courants de circulation de sève, de sens différent, qui transportent, à travers ses tissus, les molécules et les ions qui sont nécessaires à la poursuite des processus vitaux [12].

La sève ascendante va donc vers les feuilles, les bourgeons et les organes de réserve et de reproduction. Elle est relativement riche en éléments minéraux.

En sens opposé, les tubes criblés qui constituent le phloème transportent de la feuille vers les autres organes de la plante, la sève descendante enrichie des produits de la photosynthèse « sève élaborée ».

Elle est composée d'eau, d'une proportion élevée de sucres et autres métabolites, et contient des éléments minéraux en quantité moindre que la sève ascendante [12].

La nutrition végétale peut se définir comme l'ensemble des relations entre la plante et les corps chimiques, en son sein et à ses interfaces avec le milieu extérieur.

La nature et le devenir des corps en jeu permettent de distinguer [13] :

- Nutrition hydrique : son trait dominant est le fait que l'eau, pénètre essentiellement par les racines, est en règle générale rejetée dans l'atmosphère, par la transpiration des organes aériens, en quantités de très loin supérieures à celles qui restent présentes dans le végétal à titre permanent. C'est par-dessus toute une nutrition de transit.
- Nutrition carbonée : elle est caractérisée par des échanges dans les deux sens, entre l'atmosphère et les organes du végétal.

Dans le bilan d'ensemble, la photosynthèse, qui est l'apanage des organes aériens pourvus de chlorophylle, domine largement sur la respiration, qui concerne la totalité des organes. La balance finale est également positive pour l'oxygène en dépit de sa présence dans les deux termes de l'échange ; des molécules d'eau sont en outre incorporées ou désincorporées au cours des processus ; aussi pourrait-on désigner cette nutrition comme « hydro-oxy-carbonnée » [13].

- Nutrition minérale : elle concerne tous les éléments chimiques autres que C, O, H et se caractérise par une incorporation plus ou moins complète de ces corps à la substance du végétal : tant que celui-ci reste vivant, des sorties peuvent exister mais elles restent faibles par rapport aux entrées.

1.2. Physiologie de la nutrition minérale :

En physiologie animale ou végétale, les termes synergie (étymologiquement : travail conjoint) et antagonisme, désignant respectivement les interactions positive et négative, ont d'abord été appliqués aux effets sur le métabolisme ou sur la croissance de divers facteurs [14].

S'agissant de nutrition minérale, les facteurs susceptibles d'interaction en ce sens sont les niveaux internes des éléments minéraux individuels, éventuellement exprimés relatives dans la matière fraîche ou sèche [14].

L'interaction physiologique au sens stricte entre plusieurs éléments se traduit par une efficacité du niveau interne de chacun d'eux, considéré isolément, différant selon les niveaux internes auxquels se trouvent les autres. Mais on constate en outre que l'incidence d'une même interaction n'est en général pas indépendante des niveaux respectifs auxquels se trouvent les éléments impliqués. Par exemple, il arrive que deux éléments se montrent synergiques lorsque tous deux sont très déficitaires, antagonistes dès qu'ils le sont moins ; le contraire est plus rare, sans être exclu [15].

L'usage applique aussi les termes « interaction », « synergie » et « antagonisme » au fait que des minéraux modifient non l'efficacité, mais la présence même d'autres minéraux dans les tissus végétaux. Les facteurs susceptibles d'interagir sont cette fois les niveaux des éléments dans le milieu externe au végétal, et l'on considère leurs effets sur les niveaux internes [15].

Au cours des processus nutritionnels (alimentation puis efficacité) il y a sans cesse possibilité d'interaction de niveau amont sur des niveaux aval. Passant de l'extérieur à l'intérieur, et de la plante entière aux organes, tissus, fractions subcellulaires, en dernier ressort à l'intensité de contact entre les atomes lors des réactions biophysiques et biochimiques, l'interaction du premier type finit en général par ne plus différer de la seconde dans son mécanisme ; il s'agit plutôt d'étages auxquels des mécanismes de même nature peuvent jouer différemment ou non [11].

L'interaction au sens latin entre deux éléments a le temps de naître, disparaître ou s'inverser plusieurs fois au long des phases successives de l'absorption racinaire puis de la conduction vers les autres organes, de la pénétration dans les cellules et substructures, des diverses réactions métaboliques où ces éléments sont impliqués, des réutilisations et migrations ultérieures [16].

L'âge et le stade de la plante, et les répercussions du milieu sur son état physico-chimique interne, sont susceptibles de favoriser telle interaction et de défavoriser telle autre. Lorsque deux éléments sont synergiques dans une voie métabolique et antagonistes dans une autre, l'importance respective de ces deux réactions selon les paramètres que nous venons d'énumérer pourra inverser le sens de l'interaction dominante telle qu'elle ressort de l'analyse ou telle qu'on en constate le résultat dans les performances du végétal [13].

On voit là l'inanité de toute généralisation a priori : les interactions ne sont pas des propriétés « perse » des éléments face à « la plante ». Ce sont de longs enchaînements susceptibles de diversification. Leur aboutissement est malgré tout reproductible dans la mesure où l'on se réfère au même âge, dans les mêmes conditions de milieu [17].

Et, ces paramètres n'étant pas toujours obligés de tous modifier la dominance de telle interaction, des généralisations partielles sont licites lorsqu'elles sont établies a priori et assorties de limites de validité [17].

Ajoutons que la plupart des réactions bio-enzymatiques, et d'autres comme le fonctionnement de la chlorophylle, requièrent – pour les mêmes raisons d'arrangement spatial – l'intégrité des microstructures spécialisées, généralement de nature colloïdale, qui parsèment toute la matière vivante : lamelles des chloroplastes, crêtes des mitochondries, réticulations et microfibrilles recoupant la totalité du cytoplasme [18].

Une hydratation adéquate est indispensable sur cette intégrité. L'eau est aussi, à de rares exceptions près, le milieu hors duquel les réactions biochimiques ne sauraient se dérouler, et le véhicule de tous les transports à l'intérieur des êtres vivants [18].

Les éléments minéraux interviennent à tour de rôle, soit à titre plastique soit à titre métabolique, dans ou sur chacun des processus que nous venons d'énumérer.

1.3. Interaction nutritionnelle des éléments minéraux :

Si l'existence des interactions nutritionnelles est universellement reconnue, une appréciation inexacte de leur importance naît parfois d'une méconnaissance de leurs mécanismes.

Que ce soit dans la nutrition végétale ou dans d'autres domaines, il y a interaction entre deux facteurs lorsque l'action combinée des deux n'est pas égale à la somme algébrique des effets que chacun produit lorsqu'il agit seul. L'interaction est positive ou négative selon le sens de la différence constatée [19].

Cette même notion s'applique à trois facteurs ou davantage. Une décomposition établira alors la présence ou l'absence d'interactions entre les facteurs pris deux à deux, puis entre trois facteurs réunis et leurs combinaisons binaires, et ainsi de suite.

En fait, la feuille est le lieu de passage de tous les éléments minéraux et c'est en son sein que s'élaborent les matières organiques de base qui se transforment ensuite pour constituer la substance des différents organes [20].

D'autre part, les éléments minéraux ne sont répartis dans les autres organes, à partir de la feuille, qu'au fur et à mesure des besoins, de sorte qu'il peut y avoir un phénomène de stockage, si la fonction chlorophyllienne est ralentie, ce qui entraîne une plus faible demande des organes en voie de croissance et de développement [19].

Il ya une différence de composition entre les feuilles jeunes, après leur sortie du bourgeon, les feuilles adultes et les feuilles âgées [21].

1.3.1. Eléments indispensables:

En puisant dans l'ouvrage coordonné par CHAPMAN [22], résume le statut des éléments minéraux dont la présence dans les plantes a été détectée. Les symboles et noms de ceux sans lesquels toute plante supérieure est incapable de croître et de se reproduire normalement. On peut penser que certains autres éléments, non reconnus comme indispensables, pourraient ultérieurement accéder à cette catégorie comme cela fut le cas à des dates relativement récentes pour le chlore et le manganèse , grâce au perfectionnement des techniques de culture contrôlée, ou par suite d'épuisement progressif de certains terroirs avec l'augmentation des rendements et l'emploi d'engrais contenant de moins en moins d'impuretés.

Toutefois, la présence même généralisée d'un élément ne signifie pas sa nécessité, car l'absorption n'est pas un phénomène intelligent. Malgré certains mécanismes de régulation, les végétaux ne savent pas davantage refuser les éléments foncièrement toxiques ou le devenant par leur excès [23].

Par ailleurs, certains éléments peuvent se montrer utiles sans être indispensables. Mais, alors que les indispensables reconnus pour l'ensemble des plantes supérieures le sont pour toutes les espèces sans exception, les autres peuvent être chacun foncièrement utile, ou nuisible selon les espèces.

En outre, l'effet de tout élément varie et souvent s'inverse selon les quantités absorbées par le végétal.

Lorsqu'un élément indispensable est présent dans la plante en quantité très insuffisante, celle-ci est en état de carence= maladie physiologique généralement accompagnée d'une symptomatologie caractéristique de l'élément en cause- mais pouvant différer selon les espèces et variétés- entraînant la mort si elle est trop aigue [23].

Carence et déficience sont synonymes pour certains auteurs, tandis que d'autres réservent la seconde dénomination (ou celle de « carence occulte ») aux cas moins accentués, affectant la croissance ou le rendement sans symptômes visibles. De telle distinction est subjective, dépendant de la sensibilité botanique de l'observateur ; elle serait plus valable aux échelles microscopique et biomoléculaire : présence ou non de réactions biochimiques anormales (mais où commence l'anomalie?) [24].

Elle a surtout l'inconvénient d'intervenir à des degrés de manque qui diffèrent selon les éléments et selon les plantes : il est fréquent que des déficiences potassiques sans symptômes détectables de prime abord réduisent très fortement les performances, tandis que certains faciès spectaculaires de carences en oligo-éléments métalliques les affectent beaucoup moins.

Nous définirons le besoin interne comme étant pleinement satisfaisant lorsque la plante contient l'ensemble des éléments minéraux en quantités et proportions telles qu'aucune modification de cet état, dans quelque sens que ce soit, ne peut augmenter ses performances [25].

1.3.2. Phosphore :

Le phosphore entre en combinaison avec plusieurs familles notables de corps biochimiques :

- Il s'associe avec des protéines pour former des phosphoprotéines ;

- Avec des lipides, il forme des phospholipides, dont les phosphatides.

Certains jouent un rôle extrêmement important dans toutes les membranes, y compris celles des organites subcellulaires, de par leurs pôles hydrophobes. D'autres assurent la cohésion entre protéines (hydrophiles) et des corps hydrophobes comme la chlorophylle.

- Les phytines sont des substances de réserves carbonées riches à la fois en Ca^{+2} , Mg^{+} et P^{+} , intéressantes surtout pour ce dernier [26].

1.3.2.1. Comportement dans les plantes :

Le phosphore est assez fortement réutilisé dans la plupart des plantes. Il est particulièrement abondant dans les organes jeunes, où les cellules en multiplication intense renferment une plus grande proportion d'acides nucléiques et sont le siège de synthèses particulièrement actives réclamant de l'énergie libérable, du potentiel réducteur, et des sucres phosphorylés.

Ces besoins sont couverts par un mécanisme « d'appel » qui mobilise à partir des autres parties de la plante les composés phosphorés nécessaire aux parties en voie de croissance ; la rapidité de cette mise à disposition aboutit à ce que la carence phosphorique se manifeste généralement en premier lieu sur les organes les plus âgés. Néanmoins, c'est souvent en s'adressant à des tissus jeunes que le diagnostic analytique des besoins phosphorés est le mieux assuré [14].

1.3.3. Potassium :

C'est donc lui qui occupe la position de « maître-cation », en relation d'une part avec la préférence à l'absorption que lui vaut sa plus grande diffusibilité complétée d'une sélectivité avec exclusion du sodium, d'autre part avec des rôles, exclusivement métaboliques, d'ampleur exceptionnelle.

Pendant très longtemps, l'importance physiologique considérable du potassium est restée inexplicée. Puis on admit en évidence peu à peu des rôles précis, mais qui ne paraissaient pas requérir la présence de K^+ aux concentrations se montrant cultivées. Seules les mises au point commencent à les justifier par BERINGER et BERINGER *et al.* [27; 28].

1.3.3.1. Economie de l'eau et échanges gazeux :

Le potassium améliore la balance hydrique et la balance hydrocarbonée en raccourcissant les périodes pendant les quelles l'état des stomates n'est pas adapté aux conditions de milieu : en activant la fermeture, il limite la transpiration dès qu'elle tend à s'exagérer, en activant l'ouverture, il permet la remise en route de la photosynthèse dès que le déficit hydrique n'est plus limitant [27].

1.3.3.2. Divisions cellulaires :

Le potassium joue un rôle prépondérant et de nature certainement multiple dans les divisions cellulaires, ce qui explique son abondance préférentielle dans les tissus méristématiques [28].

1.3.3.3. Comportement dans le végétal :

Comme il vient d'être dit, le potassium se porte vers les méristèmes, d'où des teneurs décroissant presque toujours régulièrement avec l'âge des tissus, organes ou plantes entières.

Par un mécanisme d'appel et de mobilisation immédiate semblable à celui de P^+ , ce sont les organes âgés qui manifestent les premiers les signes de la carence en K^+ , symptômes qui sont d'ailleurs pour l'essentiel ceux de la déshydratation accompagnant immédiatement le départ du potassium [25].

1.3.4. Calcium :

En corollaire, l'excès de calcium provoque des déficiences en K^+ et Mg^+ , des carences en oligo-éléments métalliques (Fe^{+2} , Mn^+ , Zn^+ surtout) et détériore le bilan hydrique.

1.3.4.1. Rôles dans les parois cellulaires :

Le calcium joue un rôle plastique d'extrême importance en insolubilisant les acides pectiques pour former les parois cellulaires pectocellosiques. L'ion Ca^{+2} joue exactement le même rôle que le béton armé dans la paroi végétale (dont l'armature interne au « ciment » est constituée de fibrilles celluloses) ; le défaut de calcium, ou sa disparition par suite d'antagonisme de K^+ ou de Mg^+ , a donc pour effet de désagréger les tissus, d'où excoriations, déchirures [29].

Tout à l'opposé de cette solidification, le calcium est également nécessaire à l'élasticité des jeunes cellules lors de leur allongement. C'est pourquoi les déficiences en calcium-spontanées ou dues à une carence en bore- se manifestent souvent par des raccourcissements d'entre-nœuds, donnant lieu à des sortes de balais de sorcières, chez les espèces arbustives ; par des déchirures transversales ou en boutonnières, chez les espèces herbacées ; par des gaufrages de feuilles dans de nombreux cas [30].

1.3.5. Magnésium :

Les taux de Mg^+ dans la matière sèche sont du même ordre que ceux de P^+ , parfois un peu plus élevés.

1.3.5.1. Magnésium de la chlorophylle :

La molécule de chlorophylle contenant un atome de magnésium, ce rôle plastique est souvent celui auquel on pense en premier.

De fait, la carence magnésienne se manifeste par une destruction localisée de ce pigment : en général décoloration en V ou internervaire des vieilles feuilles. Mais il ne s'agit là que de 5 à 15 % du magnésium total de la plante. Ses autres rôles sont essentiellement métaboliques, beaucoup étant d'ailleurs impliqués dans des chaînes de réactions qui se répercutent sur la synthèse ou le maintien de la chlorophylle [31].

1.3.5.2. Relations de Mg^+ avec K^+ et Ca^{+2} comportement dans la plante :

Troisième cation majeur, Mg^+ participe aux équilibres réciproques avec ses deux congénères et intervient de ce fait dans l'exercice des rôles propres de K^+ et de Ca^{+2} [13].

Ses propriétés biochimiques et biophysiques, donc ses réactions au sein du végétal, sont à tous égards intermédiaires entre celles de K^+ et celles de Ca^{+2} . Ses sels d'acides minéraux ou organiques sont dans l'ensemble moins solubles que les sels potassiques mais plus solubles que les sels calciques ; c'est-à-dire que certains sels magnésiens sont aussi solubles que les sels de K^+ correspondants, d'autres aussi insolubles que les sels de Ca^{+2} . Son rayon ionique assez petit lui permet, comme signalé ci-dessus, de contribuer à une bonne hydratation [32].

Beaucoup de ces réactions sont nécessaires à la synthèse ou à la persistance de la chlorophylle ; c'est pourquoi les carences en oligo-éléments métalliques se traduisent généralement par des décolorations foliaires dont le faciès- uniforme ou dégradé, panachures, mouchetures est plus ou moins caractéristique de tel ou tel élément selon que son absence commence ou non à se manifester en des emplacements déterminés de la feuille. La teinte des zones décolorées dépend alors de la manière dont les pigments autres que la chlorophylle sont affectés [25].

1.4. Physiologie de la nutrition biochimique :

Les plantes possèdent un arsenal de défense contre leurs pathogènes. Ces défenses se traduisent par des mécanismes qui peuvent être soit passifs s'ils sont préformés ou actifs s'ils demandent un apport énergétique [33]. Les défenses passives incluent les barrières de type physique telle la cuticule de cire et le positionnement stratégique des réservoirs de composés antimicrobiens [33]. Les systèmes actifs, quant à eux, nécessitent de l'énergie cellulaire et sont contrôlés par le génome de la plante (Figure 1.1).

Ces systèmes peuvent se manifester notamment par des réponses primaires, c'est-à-dire, celles situées au site d'infection ou encore par des réponses secondaires qui s'étendent au-delà du site d'infection, à l'ensemble de la plante [33].

Le stade phénologique de la plante-hôte agit sur la sélection des insectes phytophages, en effet on assiste à une variation temporelle de la présence et de l'attaque des différents biogresseurs. Cette variation va être matérialisée par des changements de distribution des réserves énergétiques des ravageurs en fonction de la composition biochimique de la plante hôte. Le degré de synchronisation de l'insecte avec la plante va donc au-delà de la simple disponibilité de la nourriture, sa qualité est aussi un facteur clé [34 ; 35].

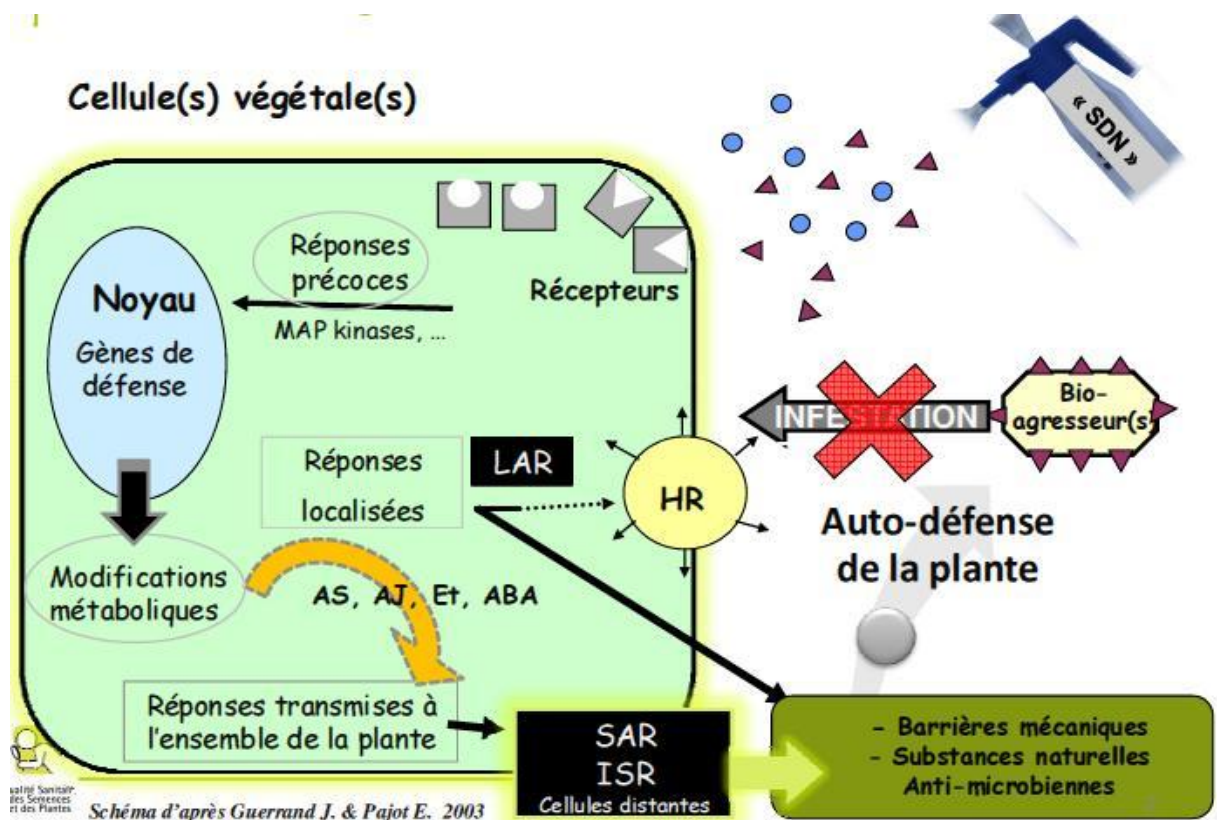


Figure 1.1. Stratégie de défense de la plante contre les pathogène [36].

Les études de LAWRENCE *et al.* [37] ont mis en évidence la variation saisonnière de la chimie foliaire qui est en effet hautement corrélée avec la performance des insectes qui se nourrissent de la feuille. Il y'a lieu de signaler que les besoins énergétiques et nutritionnels d'une espèce phytophage sont tels qu'un apport minimal dans la diète est requis pour la survie et la croissance [38]. Ces besoins varient selon l'espèce et le stade de l'insecte.

L'alimentation est particulièrement cruciale pour les femelles de plusieurs espèces phytophages puisqu'elles doivent produire des progénitures viables. En ce sens, le développement larvaire et la métamorphose sont aussi des étapes coûteuses en termes d'énergie et d'éléments nutritifs tels que l'azote, les glucides et les acides aminées notamment [39]. Cependant, les larves sont confrontées à une source de nourriture qui n'est pas stable dans le temps. Des changements physico-chimiques s'opèrent dans la plante hôte tout au long de la saison de

croissance. Ces changements impliquent une variation dans la qualité de sa nourriture [38]. En général, plus la saison de croissance avance, plus la qualité des ressources alimentaires diminue [40]. C'est ce qui explique le grand nombre d'espèces printanières de ces ravageurs opophages qui profitent de cette période où la ressource est riche en qualités nutritives. En somme, il y aurait une période autour d'un point plus ou moins précis dans le développement saisonnier de la plante, qui correspondrait à une qualité optimum pour la fitness d'une espèce phytophage. On appelle cette période la fenêtre phénologique de susceptibilité [37 ; 39 ; 40].

Le concept de fenêtre phénologique a particulièrement été étudié à partir d'insectes « folivores chez les lépidoptères » [41]. Pour ces espèces, la variation biochimique à l'intérieur des feuilles est telle que la qualité de la nourriture devient rapidement insuffisante pour le développement des larves [42]. Plusieurs auteurs montrent en effet que la performance des insectes folivores, comme chez la tordeuse des bourgeons de l'épinette *Choristoneura fumiferana*, est influencée par la variation de la qualité nutritive et cette variation détermine de manière substantielle la date de ponte optimale, car le développement phénologique des feuilles a une influence très marquée sur les insectes qui s'en nourrissent [43].

Toutefois, les composés chimiques produits par les plantes sont probablement le facteur le plus important contrôlant le comportement des insectes dans la nature [44] et l'intérêt porté aux défenses chimiques des plantes n'a cessé de croître depuis le milieu des années 60. Ces composés de structures et natures variées peuvent avoir des effets répulsifs (lors de l'orientation olfactive), antiappétants (lors de l'essai d'alimentation) ou toxiques pour les insectes et d'autres herbivores. Certains composés ont un rôle indirect dans la défense des plantes, attirant des parasitoïdes ou des prédateurs du ravageur. Les composés influant les interactions entre individus d'espèces différentes sont appelés sémiocchimiques ou allélochimiques [45]. S'ils sont bénéfiques pour le producteur et le receveur, on les nomme synomones, s'ils ne sont bénéfiques qu'au receveur, on les nomme kairomones, enfin les allomones sont bénéfiques au producteur. Les défenses chimiques peuvent être produites constitutivement ou en réponse à une attaque, localement ou dans toute la plante [45].

Ces composés volatils sont généralement émis par les feuilles mais selon différents mécanismes. Cette émission peut correspondre à la libération de composés synthétisés ou stockés intervenant pendant la destruction des structures végétatives lors de la prise alimentaire par un herbivore [46]. Dans d'autres cas, c'est la rupture mécanique des tissus de la feuille [47], ou la diffusion de certaines molécules présentes dans la salive des herbivores [48], qui active la synthèse des composés volatils. Ces composés peuvent ne pas être émis uniquement au niveau du site d'attaque de l'herbivore, mais également par tout le reste de la plante [49].

D'après JAYARAJ [50], cite par CHABOUSSOU [51], des études ont été poursuivies concernant la nature des relations entre la biochimie des plantes, l'attraction et la multiplication des déprédateurs qui s'exprime en termes de valeur nutritionnelle. En effet, chez les variétés tolérantes on observe l'accumulation d'acides aminés libres; corrélativement d'ailleurs, la variété résistante contient d'avantage de sucre que les variétés susceptibles.

1.4.1. Les métabolismes primaires :

Plusieurs études ont montré que les métabolismes primaires, sucres, acides aminés, lipides, pouvaient influencer l'oviposition [52; 53 ; 54]. Ils sont ubiquitaires chez les plantes et que leur concentration varie en fonction du stade phénologique, l'âge et l'état physiologique de la plante [55 ; 56].

Le rôle de ces substances pourrait alors influencer la distribution des œufs entre différents organes ou entre différents individus d'une même espèce végétale hôte [56].

Lors d'un déficit hydrique, l'un de ses effets majeurs, s'est qu'il affecte le métabolisme des hydrates de carbonés [57], avec une accumulation des sucres et un bon nombre d'autres composés organiques (proline), les changements dans le contenu des carbohydrates sont particulièrement important vus leur relation direct avec plusieurs processus physiologiques tels que : la photosynthèse et la respiration.

L'apparition d'une telle contrainte hydrique et son intensité engendre plusieurs réponses de la plante hôte qui tend à surmonter ce cap. Au niveau cellulaire, l'augmentation de la concentration des acides aminés, en particulier la proline, a été observée chez plusieurs espèces de plantes soumises à une contrainte hydrique [58 ; 59 ; 60].

En effet la proline semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse : son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses plantes [61 ; 62], elle tolère l'état de stress, à travers la normalisation de pression osmotique interne [63], la régulation du pH cytoplasmique (contribution dans l'ajustement énergétique) [64; 65 ; 66], et la formation de réserves azotés utilisée par la plante postérieurement à la période du stress.

Les travaux réalisés par BEZZALA [67], qui signale que la synthèse des protéines est étroitement liée au métabolisme des sucres et la respiration à partir du cycle de Krebs qui donne le squelette carboné pour la synthèse de la proline, la synthèse des protéines, associées avec le catabolisme des sucres, pourrait jouer un rôle majeur dans la mobilisation de l'énergie métabolique requise durant le stress pour une compartimentation ionique et synthèse des osmolytes.

1.4.2. Les métabolismes secondaires :

La caractérisation de l'état de défense chez les plantes peut se traduire notamment par l'expression et l'accumulation de protéines associées à la pathogénèse, les protéines PR et au métabolisme oxydatif. De plus, cet état de défense peut aussi être caractérisé par l'accumulation de métabolites secondaires associés à la défense.

On retrouve dans cette dernière, des substances responsables, entre autres, de la coloration et de l'odeur des fleurs et des composés qui assurent des fonctions antimicrobiennes. On regroupe les métabolites qui ont cette dernière fonction dans la classe des phytoalexines qui incluent notamment les coumarines, les alcaloïdes, les terpenoïdes ou les flavonoïdes [68].

Beaucoup de ces composés ont un effet sur la croissance lorsqu'ils sont appliqués sur des tissus à une concentration physiologique mais ils sont tellement variés structuralement qu'il paraît improbable que tous possèdent un rôle universel dans la régulation de la croissance et du développement [69].

S'il est difficile d'attribuer un rôle physiologique à la plupart des composés phénoliques, de très nombreuses données témoignent de leur rôle écologique. Les pigments flavonoïdes (en association avec les caroténoïdes) contribuent à l'attraction des insectes vis-à-vis des fruits et des fleurs colorés à disperser ou poloniser. De plus, ils sont parfois excrétés de la plante et peuvent affecter la croissance des autres plantes dans l'environnement immédiat (phénomène d'allélopathie) [70]. Certains flavonoïdes et surtout les tanins, astringents, sont des antiappétants protégeant les plantes de la prédation de nombreux insectes [71 ; 72]. Ils peuvent également être toxiques pour les insectes : l'acide chlorogénique, très courant, en association avec le flavonoïde rutine des trichomes des feuilles de la tomate est toxique pour *Heliothis zea* [73]. Enfin certaines classes de phénols agissent comme agents antimicrobien pour divers bactéries, virus et champignons. Certaines phytoalexines phénoliques sont en effet synthétisées suite à une infection fongique chez au moins six familles végétales [74] et d'autres en réaction à une exposition aux rayons ultraviolets (anthocyanes).

Ce groupe de flavonoïde, le plus varié, contenant 4000 structures, comprend comme son nom l'indique deux des composés jaunes mais aussi d'autres couleurs ou incolores. Ils sont universels chez les angiospermes et les gymnospermes. Ils ont tous en commun la structure de la flavane, 3 cycles dont un hétérocycle dont la configuration variée permet la classification en sous groupes (Figure 1.2) : flavones, flavanones et flavonols, flavanols, flavanediols et la chalcone dont l'hétérocycle n'est pas formé et qui est un intermédiaire caractéristique de la synthèse des diverses flavonoïdes. Le noyau flavonoïde est souvent lié à un sucre pour former un glycoside hydrosoluble [69].

Le terme flavonoïde rassemble une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Leur fonction principale semble être la coloration des plantes (au-delà de la chlorophylle, des caroténoïdes et des bétalaïnes). Ce n'est que depuis quelques années que certaines propriétés pharmacologiques ont pu être mises en évidence et que leur étude a pris un nouvel essor.

Ils sont surtout abondants chez les plantes supérieures, particulièrement dans certaines familles : Polygonacées, Rutacées, Légumineuses, Ombellifères [75].

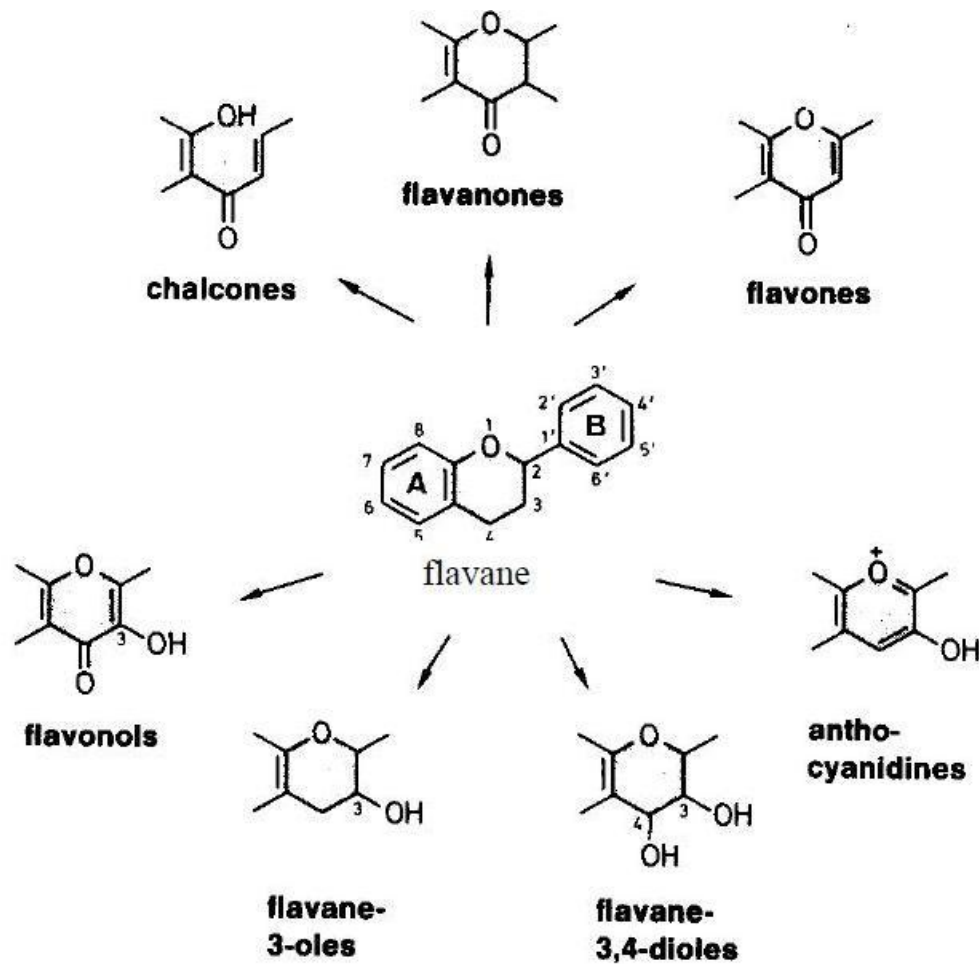


Figure 1.2. Définition des différents types de flavonoïdes à partir du squelette flavane [69].

Chaque espèce possède son propre profil de flavonoïdes, stockés principalement dans les vacuoles, et qui absorbent dans les UV et/ou le visible et sont responsables de la couleur jaune ou crème. Ils sont de bons antiappétants voire toxiques pour les insectes : à faible concentration, la quercétine (Figure 1.3) et trois de ses dérivés glycosylés inhibent l'alimentation d'*Heliothis zea*, *H. virescens* et *Pectinophora gossypiol* à partir de concentrations de 0,2% ces composés tuent les larves de ces espèces [76].

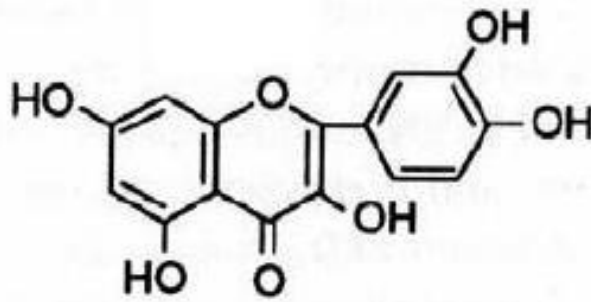


Figure 1.3. La quercétine, un flavonol insecticide [69].

Les isoflavonoïdes sont moins répandus taxonomiquement. Ces composés très actifs se trouvent essentiellement chez les Légumineuses. Ils sont responsables de la moindre prise alimentaire et de la toxicité envers *Trichoplusia ni* (Lepidoptera : Noctuidae) s'alimentant sur soja [77]. Certains isoflavonoïdes fonctionnent comme des phytoalexines, synthétisées comme défense contre le stress (microorganisme infectieux, froid, UV). La glycéolline (Figure 1.4 b), la pisatine et la phaséolline produites par le soja, le pois et le haricot commun respectivement en sont de bons exemples [78]. Cette dernière est parmi les antiappétants les plus efficaces jamais déterminés [79]. Le seul groupe de flavonoïdes connus pour être hautement toxique envers de nombreux insectes sont les isoflavonoïdes roténoïdes. Extrait des racines de *Derris elliptica* (Légumineuse), la roténone en est le principe actif (Figure 1.4 a).

Ils sont peu toxiques envers les mammifères mais très toxiques pour les poissons et les insectes. Leur toxicité est liée à l'inhibition de l'oxydation mitochondriale (transport d'électrons) [80].

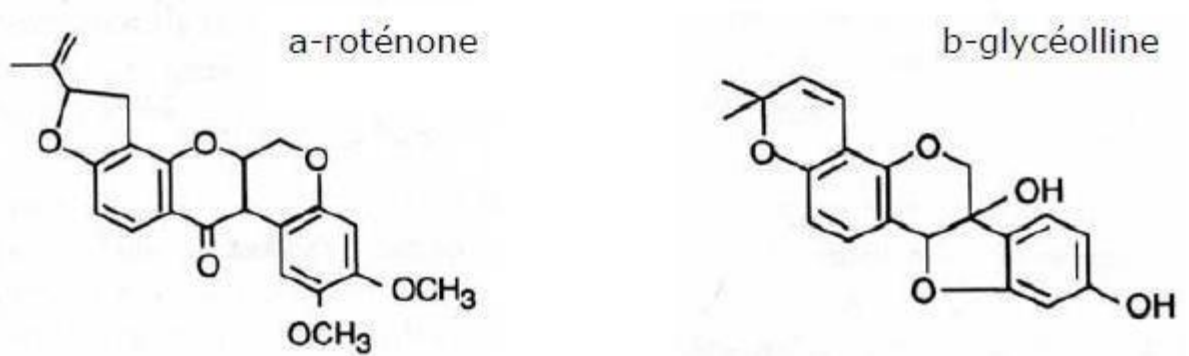


Figure 1.4. Isoflavonoïdes de défense des plantes.
(a : roténone ; b : glycéolline) [69].

1.5. Les variations des réserves énergétiques des aphides :

Les glucides étant la principale source d'énergie pour les insectes [23], ces derniers doivent synchroniser leurs activités avec la période où la plante se trouve dans l'optimum de ses constituants phytochimique en termes de quantité et de qualité. Ils ne disposent pas en conséquence de beaucoup de temps pour stocker les glucides qui vont être rapidement oxydés. La transition du repos au travail chez de nombreux insectes implique souvent une très grande augmentation dans la vitesse d'utilisation de l'énergie [81].

Les différentes activités des phytophages se traduisent par l'influence des réserves énergétiques sur les comportements autres qu'alimentaires. En effet, leur variation temporelle induite par exemple des changements dans le comportement sexuel [82 ; 83]. En fonction de ses réserves, l'individu devra choisir entre s'alimenter ou réaliser une autre activité.

Le fait que les ressources soient généralement limitantes et que les organismes doivent investir l'énergie dans des voies concurrentielles est à la base de la notion de compromis entre les traits d'histoire de vie (trade-off) [84]. Ceci peut être expliqué aussi par l'importance d'utilisation du budget-temps (quantités énergétiques/ temps) par l'individu [85 ; 86].

1.6. Effet de la nutrition sur le développement et la productivité de la partie verte:

D'après KUDO [20], la longueur de la saison de végétation est un facteur déterminant des traits foliaires. Les espèces à croissance lente vont présenter un cortège de traits foliaires qui permettent une survie optimale de la plante dans son milieu pauvre en ressource. Ces traits vont définir une stratégie dite de « conservation des nutriments ». Les espèces à croissance rapide vont, quand à elles, être caractérisées par des traits optimisant la survie en milieu riche. Ces espèces sont alors orientées vers une stratégie d' « exploitation des ressources ».

Les espèces des milieux riches à courte période de végétation vont, elles, adopter une « stratégie de croissance rapide » en absorbant au maximum les nutriments disponibles dans le sol. Subissant une période favorable relativement courte, ces espèces vont présenter un fort taux photosynthétique foliaire [20].

Ces espèces vont présenter une surface maximale de réception de photons: feuilles larges et longues, limitation de l'ombre réciproque par croissance décalée dans le temps des cohortes et éloignement des tiges dans l'espace [19 ; 87]

1.6.1. Effet des facteurs sur le développement végétal :

1.6.1.1. Facteur externe :

Lorsque la perception d'un facteur externe (température, attaque parasitaire) est passive de la part de la plante, les réactions actives de celle-ci sont susceptibles d'en modifier l'impact ultérieur : elle peut par exemple infléchir sa stratégie de croissance en fonction de la lumière reçue, d'où un changement dans l'auto-ombrage qui modifie l'illumination des feuillettes chloroplastiques ; elle régule sa température à l'aide de la transpiration [88]. En tout état de cause, la traduction du facteur de croissance et développement est active : la lumière fait croître le végétal par conséquence de sa photosynthèse, modifie son développement par l'effet des hormones synthétisées selon des voies

biochimiques dont les pigments photorécepteurs sont seulement les déclencheurs [89].

1.6.1.2. Facteur chimique :

Vis-à-vis des facteurs appelés chimiques, la perception elle-même est active lorsqu'on la considère dans sa continuité, hormis les cas de toxicité de contact (aluminium sur racines, brûlures de produits agressifs). Les gaz de l'atmosphère pénètrent efficacement les feuilles dans la seule mesure où l'ouverture des stomates autorise leur diffusion et où les gradients provoqués par leur utilisation biochimique la stimule. L'eau et les substances minérales ou organiques agissent sur la croissance dans la seule mesure où la plante les fait elle-même pénétrer dans ses milieux internes, puisque l'absorption comporte obligatoirement des phases actives [90].

1.6.1.3. Facteur de productivité :

En outre, l'alimentation minérale est la seule parmi tous les facteurs de productivité à être affectée d'un caractère pluriforme, qui ajoute à la complexité de sa conduite. Alors que le facteur physique ou biotique est uniforme par nature, dans ce cas la nutrition hydrique ne connaît d'autre molécule que H₂O, la photosynthèse et la respiration d'autres substrats que CO₂ et O₂, chaque élément minéral peut se présenter à la plante sous différentes combinaisons [91].

Conduire le mieux possible l'alimentation minérale des plantes consiste à les placer dans des conditions permettant à leur nutrition, telle que nous en avons exposé le fonctionnement, de satisfaire le besoin interne relatif aux conditions de milieu dans lesquelles on opère. C'est là l'optimum technique. Compte-tenu de chaque contexte socio-économique, l'optimum pratique coïncidera rarement avec la pleine satisfaction de ce besoin, car l'ultime gain de productivité n'est jamais rentable, aussi bien de la part des facteurs de production non nutritionnels que de la fertilisation [92].

1.7. Effet de la fluctuation des éléments minéraux et des molécules biochimique sur l'agressivité des ravageurs :

La plante hôte, comme source de nourriture, joue un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec ses composantes nutritives (protéines, acides aminés, glucides, lipides, vitamines, minéraux, eau, etc.) et ses composantes non nutritionnelles (composés allélochimiques) (phénols, polyphénols, monoterpènes, glucosinolates, alcaloïdes, etc.) [93].

Plusieurs auteurs signalent que l'azote et les sucres solubles sont deux groupes de composés nutritifs qui jouent un rôle primordial dans la croissance et le développement des insectes phytophages [24 ; 87 ; 94 ; 95].

Les acides gras, les phospholipides et les stérols sont des éléments de la membrane cellulaire et peuvent avoir des fonctions spécifiques. Les insectes ne sont pas capables de synthétiser la plupart des acides gras et les phospholipides qui ne sont pas des composés nutritifs essentiels. Mais plusieurs insectes ont besoin d'une source d'acides gras polyinsaturés et de stérols indispensables à leur croissance [23].

Le sucre est la principale source d'énergie pour les insectes. Par contre, certaines espèces sont capables de remplacer entièrement les glucides par les lipides ou les protéines [23]. Le sucre est reconnu pour augmenter le poids des adultes de *Choristoneura fumiferana* et diminuer le temps de développement [96 ; 97].

Les tannins influencent la croissance, le développement et la fécondité de plusieurs insectes herbivores [39 ; 98 ; 99 ; 91]. La croissance réduite causée par les tannins a deux inconvénients majeurs. Premièrement, la taille réduite des chrysalides des femelles se traduit par un plus faible nombre d'œufs et une plus petite taille d'œuf ce qui affecterait possiblement la survie et la santé des individus de la génération subséquente [100 ; 101 ; 102 ; 103]. Deuxièmement, le temps de développement larvaire prolongé peut entraîner une mortalité plus élevée due à la prédation [39 ; 104].

Des expérimentations préliminaires ont mis en évidence que certains polyphénols appartenant aux acides phénols et aux flavonoïdes provoquaient une perturbation physiologique chez les insectes [105].

La décroissance dans la fécondité est due aux effets de vieillissement et d'épuisement des mâles qui commencent à apparaître, les mâles auraient alors une activité reproductrice réduite jusqu'à ne plus s'accoupler avec les femelles [106].

L'attaque d'un ravageur ou d'un parasite souligne la relation susceptible de se manifester, entre, d'une part, l'absorption des éléments minéraux, par voie racinaire ou foliaire, les équilibres entre ces derniers, et, d'autre part, la résistance de la plante au parasitisme, ou à certains accidents d'ordre physiologique [33].

Cependant, l'ensemble des éléments minéraux, à travers les phénomènes d'échange et d'assimilation, à partir de l'alimentation proprement dite et de la photosynthèse, participent directement au métabolisme de la plante, notamment à la synthèse des chaînes protéique ou protéosynthèse [33]. Il semble que les conditions dans lesquelles se réalise cette protéosynthèse, permettent d'émettre une hypothèse, concernant l'origine de cette plus ou moins grande résistance [32].

CHAPITRE 2

BIOFERTILISANT

Le développement d'une culture raisonnée dans le but d'une protection de l'environnement et l'essor de l'agriculture biologique. On accorde aujourd'hui une grande importance à la composante des éléments minéraux du feuillage, en raison de ses multiples effets potentiels sur la croissance et le développement de la culture.

La littérature scientifique mentionne généralement une influence positive de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques (structure, cohésion, perméabilité, rétention en eau, capacité d'échange cationique, teneurs en éléments fertilisants, ...) et la vie des ravageurs [107 ; 108 ; 109].

Les extraits des plantes naturels sont utilisés dans les petites fermes de nombreux pays africains pour lutter contre les insectes ravageurs des grains, en raison des conditions économiques ne permettant pas l'utilisation de pesticides classiques [110]. Durant ces dernières années, on assiste à une multiplication des travaux de recherche sur l'activité des produits naturels dont la majorité se déroule en Afrique et en Asie, dans le but de valoriser les procédés de lutte traditionnels.

L'emploi des fertilisants s'adresse à des agro-systèmes : climat, sol et population végétale concourent chacun pour sa part à l'obtention d'une production, dont l'élaboration proprement dite est le fait exclusif de la plante. En conséquence, pour être rationnelle, la fertilisation doit établir une offre concourante, avec les autres facteurs qui agissent sur la nutrition, à mettre le végétal en mesure de satisfaire la part de son besoin interne compatible avec les contraintes socio- économiques (rentabilité) [111].

On sait que les tissus végétaux se laissent pénétrer, dans certaines conditions, par de nombreux produits utilisés sous forme de pulvérisations, soit strictement nutritives, soit destinées à la protection phytosanitaire [31].

Ces produits sont donc susceptibles d'enrichir la plante dans le, ou les éléments contenus dans leur formule, et il semble bien que les répercussions à en attendre dans le métabolisme de celle-ci, ne soient pas sans relation avec sa sensibilité ou sa résistance à certaines affections parasitaires. Il en est de même d'ailleurs pour la fertilisation, ou l'association des deux [112].

L'action d'extrait d'algues brunes marines formulé par la Société SAMABIOL (l'Isle sur la Sorgue, France) autant que stimulateur de la défense naturelle a été étudiée par LIZZI [113]. Ces extraits sont connus depuis longtemps et sont utilisés comme engrais pour leur richesse en minéraux et en molécules biologiques naturelles. Toutefois, leur capacité à se comporter comme des stimulateurs de défense naturelle (SDN), aux niveaux tellurique et foliaire, n'a jamais été démontrée.

Les résultats obtenus par application d'extraits d'algues marines sur sur les mildious du poivron (*Phytophthora capsici*) et de la vigne (*Plasmopara viticola*) traduisent bien l'intérêt des SDN comme produits de substitution aux produits de synthèse. La figure 2.1_a, représente la variation du diamètre des nécroses après une ou deux applications à 7 jours d'intervalle. On constate que la résistance acquise est proportionnelle à la concentration de l'extrait et qu'elle augmente fortement jusqu'à 70% après deux applications. En revanche la figure 2.1_b, révèle qu'après 2 pulvérisations l'infection est fortement ralentie jusqu'à 57% dès le troisième jour après le dernier traitement. 5 jours plus tard, l'action du produit est toujours très significative.

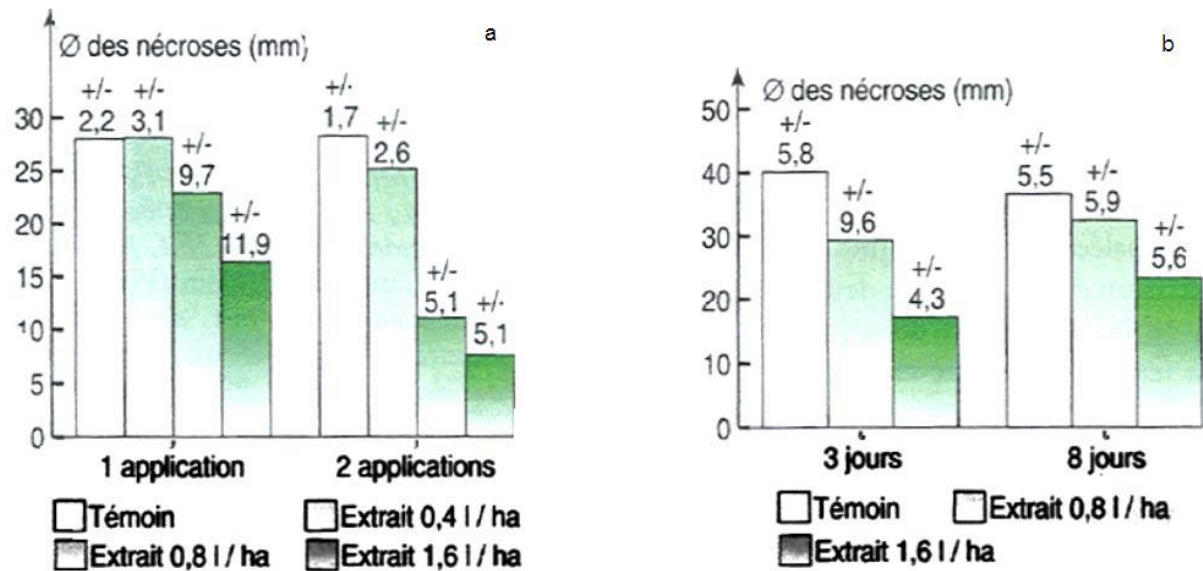


Figure 2.1. Incidence d'application d'extrait d'algue sur le développement de l'infection du mildiou du poivron (a : extrait racinaire, b : extrait foliaire) [113].

2.1. Lombriculture, principe et importance :

La fertilité des sols dépend principalement de la quantité et de la qualité des matières organiques transformées par les organismes décomposeurs. L'efficacité de ces derniers peut être caractérisée par le taux de transformation de la matière organique, dépendant des facteurs du milieu tels que la température, l'humidité et des caractéristiques de la matière à décomposer [114]. Les populations d'invertébrés, comme les vers de terre dans le sol, jouent un rôle primordial dans la transformation des matières organiques. 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" [115]. Les vers de terre participent également à la libération d'éléments minéraux disponibles dès lors pour les plantes cultivées. Si la gestion des populations de vers de terre peut être considérée comme une méthode culturale efficace pour pallier le manque de fertilité des sols, la mise en œuvre de la lombriculture permet de combiner plusieurs avantages [116]. En plus de la

transformation de matières organiques très diverses, le lombricompostage engendre la production de deux types de produits valorisables : la biomasse en vers de terre et le lombricompost [117]. Le premier produit peut être utilisé pour l'alimentation de certains animaux d'élevage, le second fournit un amendement homogène et efficace permettant d'accroître la fertilité des sols en utilisant les matières organiques disponibles. De plus, le lombricompost présente des niveaux de contamination en microorganismes pathogènes bien plus faibles que le compost conventionnel [118].

La lombriculture représente une technologie appropriée afin de valoriser les résidus de cultures ainsi que d'autres déchets végétaux mélangés aux déjections animales provenant de l'exploitation agricole [119].

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 [120]. Nous pouvons les diviser en deux catégories:

2.1.1. Compostières horizontales :

Un robinet au fond du fût est intéressant pour récupérer le jus issu du compostage. Dilué 10 fois, ce jus est un excellent engrais naturel pour les plantes vertes [119].



Figure 2.2. Compostière horizontale [119].

2.1.2. Compostières verticales :

Les compostières verticales sont coupées en deux parties par une séparation verticale trouée. La récupération du compost est beaucoup plus facile dans celle-ci. Vous mettez vos déchets d'un côté [119].

Lorsque vous voulez récolter le compost, vous n'alimentez plus ce côté et vous mettez les nouvelles matières organiques dans l'autre partie.

Après une dizaine de jours, les vers affamés, auront migrés dans le deuxième compartiment. Le compost du premier bac peut être récupéré.

Les bacs peuvent être placés à l'extérieur mais attention aux gelées. En effet, les lombrics préfèrent une température d'environ 20°C [119].



Figure 2.3. Compostière verticale [119].

2.2. Les lombrics :

Il existe dans la nature beaucoup d'espèces de vers mais seules quelques-unes peuvent être mises dans la compostières. Les gros vers de terre du jardin ne sont pas utilisables pour le compostage [121].

Ce sont des laboureurs du sol. Les lombrics de compost sont des vers de surface qui se trouvent à maximum 10 cm. Ils se reproduisent très vite et se nourrissent de matière décomposée.

La décomposition de la matière organique est principalement assurée par 2 espèces de vers :

- *Eisenia foetida* : il préfère les matières en décomposition. On l'appelle ver tigré ou ver du fumier.

- *Eisenia andrei* : il préfère les matières fraîches. On l'appelle ver rouge.

Ils aiment être au calme et à l'obscurité. Un seul lombric peut avoir 500 descendants par an. Pour commencer un vermicompost, il faut, en poids de vers, au moins le double de la quantité de déchets apportée par jour. Ce point est important car si il n'y a pas assez de vers dès le départ, la matière va s'accumuler et de la pourriture risque d'apparaître. Il est d'ailleurs recommandé ne mettre un minimum de 500 grammes de vers [119].



Figure 2.4. Les lombrics composteurs [119].

2.3. Gestion du lombricomposteur :

Le rapport Carbone/Azote : en général, ce sont les déchets organiques ménagers qui sont placés dans le composteur, donc riches en azote. Il faut alors rééquilibrer avec des matières carbonées, sinon les matières organiques risquent de se transformer en une pâte gluante. Les vers adorent le papier et le carton. Ils

s'y réfugient, s'y reproduisent et s'en nourrissent. Le carton sert d'appoint de carbone et pompe l'excédent d'eau [122].

Le lombricompostage demande peu de manipulation. Il faut vérifier que l'humidité soit bonne (pas trop sec ni trop humide, sinon les vers se noient).

Il faut régulièrement alimenter la compostière, les vers mangent entre 1/2 et 2 fois leur poids par jour. Dans les compostières verticales, il faut vérifier le niveau du jus et le récupérer [122].

Les études indiquent qu'une quantité d'environ 20 g de vers de terre (poids vif) par jour et par volaille constitue un apport protéinique suffisant pour ces animaux laissés en liberté sur l'exploitation agricole [123]. En effet, la teneur importante en protéines, de 55 à plus de 70 % par rapport à la matière sèche des vers de terre, en fait un aliment très intéressant, non seulement pour les volailles mais aussi pour les porcs [124]. La teneur en acides aminés essentiels, dont ceux qui contiennent du soufre, est élevée : par exemples la leucine (8,2 %), la lysine (7,5 %), la valine (5,2 %), l'isoleucine (4,7 %), la thréonine (4,7 %), la méthionine (1,8 %), les pourcentages représentant les teneurs relatives par rapport à la teneur totale en acides aminés [125].

Les résultats de plusieurs expérimentations ont démontré la valeur nutritive des vers de terre. Les rapports de conversion d'aliments sont supérieurs : le gain de poids des volailles est obtenu avec des quantités inférieures de lombrics par rapport à d'autres aliments [126]. Le prix de revient des vers de terre issus du lombricompostage est généralement largement inférieur (moitié moindre ou moins) au coût des aliments utilisés dans l'élevage intensif de volailles.

L'utilisation des différentes doses de biofertilisant entre autre le lombricompost, pour 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 2.5) [36].

Des études antérieures ont également montré que le traitement foliaire des plants avec du lombricompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes [36].

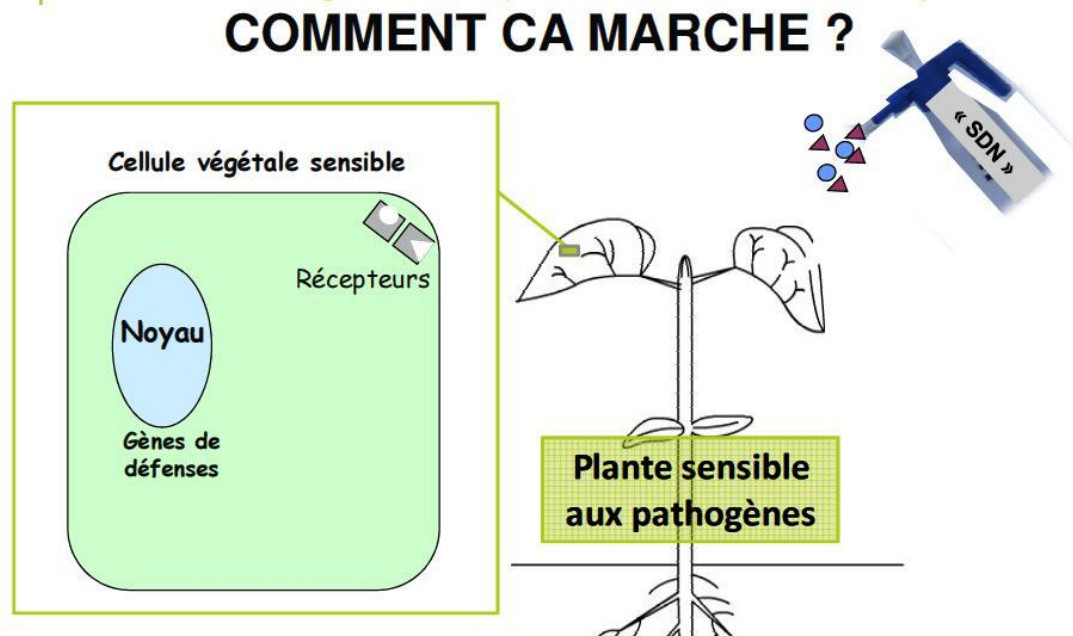


Figure 2.5. Schéma représentatif de l'utilisation du lombricompost sur la plante [36].

2.4. Rôle de la fertilisation :

A l'état naturel le sol est régulièrement enrichi par les éléments organiques (feuilles, racines,...) qui dépourissent. Ces éléments organiques sont des molécules complexes composées d'éléments simples qui constituent la vie : le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P) [87].

Ces éléments complexes sont ensuite décomposés par les microorganismes du sol (microarthropodes, bactéries, nématodes, champignons...) en éléments simples et assimilables par les plantes (Figure 2.6).

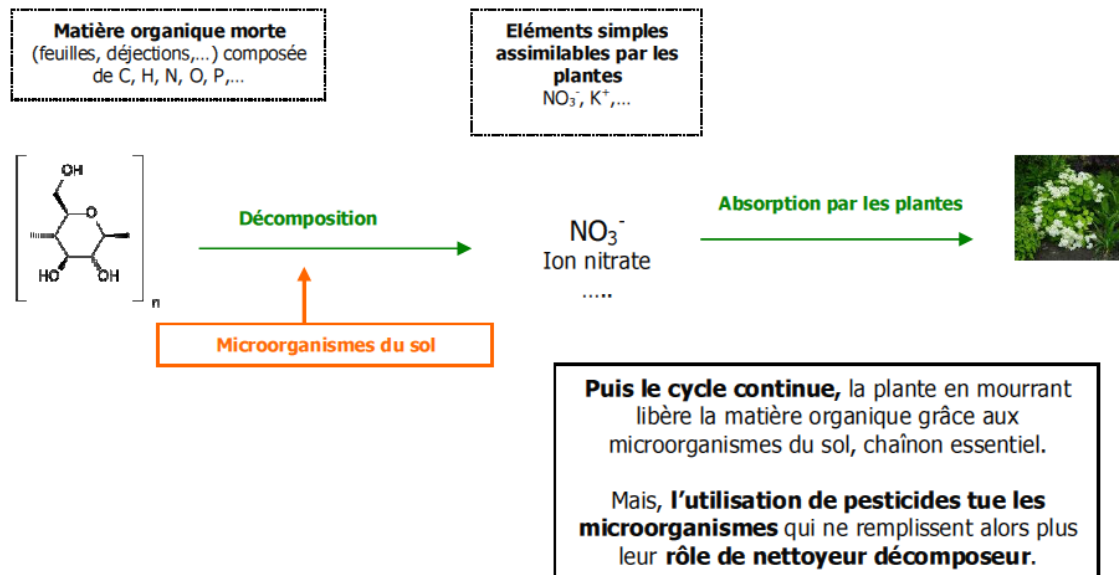


Figure 2.6. Schéma explicatif de la fertilisation [87].

2.5. Avantage des engrais biologiques :

- Récupération d'éléments organiques : filière de « recyclage » de la matière.
- Décomposition de la matière lentement dans le sol.
- Assimilation progressive par les plantes et les microorganismes, action longue.
- Les engrais comportent principalement 3 éléments nutritifs : azote (N), phosphore (P) et potassium (K).
- L'azote favorise la pousse des feuilles et intensifie la coloration verte du feuillage. Le phosphore favorise l'enracinement et le développement des bourgeons floraux. Le potassium est un élément essentiel à la formation des fruits et il favorise la résistance des plantes aux maladies [127].

- Les oligo-éléments sont aussi indispensables que les éléments nutritifs principaux. Ce sont par exemple le magnésium (nécessaire à la formation de chlorophylle), le zinc (facteur de croissance), le cuivre (qui favorise l'assimilation de la potasse et de l'azote), le bore (qui contribue à la formation cellulosique) [23].

2.6. Les avantages de l'utilisation du fumier de vers :

Il se compose d'agrégats grumeleux stables et d'éléments importants du complexe argilo humiques. La stabilité de ces agrégats garantit une meilleure aération et un meilleur drainage du sol.

Il présente constamment une action neutre et améliore ainsi la capacité au sol à réagir contre les pluies acides [128].

Il contient des particules de silice disponibles pour les plantes, avec lesquelles elles renforcent leur épiderme et repoussent ainsi les insectes nuisibles. Cela en fait un bon insecticide préventif.

Il contient des mucosités antibactériennes qui peuvent guérir les plantes malades.

Il stimule la croissance des racines et permet des rendements plus élevés et de meilleure qualité [129].

CHAPITRE 3

MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Introduction

Les cultures en milieu hydroponique strict ou sur support sont couramment utilisées dans le cadre expérimental, car elles permettent de contrôler un certain nombre de facteurs environnementaux tels que la température, l'hygrométrie, l'intensité lumineuse et le régime hydrique. Ce mode de culture permet une croissance rapide des plantes quelque soit la saison et bien sûr, il permet de contrôler parfaitement les éléments fertilisants apportés à la plante [113].

3.2. Objectifs

Les objectifs visés dans ce travail sont : mettre en évidence l'effet de l'utilisation du lombricompost 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*.

Il nous a également paru intéressant de comparer la physiologie de la nutrition de la plante cultivée en termes de fluctuation de composés biochimiques et d'éléments minéraux sous l'effet des différents régimes d'apport du lombricompost (pur, dilué 5 et dilué 10).

3.3. Conditions expérimentales

Toutes les expérimentations ont été menées au Département des Sciences Agronomiques de l'Université SAAD DAHLEB de BLIDA, dans une chambre de culture contrôlée. La température de l'enceinte est maintenue entre 22 et 28° C avec une hygrométrie comprise entre 40 et 50 %. La chambre de culture est

également équipée d'un système de photopériode alimenté par des lampes à sodium de puissance 300 WAT, permettant d'avoir 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité.

3.3.1. Obtention des plantules de fève

Des graines de fève ont été semées au niveau des alvéoles contenant la tourbe, au stade deux feuilles nous les avons placées dans des pots contenant 300cm³ de mélange de terre et de tourbe. Les plantules sont déposées sur des étagères et seront irriguées par les différentes doses du lombricompost durant toute la période de l'essai (Figure 3.1).



Figure 3.1 : Présentation du matériel biologique.

3.3.2. Obtention du lombricompost

Le lombricompostage produit deux types d'engrais, le lombricompost et le thé de vers.

Le lombricompost a la consistance d'un terreau et sans odeur, est un complément nutritionnel qui régénère et aère le sol tout en favorisant la rétention d'eau. Stable et directement assimilable par les végétaux, il favorise l'enracinement et la croissance des végétaux en ajoutant des éléments nutritifs [36].

Afin d'obtenir un lombricompost, il faut utiliser un système de casier qu'on superpose l'un sur l'autre et en mettant dedans les lombrics et les déchets ménagés et de la terre a fin qu'il puise dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu'on appel le thé du lombric (Figure 3.2).



Figure 3.2 : Système d'obtention de lombricompost.

Le thé de vers, récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l'eau contenue dans les déchets de cuisine tel que : la laitue, les coquilles d'œufs (figure 3.3) (environ 80 % de leur masse) chargée des nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l'écoulement dans le lombricompost [124].



Figure 3.3 : Processus d'obtention du lombricompost (a : les déchets ménagers ; b : les lombrics ; c, d : le thé de lombrics).

3.3.3. Infestation et entretien des populations d'*A.fabae*.

Les plantules de fève au stade 4 feuilles sont placées dans des modules en verres, puis sont infestées par des feuilles des épinards contenant le puceron noir ces dernières sont placées au centre de chaque étage. Les feuilles infestées nous ont été fourni par un agriculteur de la région de Médéa. Le dispositif est couvert par du tulle a fin de favoriser une meilleure dispersion des colonies du puceron sur les plantes de fève installé sur les différentes étagères du module (figure 3.4).



Figure 3.4. Infestation des plantules.

3.4. Méthodologie du travail

A partir de lombricompost produit durant la saison estivale et la saison hivernale nous avons essayé de vérifier l'effet des dilutions sur les paramètres populationnelles et sur la chimie de la plante, pour ce faire le produit pur a été dilué en deux doses selon une suite géométrique a raison de deux à savoir la dilution 5 et 10.

La dilution 5 (D 5) est obtenue à partir de la dilution de 100ml de la solution pure du lombricompost où on lui ajoute 400ml d'eau distillé, puis on le laisse reposer pendant 24h avant sont utilisation, ainsi la dilution 10 (D10) est obtenue à partir de l'addition de 900ml d'eau courante à 100ml de la solution diluée à 5, de même la solution obtenue est laissée reposer pendant 24h avant son utilisation. [36].

Afin d'estimer l'effet comparé de la production saisonnière du lombricompost sur la qualité phytochimique de la fève et sur le potentiel biotique du puceron noir de la fève des blocs élémentaires constitués chacun de 20 plantules ont été mis en place à savoir : bloc traité avec les différentes dilutions du lombricompost estival, bloc traité avec les différentes dilutions du lombricompost hivernal au niveau de chaque bloc, et enfin le bloc témoin n'ayant reçu aucun type d'amendement. Les plantules sont irriguées par de l'eau courante et vaporisées par le biofertilisant pur, dilué à 5 et le dilué à 10 selon le schéma directeur de l'essai (figure 3.5).

L'essai a été suivi durant 2 mois à partir de la date d'application des différentes doses du biofertilisant.

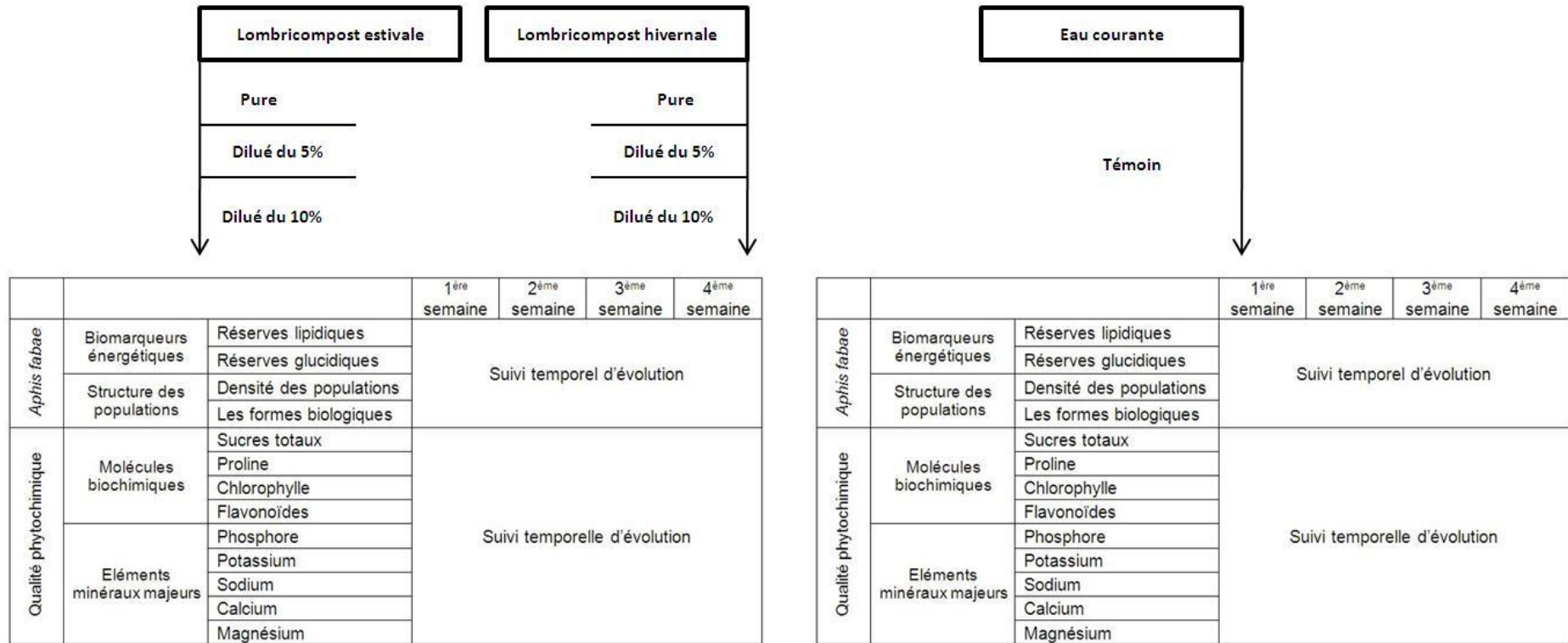


Figure 3.5 : Schéma directeur de l'effet de la production saisonnière du lombricompost sur la fitness d'*Aphis fabae* et la qualité phytochimique de *Viscia fabae*.

3.4.1. Effets de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur la densité et sur la structuration des populations du puceron noir de la fève

Au cour de notre expérimentation, la récolte de chaque semaine à partir de quatre tiges de 20 cm de long d'où le prélèvement des différents stades biologiques du puceron noir à savoir : les larves et males ailés ainsi que les aptères aussi les femelles ailées et les aptères (figure 3.6 a, b).

La densité d'*A. fabae* est obtenue par le rapport au nombre d'individus sur la longueur des tiges échantillonnées.

Des femelles aptères d'*Aphis fabae* au nombre de 30 sont prélevées et mis dans des eppendorfs de 1,5 ml puis conservé à -20°C , pour être analysée ultérieurement en terme d'évaluation des traits de vie biochimique.



Figure 3.6 (a, b) : Echantillonnage des plantules de fève.

3.4.2. Effets de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur les traits de vie biochimique du puceron noir de la fève

A partir des femelles d'*Aphis fabae* stockées sous froid nous avons quantifié les réserves énergiques lipidiques et glucidiques selon les méthodes ci après.

3.4.2.1. Extraction et quantification des réserves lipidiques

L'extraction et la quantification des réserves lipidiques a été réalisée selon la méthode de VAN BRUMMELEN & SUIJFZAND [130] qui, à partir d'une solution monophasique à base de chloroforme, méthanol et eau bi distillée (1 : 2 : 0,8) versée dans les tubes eppendorf contenant des pucerons ; sera centrifugé pendant 5 minutes à 14000 tours/min. l'adition du chloroforme permet de séparer le culot du surnageant. Les culots récupérés sont séchés sur du sulfate de sodium puis rincé avec du chloroforme, soumis à un flux d'azote, le résidu est confronté à H₂SO₄ dans une étuve réglé à 100°C pendant 10min. Après refroidissement, le rajout de 2,5 ml de solution de vanilline aboutit à l'apparition d'une couleur rose dont la lecture de la densité optique se fera à 540nm au bout de 10mn.

Le blanc est obtenu à partir d'une série de concentrations du cholestérol mélangé à l'acide sulfurique et au réactif de vanilline (tableau 3. 1)

Tableau 3. 1 : Méthode suivie pour l'obtention de la courbe standard de cholestérol [130].

Solution mère (ml)	µg de cholestérol dans le volume pris et mis dans le tube en verre	Concentration du cholestérol (µg/ml) dans la solution finale de 2.8 ml (contenant l'acide sulfurique et la réactive vanilline)	Densité optique moins le blanc, à 540 nm au bout de 10 minutes
5.6	280	100	2,4993
2.8	140	50	1,3265
1.4	70	25	0,7262
0.7	35	12.5	0,3484
0.35	17.5	6.25	0,2106
0.175	8.75	3.125	0,1221

3.4.2.2. Extraction et quantification des réserves glucidiques

Pour, l'extraction et la quantification des réserves glucidiques nous avons eu recours à la méthode de WINDECOEN, [131] qui propose une homogénéisation au vortex des pucerons dans le TCA (acide trichloroacétique) à 15% pendant 5 secondes. Les tubes contenant l'homogénéisât sont ensuite centrifugés pendant 10min à 3000 tour/min à 4°C, les surnageant sont récupérés et additionnés au phénol à 5% et 1 ml de H₂SO₄. Le mélange est déposé dans un puits d'une microplaque pendant 30 minutes à la lumière et à température ambiante ; secouer la plaque 3 secondes, puis lire la densité optique à 490nm.

Le blanc est obtenu à partir d'une solution mère de glucose à 0,5mg/ml (5mg de glucose dans 10ml d'eau distillée), dont on effectue une série de dilutions afin d'obtenir les concentrations suivantes de glucose : 0.5, 0.25, 0.12, 0.062, 0.031, 0.016 et 0.0078 mg/ml.

3.4.3. Effets de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur la qualité phytochimique de la fève

Les feuilles de fève déjà échantillonnées en fonction de l'attaque sont lavées, séchées et broyées pour la réalisation d'extraction des flavonoïdes des éléments minéraux. Pour les extractions des sucres totaux, la proline, et de la chlorophylle, le matériel biologique est utilisé en vert.

3.4.3.1. Extraction et quantification de la proline

La méthode suivie est celle de TROLL et LINDSLEY [132], simplifiée et mise au point par DREIR et GORING [133], qui a partir de matière végétale fraîche mélangée au méthanol est chauffée à 85°C pendant 60 min. Après refroidissement, on ajoute à l'extrait de l'acide acétique, de la ninhydrine et un mélange d'eau distillée, d'acide acétique et d'acide orthophosphorique (0,4 : 1 : 0,26) ; l'ensemble est portée à ébullition pendant 30 min au bout des quelles, la couleur vire au rouge. Après refroidissement, l'addition du toluène induit la

séparation de la solution en deux phases: la phase supérieure contenant la proline est récupérée à laquelle on ajoute du Na_2SO_4 et on lit la densité optique à 528 nm

Les valeurs obtenues sont converties en teneur de proline à partir de courbe étalon dont la relation est la suivante :

$$Y = 0,1043 X$$

3.4.3.2. Extraction et quantification des flavonoïdes

LEBRETON *et al.* [134], préconise après le broyage du matériel végétal sec une hydrolyse à l'HCl (2N) dans un bain marie bouillant pendant 40 minutes avec insufflation d'air toutes les 10 minutes, l'oxygène permet l'oxydation des proanthocyanidine en anthocyanidine correspondantes ; après refroidissement de l'hydrolysate, on extrait dans une ampoule à décanter à deux reprises par l'éther diéthylique, les aglycones flavoniques.

La phase aqueuse (phase inférieure) de couleur rouge orange selon les échantillons contient les anthocyanes, nous mesurons son volume total puis nous dosons ces substances à 540 nm. L'épiphase étherée (phase supérieure) récupérée est traitée un peu plus tard.

La phase qui contient les anthocyanes est ensuite reprise au n-butanol, la phase butanolique (phase supérieure) obtenue est de nouveau concentrée à deux reprises par de l'HCl (2N), elle contient les C-glycosyles-flavones.

Une fois le volume des C-glycosyles-flavones mesuré nous procédons au dosage de ces composés à 365 nm.

La teneur des C- glycosides, et des anthocyanes sont calculées par la même formule

$$T(\text{mg} / \text{g}) = \eta \cdot \frac{DO}{\varepsilon} \cdot M.V. \cdot \frac{d}{p}$$

En utilisant les constantes suivantes pour les anthocyanes :

DO : densité optique à 540 nm

η : facteur correctif qui tient compte du rendement de transformation des Proanthocyanes en et qui égal à 6

ε : coefficient d'absorption molaire égal à 34 700

M: masse molaire de la Procyanidine égale à 306g

V: volume de la phase aqueuse mesuré après hydrolyse

d : facteur de dilution

P: poids sec du matériel végétal égal à 0.5 g

T: teneur absolue des anthocyanes en mg/ g de matière végétale sèche.

Et les constantes ci après pour les C- glycosides

DO : densité optique à la longueur d'onde égale à 365 nm

ε : coefficient d'absorption molaire égal à 18 850

M : masse molaire d'un C-glycoside égal à 448 g

V : volume de la phase butanolique mesurée après concentration à l'HCl (2N)

d : facteur de dilution

p : poids sec du matériel végétal égal à 0.5 g

T : teneur absolue exprimée en mg / g de matière végétale sèche.

3.4.3.3. Extraction et quantification des sucres totaux

Les sucres solubles totaux sont dosés par la méthode de DUBOIS *et al.* [135]. Dont la matière végétale est mise en contact avec de l'éthanol à 80% durant 48 heure à une température ambiante. Le dispositif est mis à l'étuve à 80°C afin d'évaporer l'alcool, puis on ajoute 20 ml d'eau distillée au résidu. Une fraction de 2 ml de la solution obtenu est additionnée au phénol à 5%, l'acide sulfurique concentré 96%, puis homogénéisé au vortex, après 10 min ; on les place au bain- marie à une température de 30°C pendant 20 min; la lecture de la densité optique se fera à 485 nm au bout de 10mn.

Les valeurs obtenues sont reportés sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation suivant :

$$Y = 4,3918 X - 0,1946$$

3.4.3.4. Extraction et quantification de la chlorophylle

D'après TAHIRI *et al.*, [136], cinquante mg (pour chaque essai) prélevés sur le tiers médians des plus jeunes feuilles, sont broyés dans de l'acétone à 80%. Le broyage est répété plusieurs fois afin d'extraire la totalité des pigments chlorophylliens.

L'extrait obtenu est centrifugé à 2500 tours pendant 5 min. La densité optique DO de la totalité des surnageant obtenus est mesurée à 646,8 nm et à 663,2 nm (spectrophotomètre Perkin Elmer Lambda 5 U.V).

Les concentrations en chlorophylles totales (chlorophylles a et b), exprimées en mg g⁻¹ MF sont données par la formule

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

Où

V : volume de l'extrait total en litres

M : la masse de la matière fraîche broyée en grammes

Prélever 25µl de la suspension de chlorophylle et mettre dans deux ependorfs, ajouter 2ml l'alcool à 95% dans chaque tube. Mettre dans une cuve de 1ml pour ce dosage, effectuer le 0 de densité optique avec de l'alcool à 95% et mesurer la DO de l'extrait à 645 nm, 663 nm et 652 nm.

Calculer la teneur en chlorophylle total de la suspension en utilisant la formule d'ARNON [137].

Formule d'ARNON :

$$\text{Chl a} = (0,0127 \times \text{DO } 663) - (0,00269 \times \text{DO } 645) \text{ mg.ml}^{-1}$$

$$\text{Chl b} = (0,0229 \times \text{DO } 645) - (0,00468 \times \text{DO } 663) \text{ mg.ml}^{-1}$$

$$\text{Chl totale} = (0,0202 \times \text{DO } 645) + (0,00802 \times \text{DO } 663) \text{ mg.ml}^{-1}$$

Ou Chl totale = $\frac{\text{DO } 652}{34,5} \text{ mg.ml}^{-1}$

3.4.3.5. Extraction et quantification des éléments minéraux

MARTIN-PREVEL *et al.* [138] préconise pour la quantification du Mg, K, Ca et P une minéralisation de la poudre végétale obtenue selon la procédure suivante :

Sécher la poudre végétale finement broyée 16 heures à 70-80° C et refroidir 30 minutes et peser 2g en capsule de porcelaine, disposer la dans un four, élever la température à 450° C en 2 heures et maintenir 2 heures.

Puis humecter les cendres par 2 à 3 ml d'eau distillée et 1 ml d'HCl concentré (lentement ajouté), ensuite chauffer sur plaque chauffante jusqu'à l'apparition des premières vapeurs, ajouter quelques ml d'eau distillée, et par la suite filtrer, rincer la capsule 3 ou 4 fois à l'eau tiède (30-40° C) et incinérer le papier filtre et son contenu dans la capsule pendant une demi-heure à 550°C.

Reprendre par 5 ml d'acide fluorhydrique (HF) ensuite aller à sec sur plaque chauffante douce sans dépasser 100° C en reprenant par 1 ml HCl concentré, laver à l'eau tiède, amener à 100 ml (compléter au trait de jauge après refroidissement).

3.5. Analyse statistique des résultats

Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes, ces derniers ont été réalisés par le logiciel Excel.

3.5.1. 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 (période, matière active, dose), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour *ANalysis Of VAriance*) qui permet de vérifier la significativité de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

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.). Par exemple, si on désire connaître l'effet des facteurs A, B et C et seulement l'interaction entre A et C, il suffit de sélectionner explicitement ces 3 catégories.

3.5.2. Corrélations-régressions (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009 et Excel™)

Lorsque 2 variables quantitatives varient conjointement, on doit mesurer la significativité du coefficient de corrélation. En conditions paramétriques, il s'agit du coefficient r de Pearson et en conditions non paramétriques, du coefficient rho de Spearman. L'équation de la droite de régression est calculée lorsque les distributions sont en accord avec la normalité et que le coefficient de Pearson est significatif.

3.5.3. Analyse multivariée (PAST vers. 1.37)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P.). Ainsi, nous avons analysé globalement les variables qui sont corrélées entre elles (mesures pondérales, abondance des descendants et réserves énergétiques: glucides et lipides) en relation avec la période de suivi ainsi que la matière testée et cela pour les différents phénotypes étudiés. A partir des coordonnées des variables et facteurs dans les trois premiers axes de l'analyse en composantes principales, une classification ascendante hiérarchique est réalisée dans le but de détecter les groupes corrélés à partir des mesures de similarité calculées à travers des distances euclidiennes entre les coordonnées des variables quantitatives étudiées [139].

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

4.1. Effet du lombricompost estival sur la structure, la densité et les traits de vie biochimique des formes biologiques du puceron noir de la fève :

Les variations de la densité et de la structuration des différentes formes biologiques d'*Aphis fabae*, ont été évaluées sous l'effet du traitement estival du lombricompost et les différentes dilutions arrêtées.

4.1.1. Variation des densités globales d'*Aphis fabae* :

L'évolution des densités globales de la population aphidienne ainsi que sa structure ont été sujettes d'évaluation suite à l'apport des différentes formes de la production estivale du lombricompost.

Les populations d'*Aphis fabae* présentent une dénivellation de densité entre les populations traitées et les populations témoins, cette différence de densité est au profit du témoin (figure 4.1a).

La fluctuation des populations durant la période de traitement est variable, on remarque que l'abondance des individus par unité de surface est nettement différente, où on dénote une tendance à l'augmentation durant la première et la quatrième semaine du suivi (figure 4.1b).

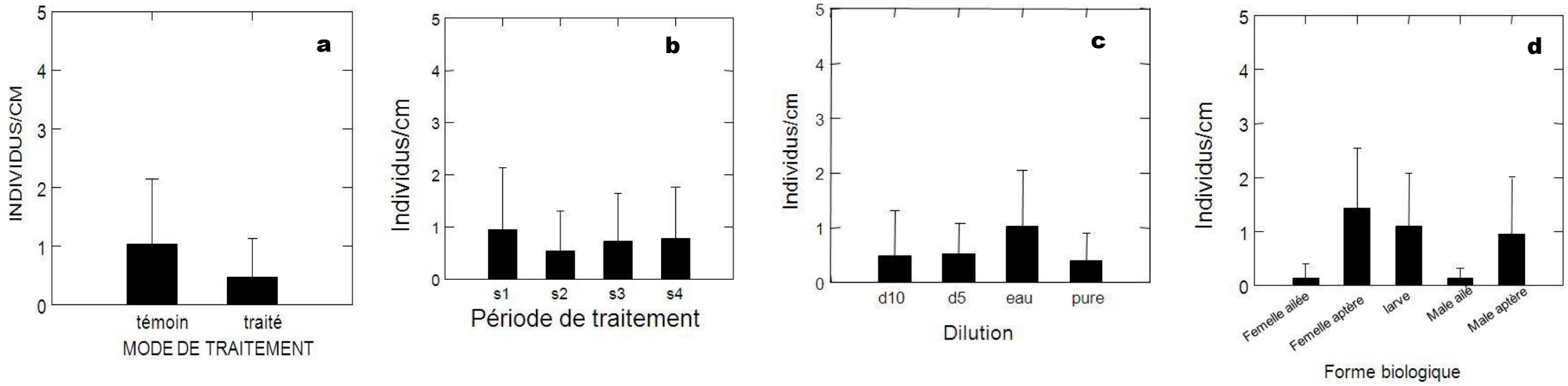


Figure 4.1 : Taux des individus d'*Aphis fabae* selon les paramètres du traitement estival

(a : mode de traitement, b : période de traitement, c : dilution, d : forme biologique)

Concernant l'effet de la dilution du lombricompost sur la densité des populations du puceron noir de la fève *Aphis fabae*, la figure (4.1 c) affiche une dissemblance entre les différentes dilutions et le témoin avec une densité assez prononcée chez le témoin.

Il apparaît clairement que la structure des formes biologiques a été touchée par les applications du lombricompost (Figure 4.1 d), où les formes ailées semblent réagir négativement aux applications du biostimulant, alors que les formes aptères apposent des densités particulièrement plus importantes.

4.1.2. Evolution comparée des densités d'*Aphis fabae* :

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier l'effet du lombricompost estival sur la densité. Ce modèle permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre facteurs, de ce fait les niveaux à l'intérieur des facteurs seront scorés à travers le nombre d'analyses qui est limité à 360. L'ensemble des résultats d'analyses sont consignées dans le tableau 4.1 et la Figure 4.2.

Tableau 4.1: Modèle G.L.M. appliqué à la densité des populations des pucerons noirs de la fève *Aphis fabae* selon le traitement estival du lombricompost (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Mode	1,201	1	1,201	2,036	0,015*
Périodes	7,360	3	2,453	4,157	0,007**
dilutions	0,553	2	0,276	0,468	0,062*
Formes biologiques	99,600	4	24,900	42,187	0,000***
Var. intra	205,991	349	0,590	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

Le tableau ci-dessus indique que la densité d'*Aphis fabae* présente une différence significative selon les différents facteurs étudiés.

On constat que la densité est moins importante avec l'application du lombricompost estival comparé au témoin (F-ratio=2,036, $p=0,015$; $p < 0,05$) (Figure 4.2a). De même, l'évolution temporelle des densités des populations désigne la présence d'une différence significative dès la deuxième semaine d'application du lombricompost (F-ratio=4,157, $p=0,007$; $p < 0,01$) (Figure 4.2b). L'effet dilution montre que les fractions du lombricompost arrêtés pour l'étude ne présente pas d'effet significatif sur la densité des populations du puceron noir de la fève (F-ratio=0,468, $p=0,062$; $p < 0,05$) (Figure 4.2c). Enfin, le test nous indique que les formes biologiques accusent des différences de densités nettement significative suite à l'application du lombricompost estival (F-ratio=42,187, $p=0,000$; $p < 0,001$) (Figure 4.2d).

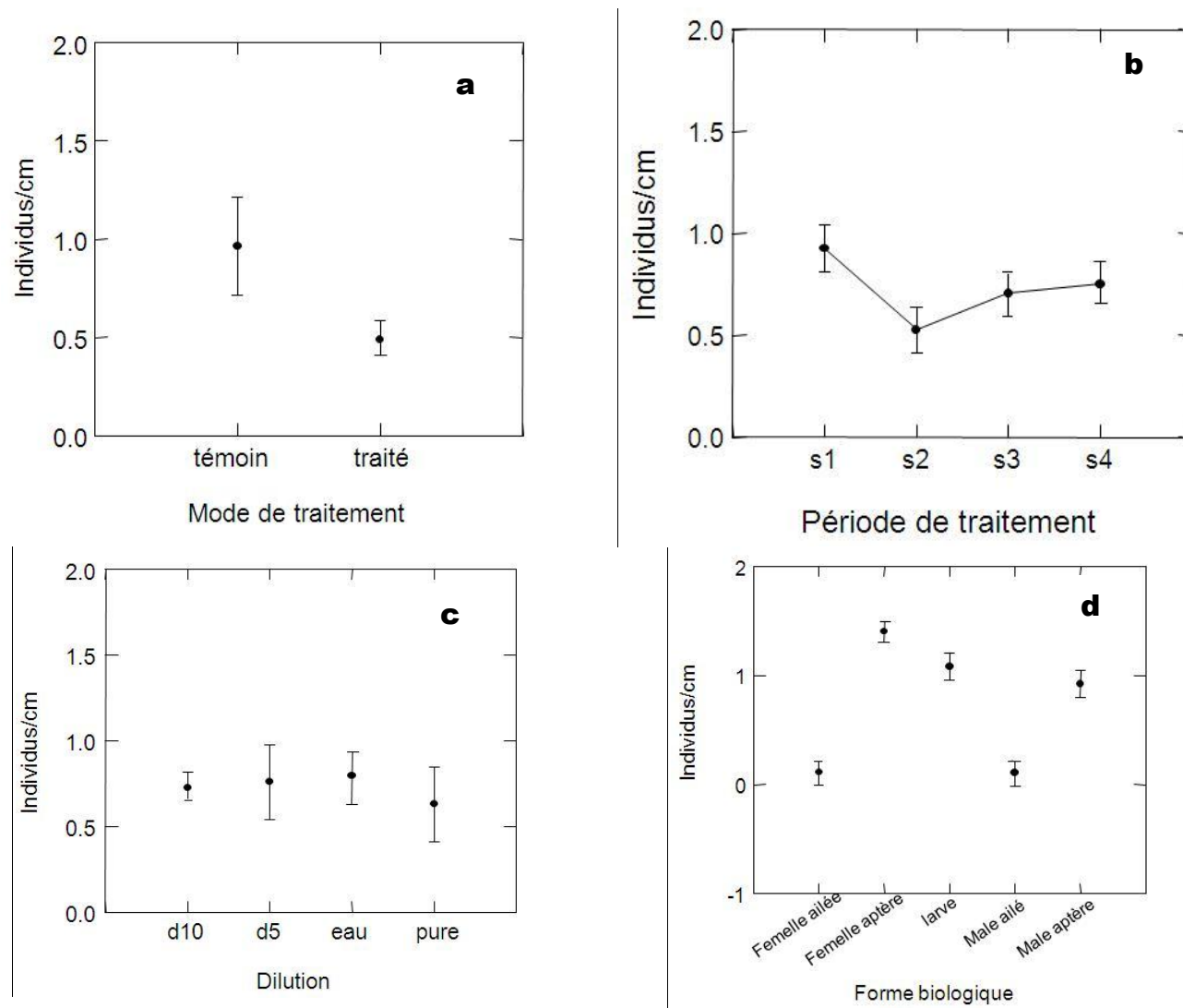


Figure 4.2: Variation de la densité selon les paramètres affectant de traitement estivale.
(a : mode de traitement ; b : période de traitement ; c : dilution ; d : formes biologiques).

A fin de ressortir les liens pouvant existés entre les différents facteurs, nous avons eu recours à des comparaisons par paire par le biais d'une analyse de la variance du type ANOVA. Les variations temporelles de la densité d'*Aphis fabae* on été confrontés aux formes biologiques, aux dilutions, et au mode de traitement du lombricompost.

Les variations des densités des populations des différentes formes biologiques sous l'effet des différentes dilutions du lombricompost estival ; ont été vérifiées par le test ANOVA (Analysis Of Variance).

Tableau 4.2: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué des dilutions estivales et des formes biologiques (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Dilution	29,334	3	9,778	16,910	0,000***
Formes biologiques	55,517	4	13,879	24,003	0,000***
Dilutions *formes biologiques	16,752	12	1,396	2,414	0,005**
Var. intra	196,598	340	0,578	-	-

* : p <0,05 ; ** : p < 0,01 ; *** : p <0,001

L'examen des variations des densités des formes biologiques sous la dépendance des dilutions du lombricompost estival montre l'existence d'une différence très significative (F-ratio= 2,414, p=0,000 ; p <0,001).

On constate un effet répressif de la forte dilution sur les différentes formes biologiques. Il est important de signaler aussi, que les différentes doses appliquées, montrent une diminution probante des densités de formes ailées plus spécifiquement (Figure 4.3).

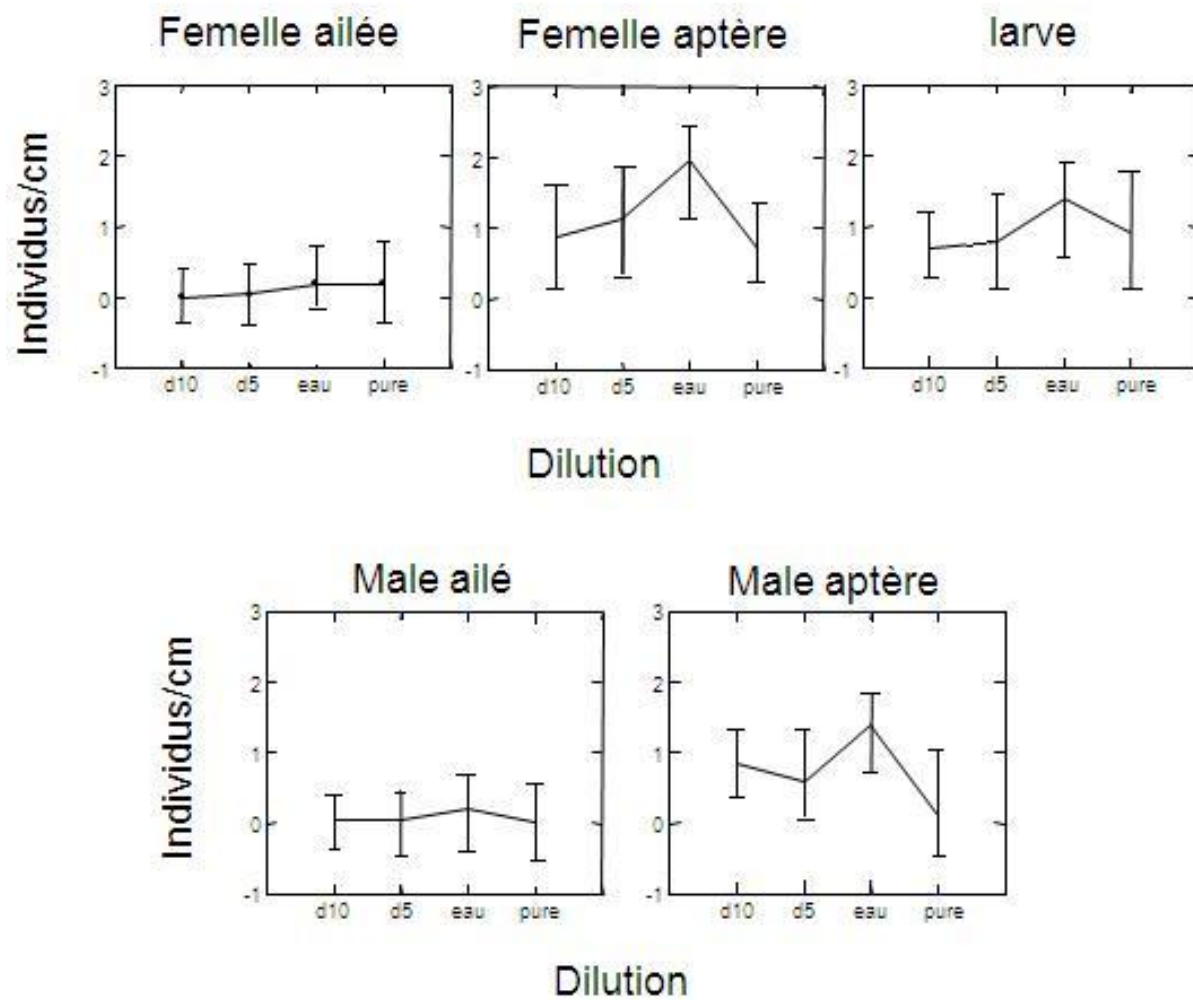


Figure 4.3: Graphes interprétatifs de l'effet des dilutions du lombricompost estival sur les formes biologiques d'*Aphis fabae*.

Les variations des densités des différentes formes biologiques sous l'effet du mode de traitement ont été vérifiées par le test ANOVA.

Tableau 4.3: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué du mode de traitement et des formes biologiques (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Mode de traitement	28,781	1	28,781	50,016	0,000***
Formes biologiques	99,600	4	24,900	43,272	0,000***
Mode de traitement *formes biologiques	12,502	4	3,125	5,431	0,000***
Var. intra	201,402	350	0,575	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

L'examen des densités des formes biologiques montre que le mode d'application du lombricompost estival désigne une différence hautement significative par rapport aux densités affichées chez le témoin. Les valeurs sont au profil du témoin (F-ratio=5,431, $p=0,000$; $p < 0,001$).

Les différences signalées entre témoin et traité par le biofertilisant sont généralisées pour toutes les formes biologiques avec une attention particulière pour les formes ailées des deux sexes, alors que les larves et les males aptères prennent la deuxième place sur l'échelle de répression (Figure 4.4).

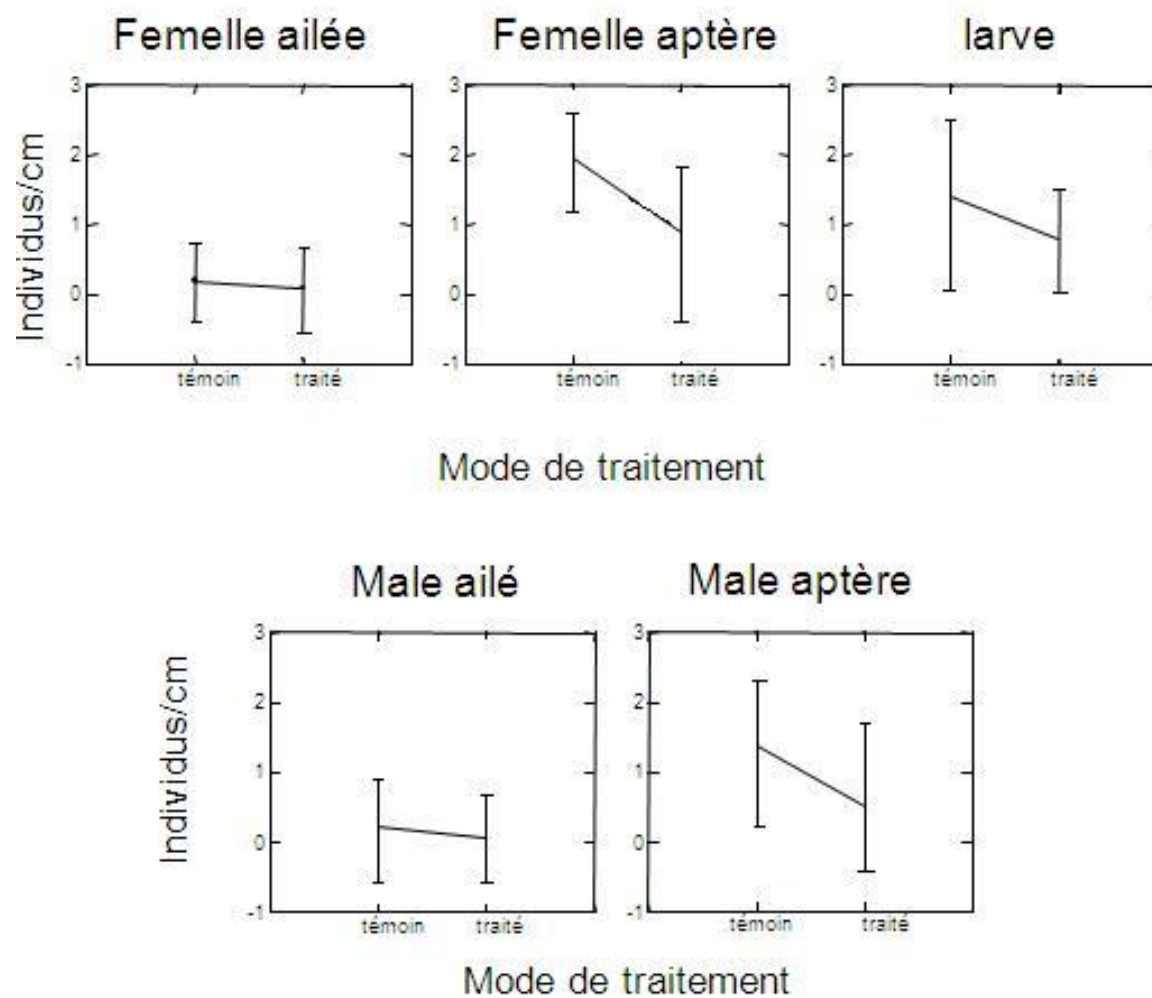


Figure 4.4: Graphes interprétatifs de l'effet du mode de traitement du lombricompost estival sur les formes biologiques d'*Aphis fabae*.

Les variations temporelles des formes biologiques sous l'effet du lombricompost estival ont été vérifiées par le test ANOVA.

Tableau 4.4: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué de la période et des formes biologiques (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Formes biologiques	99,600	4	24,900	37,513	0,000***
Périodes	7,360	3	2,453	3,696	0,012*
Formes biologiques* périodes	9,641	12	0,803	1,210	0,274 ^{NS}
Var. intra	225,684	340	0,664	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

La variation temporelle des densités des formes biologiques d'*A. fabae* présente des tendances similaires durant les quatre semaines du suivi. Bien que les différences n'affichent pas de significativité ($p=0,274$; $p>0,05$), mais on remarque un effet satisfaisant sur l'évolution des taux des larves qui baisse sensiblement durant les deux dernières semaines (Figure 4.5).

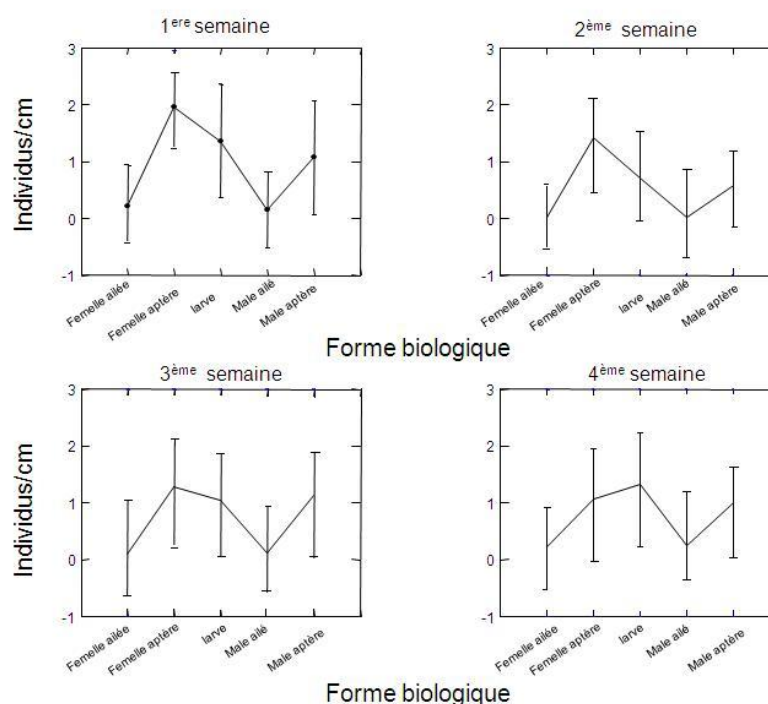


Figure 4.5: Graphes interprétatifs de l'effet de la période du traitement du lombricompost estival sur les formes biologiques d'*Aphis fabae*

4.2. Effet du lombricompost hivernal sur la structure et la densité des formes biologiques du puceron noir de la fève :

Les variations de la densité et de la structuration des différentes formes biologiques d'*Aphis fabae*, ont été évaluées sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost et les différentes dilutions arrêtées.

4.2.1. Variation des densités globales d'*Aphis fabae* :

L'évolution des densités globales de la population aphidienne ainsi que sa structure ont été sujettes d'évaluation suite à l'apport des différentes formes de la production hivernale du lombricompost.

Les populations d'*Aphis fabae* présentent une dénivellation de densité entre les populations traitées et les populations témoins, cette différence de densité est au profit du témoin (figure 4.6a)

La fluctuation des populations durant la période de traitement est variable, on remarque que le nombre d'individus par unité de surface est nettement différent pendant la première semaine de traitement par rapport aux restant des semaines qui sont les plus importants (figure 4.6b).

Concernant l'effet de la dilution du lombricompost sur la densité des populations du puceron noir de la fève, la figure (4.6 c) montre une distinction entre les différentes dilutions et le témoin avec une densité assez énoncée chez le témoin.

La structuration des formes biologiques semble interagir avec l'effet du biostimulant appliqué. La disponibilité des femelles aptères et des larves sont particulièrement les plus importantes. En revanche les densités numériques des femelles ailées et des males ailés sont très dérisoires (Figure 4.6d).

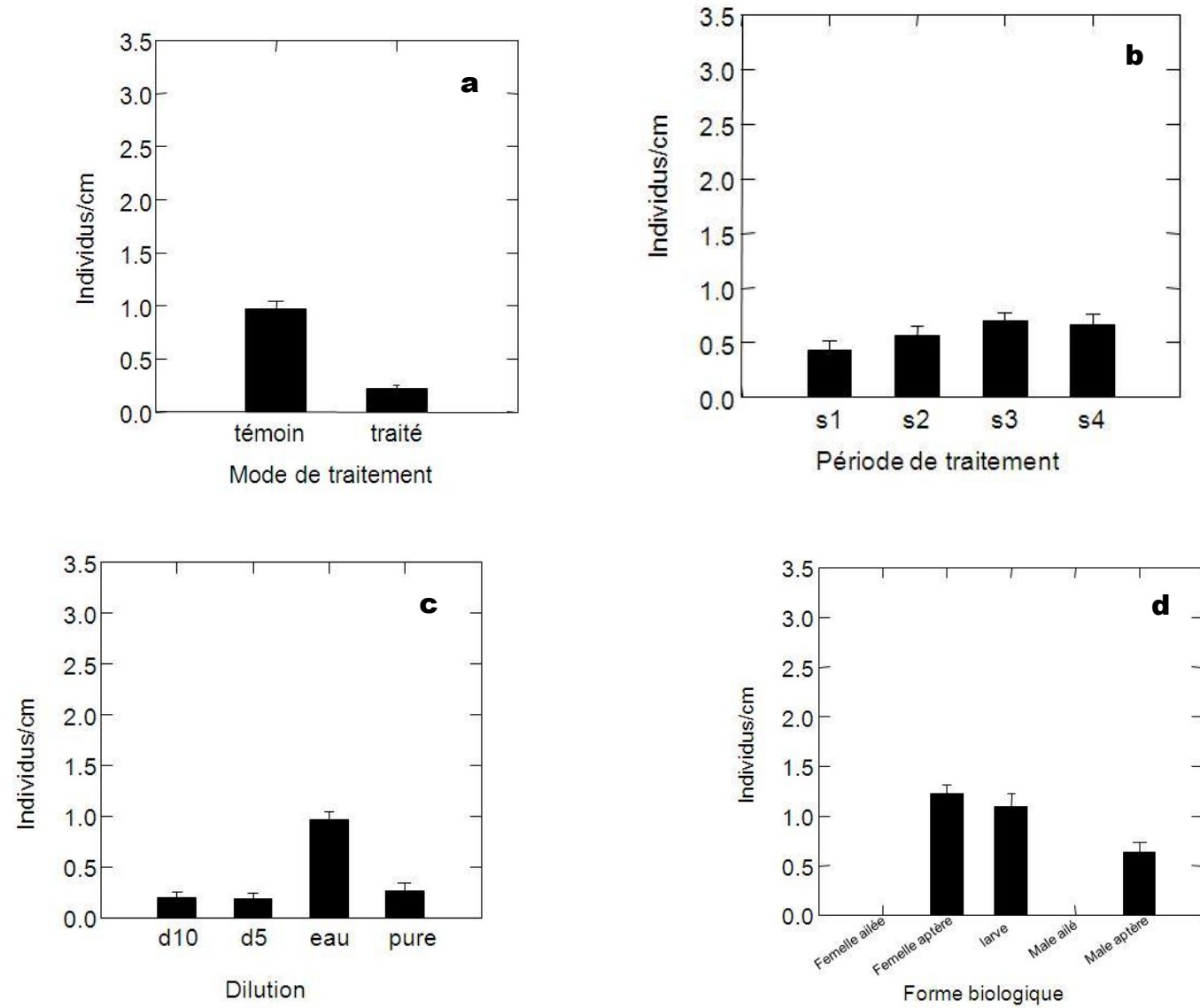


Figure 4.6 : Densités des individus d'*Aphis fabae* selon les applications du lombricompost hivernal

(a : mode de traitement, b : période de traitement, c : dilution, d : forme biologique)

4.2.2. Evolution comparée de la densité d' *Aphis fabae* :

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier l'effet du lombricompost hivernal sur la densité. L'ensemble des résultats d'analyses sont consignées dans le tableau 4.5 et la Figure 4.7.

Tableau 4.5: Modèle G.L.M. appliqué à la densité des populations d'*Aphis fabae* selon le traitement hivernal du lombricompost (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Mode	102,507	1	102,507	242,852	0,000***
Périodes	4,631	3	1,544	3,657	0,013**
Formes biologiques	176,837	4	44,209	104,738	0,000***
dilutions	0,361	2	0,180	0,427	0,6253 ^{NS}
Var. intra	147,311	349	0,422	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

Le tableau ci-dessus indique que la densité d'*Aphis fabae* présente une différence significative selon les différents facteurs étudiés.

On constat que la densité est moins importante avec l'application du lombricompost hivernal comparé au témoin ($p=0,0000$; $p<0,001$), l'évolution temporelle des densités des populations désigne la présence d'une différence significative ($p=0,013$; $p<0,01$) (Figure 4.7a, b).

L'effet dilution montre que les fractions du lombricompost arrêtés pour l'étude ne présente pas d'effet significatif sur la densité des populations du puceron noir de la fève ($p=0,6253$; $p>0,05$) (Figure 4.7c). Enfin, le test nous indique que les formes biologiques accusent des différences de densités nettement significative suite à l'application du lombricompost ($p=0,000$; $p < 0,001$) (Figure 4.7 d).

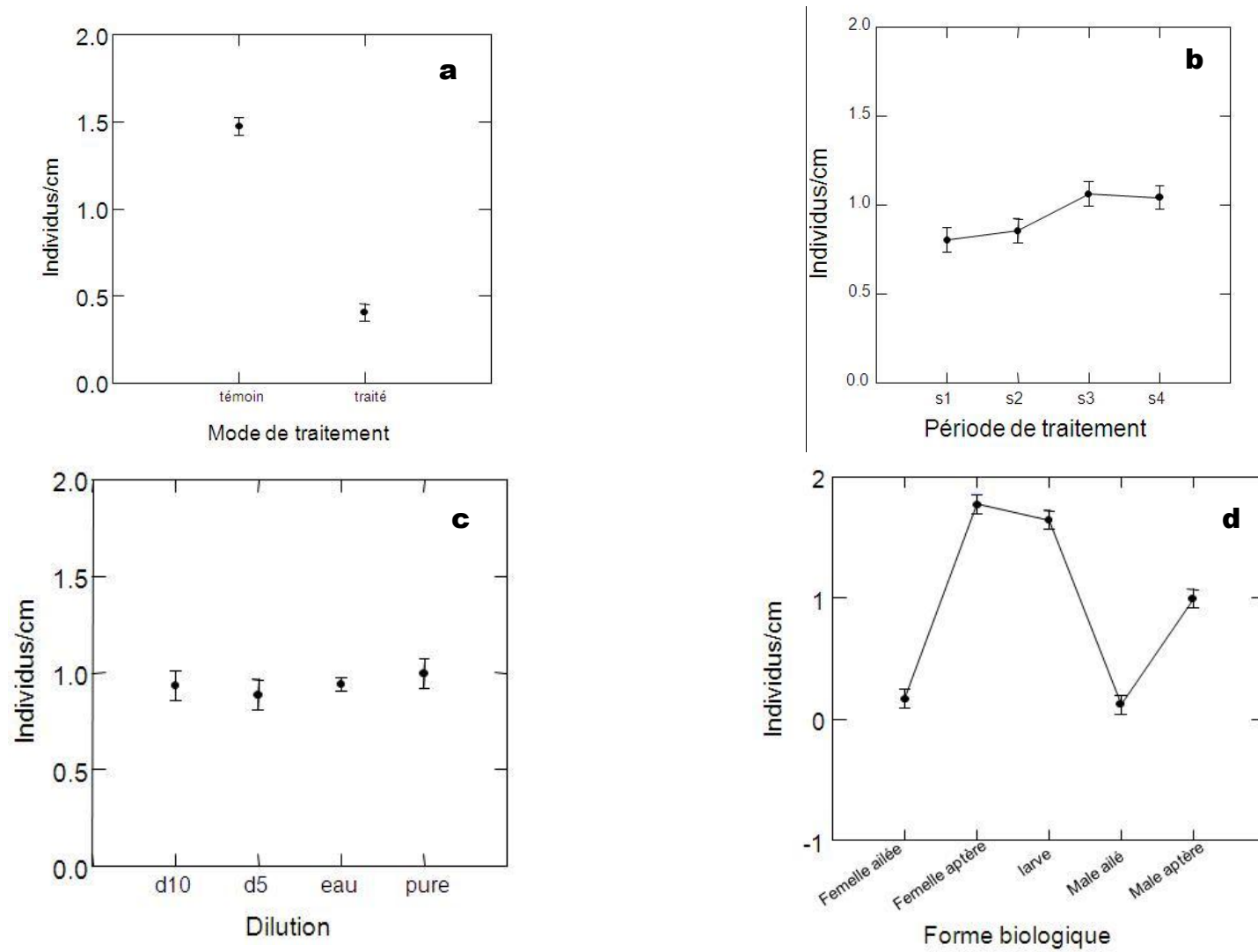


Figure 4.7: Variation de la densité selon les différents apports du lombricompost hivernal

(a : mode de traitement ; b : période de traitement ; c : dilution ; d : formes biologiques).

A fin de mettre en évidence les interactions les plus imminentes entre les différents facteurs, nous avons eu recours à des comparaisons par paire par le biais d'une analyse de la variance du type ANOVA. Les variations des densités d'*Aphis fabae* ont été confrontés aux formes biologiques, aux dilutions, et au mode de traitement.

Les variations des densités des populations des différentes formes biologiques sous l'effet des différentes dilutions du lombricompost hivernal ; ont été vérifiées par le test ANOVA.

Tableau 4.6: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué des dilutions hivernales et des formes biologiques (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Dilutions	102,868	3	34,289	123,043	0,000***
Formes biologiques	79,988	4	19,997	71,757	0,000***
Dilutions *formes biologiques	57,192	12	4,766	17,102	0,000***
Var. intra	94,750	340	0,279	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

L'examen des densités des formes biologiques fait ressortir l'effet contraignant du lombricompost sur l'évolution du nombre d'individus par unité de surface ($p=0,000$; $p < 0,001$). Cette aptitude est très apparente à l'application de la forte dilution (D10).

La figure (4.8), nous permet de signaler que la forte dose (pur) et la dilution moyenne (D5) exercent un effet presque similaire sur les différentes formes biologiques, avec la notation de la reprise des males aptères. Si l'on compare l'aspect général des évolutions des densités des formes biologiques du témoins et du pur et du D5 nous signalons une dénivellation des taux mais avec une même sensibilité aux applications.

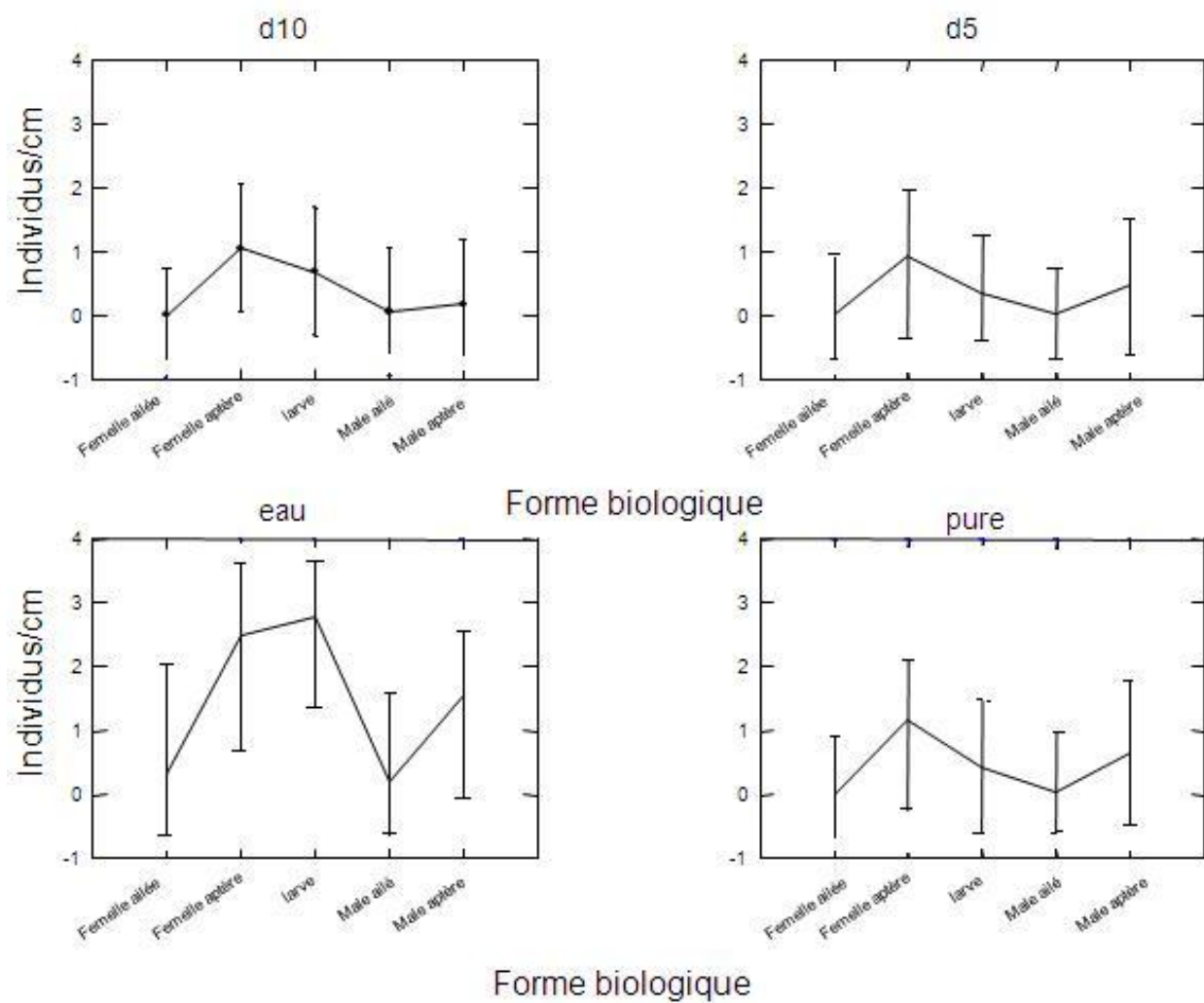


Figure 4.8: Graphes interprétatifs de l'effet des dilutions du lombricompost hivernal sur les formes biologiques d'*Aphis fabae*.

Les variations temporelles de la densité des populations aphidiennes en différentes formes biologiques sous l'effet du mode de traitement ; ont été vérifiées par le test ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12)

Tableau 4.7: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué du mode de traitement et des formes biologiques (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Formes biologiques	176,837	4	44,209	159,171	0,000***
Mode de traitement	102,507	1	102,507	369,066	0,000***
formes biologiques * Mode de traitement	55,092	4	13,773	49,588	0,000***
Var. intra	97,211	350	0,278	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

L'examen des densités des formes biologiques montre que le mode d'application du lombricompost hivernal désigne une différence hautement significative par rapport aux densités affichées chez le témoin. Les valeurs sont au profil du témoin ($F\text{-ratio}=49,588$, $p=0,000$; $p < 0,001$).

Les différences signalées entre témoin et traité par le biofertilisant sont généralisées pour toutes les formes biologiques avec une attention particulière pour les formes larvaires et ailées (Figure 4.9).

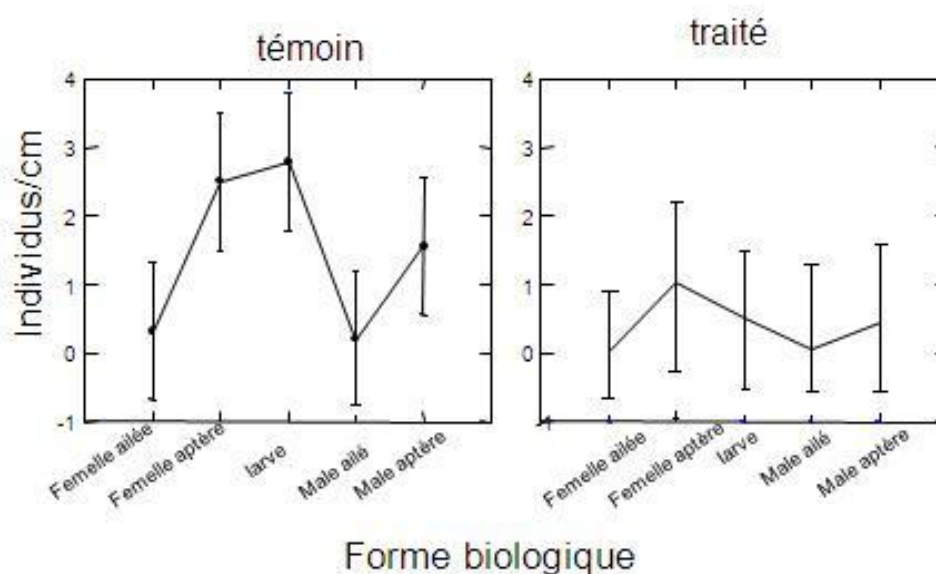


Figure 4.9: Graphes interprétatifs de l'effet du mode de traitement du lombricompost hivernal sur les densités des formes biologiques d'*Aphis fabae*.

Les variations temporelles des formes biologiques sous l'effet du lombricompost hivernal ont été vérifiées par le test ANOVA.

Tableau 4.8: Modèle ANOVA appliqué à la variation des densités sous l'effet conjugué de la période et des formes biologiques (N= 360) :

Source	Somme des carrés	DDL	Moyen des écarts	F-ratio	P
Formes biologiques	176,837	4	44,209	62,808	0,000***
Périodes	4,631	3	1,544	2,193	0,089*
Formes biologiques*périodes	10,858	12	0,905	1,285	0,225 ^{NS}
Var. intra	239,321	340	0,704	-	-

* : $p < 0,05$; ** : $p < 0,01$; *** : $p < 0,001$

La variation temporelle des densités des formes biologiques d'*A. fabae* présente des tendances similaires durant les quatre semaines du suivi. Bien que les différences n'affichent pas de significativité ($p=0,225$; $p>0,05$), mais on remarque un effet satisfaisant sur l'évolution des taux des larves (Figure 4.10).

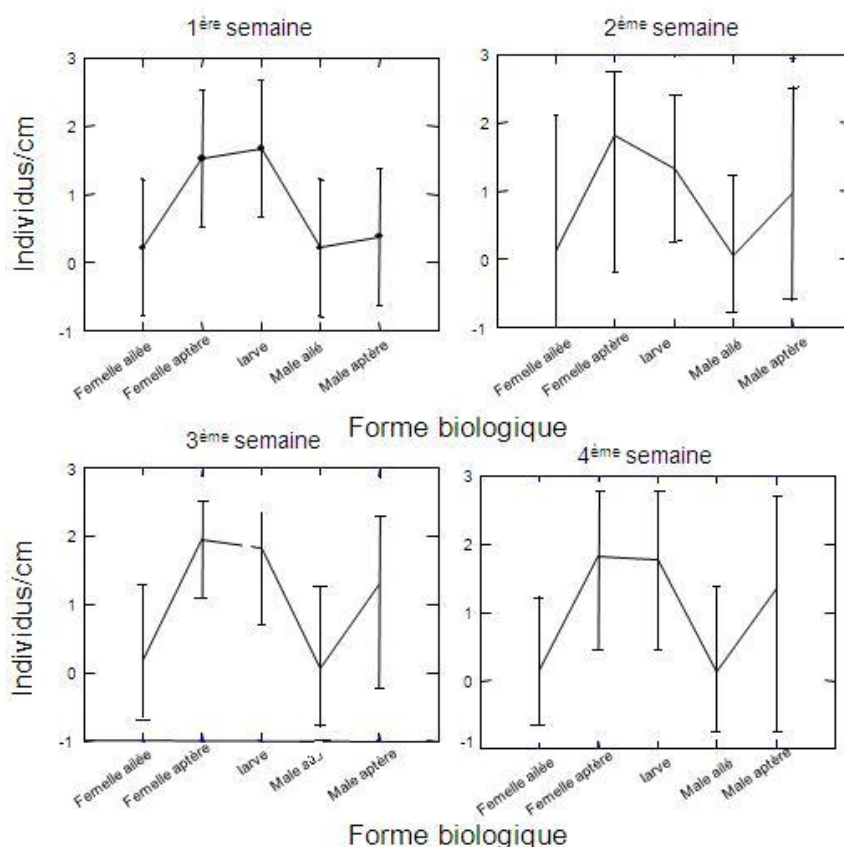


Figure 4.10: Graphes interprétatifs de l'effet de la période du traitement du lombricompost hivernal sur les formes biologiques d'*Aphis fabae*

4.3. Etude comparée de la variation de la densité d'*Aphis fabae* selon la production saisonnière du lombricompost :

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.), de manière à étudier la variation des densités selon la période de production du lombricompost. L'ensemble des résultats d'analyses sont consignés dans la Figure 4.11.

La figure (4.11) ci-dessous, nous montre clairement que statistiquement il n'existe aucun effet saisonnier sur les densités des populations d'*A. fabae* (F-ratio= 3,020, $p=0,083$; $p>0,05$), mais biologiquement, la figure fait ressortir un effet caché de l'action stimulatrice des défenses naturelles de la production estivale qui se traduit par une diminution notable des taux des individus par unité de surface.

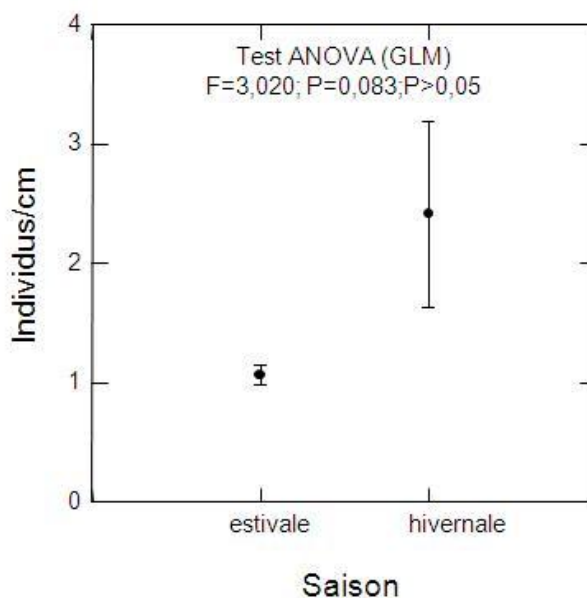


Figure 4.11: Variation de la densité d'*Aphis fabae* selon l'effet saisonnier du lombricompost.

4.4. Effet du lombricompost estival sur la structure des formes biologiques du puceron noir de la fève :

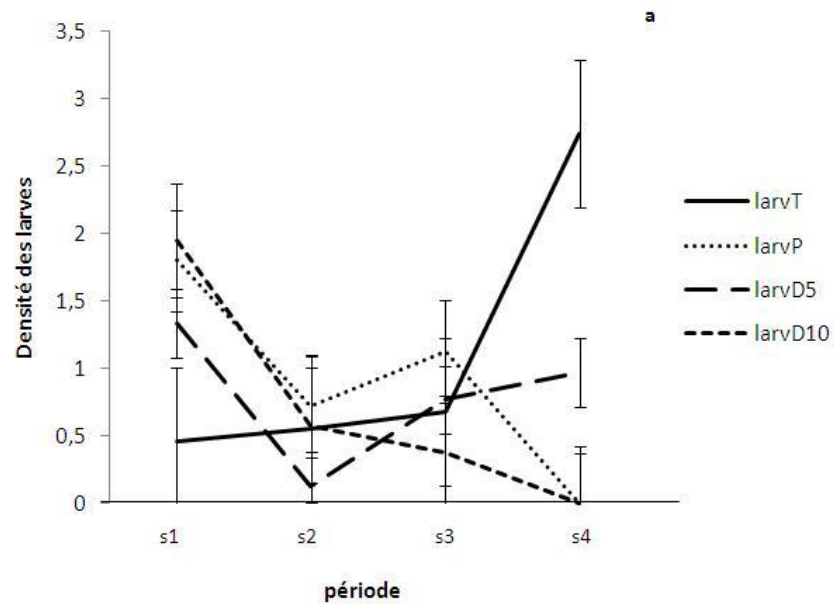
Les variations temporelles des densités des différentes formes biologiques du puceron noir de la fève ont été vérifiées sous l'effet de la production estivale du lombricompost.

4.4.1. Variation des formes biologiques d'*Aphis fabae* :

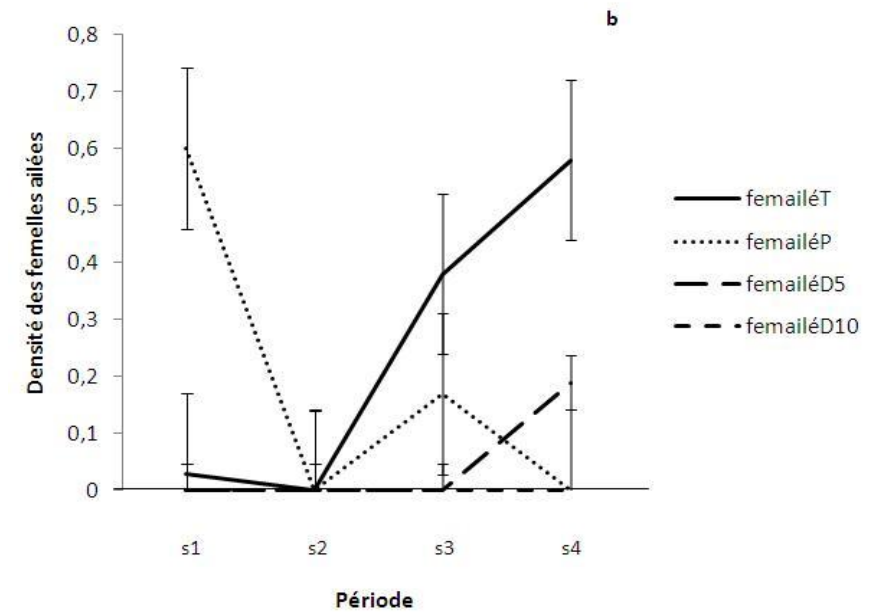
Une série de projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation temporelle des différentes formes biologiques en fonction des apports du biofertilisant.

La courbe d'évolution temporelle des larves témoins est en constante augmentation, elles atteindront leur apogée vers la fin de la quatrième semaine (Figure 4.12a). Concernant les populations larvaires exposées aux traitements purs et à la forte dilution (D10) leurs profils montrent une diminution au fil du temps, contrairement à la densité de larves traitées avec dilution moyenne (D5) on remarque une diminution durant la deuxième semaine de l'essai. La densité larvaire est revue à la hausse mais elle sera loin des effectifs enregistrés chez le témoin (Figure 4.12a).

La densité des femelles ailées exposées à la forte et à la moyenne dilution demeurent très faibles par rapport aux taux des femelles ailées prise comme témoin (Figure 4.12b). Après exposition des femelles ailées aux applications du lombricompost pur, on signale des fléchissements temporels entre la deuxième et la quatrième semaine.



a : Larv T : larve témoin ; larv P : larve traité avec le pure ;
larv D5 : larve traité avec le dilué du 5% ; larv D10 : larve traité avec le dilué du 10%.



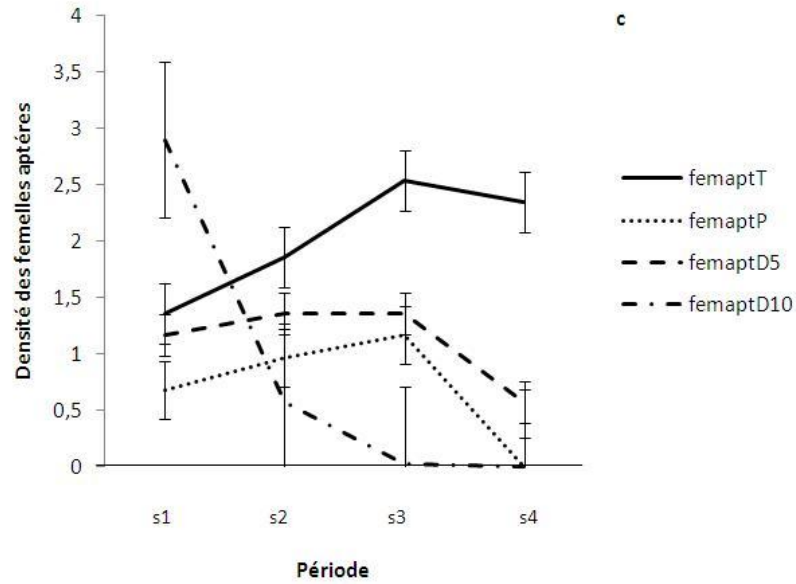
b : Femelle ailée T : femelle ailée témoin ; femelle ailée P : femelle ailée traité avec le pure ; femelle ailée D5 : femelle ailée traité avec le dilué du 5% ; femelle ailée D10 : femelle ailée traité avec le dilué du 10%.

Figure 4.12 (a, b): Fluctuation temporelle des populations larvaires(a) et des femelles ailées (b) sous l'effet du traitement estival du lombricompost.

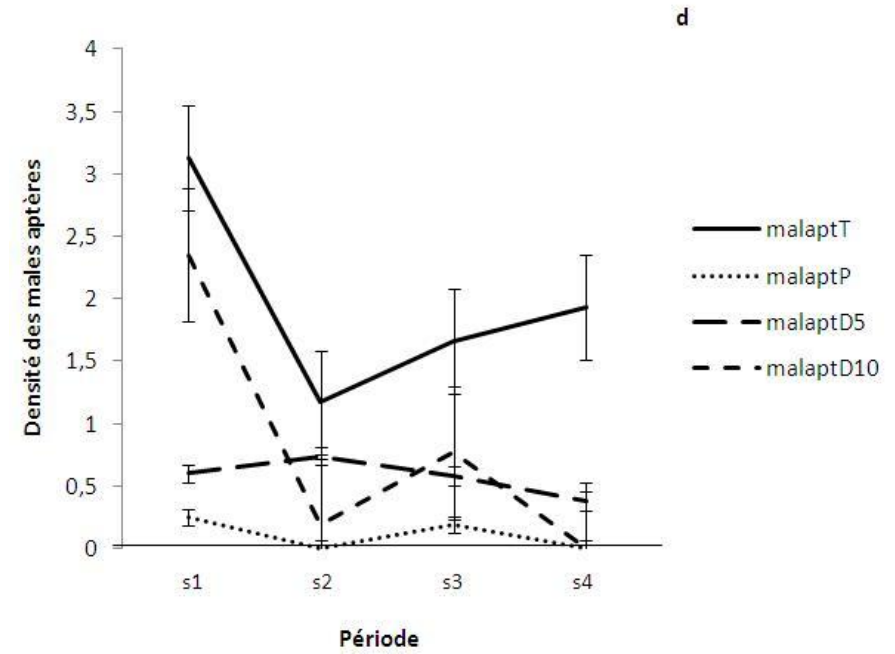
Concernant les femelles aptères, les trois courbes qui représentent le témoin, le traité avec dilué du 5% et celui du pure, au début jusqu'à la troisième semaine du traitement, il ya eu une augmentation puis vers la fin de la période du traitement on assiste à une diminution (Figure 4.12c). Part contre, l'effet du traitement dilué du 10% diminue nettement la densité jusqu'à la fin de la période de traitement.

La courbe d'évolution des males aptères témoins et traités avec le dilué du 10% durant la deuxième semaine de traitement on assiste à une diminution accés importante, la suite des périodes de traitement concernant le témoin on remarque une légère augmentation par contre le traité une fluctuation dans le temps (Figure 4.12d).

Passant aux densités des males aptères traités avec le pure qui demeurent très faible, et de même pour les males aptères traités avec le dilué du 5% on constate une diminution dans le temps du traitement (Figure 4.12d).

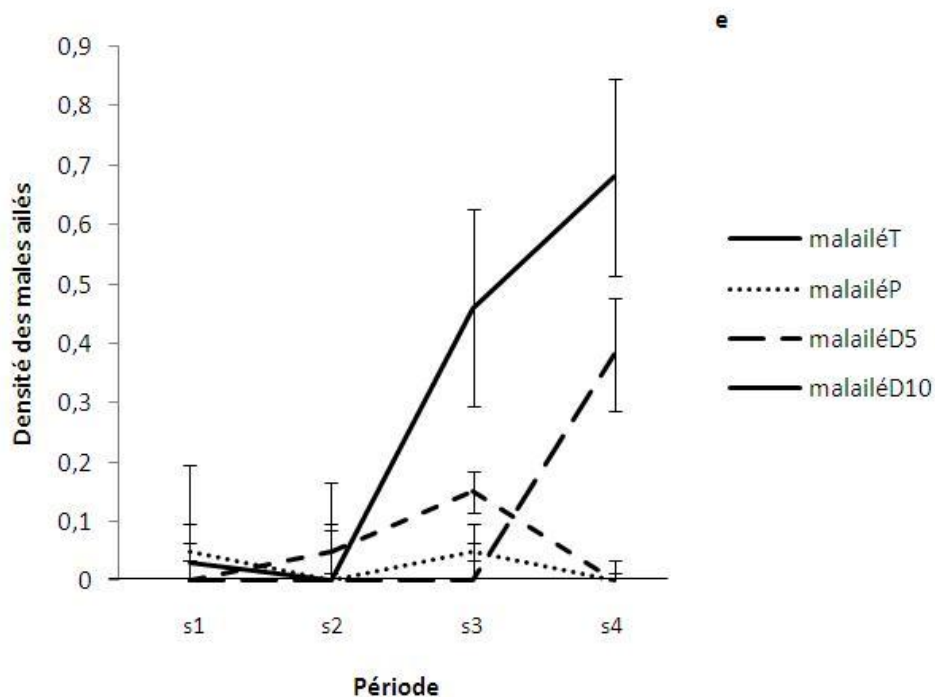


c : Femelle aptère T : femelle aptère témoin ; femelle aptère P : femelle aptère traité avec le pure ; femelle aptère D5 : femelle aptère traité avec le dilué du 5% ; femelle aptère D10 : femelle aptère traité avec le dilué du 10%.



d : Male aptère T : f Male aptère témoin ; Male aptère P : Male aptère traité avec le pure ; f Male aptère D5 : f Male aptère traité avec le dilué du 5% ; Male aptère D10 : Male aptère traité avec le dilué du 10%.

Figure 4.12 (c, d): Fluctuation temporelle des populations des mâles aptères (c) et des femelles aptères (d) sous l'effet du traitement estival du lombricompost.



e : Male aptère T : f Male aptère témoin ; Male aptère P : Male aptère traité avec le pure ; f Male aptère D5 : f Male aptère traité avec le dilué du 5% ; Male aptère D10 : Male aptère traité avec le dilué du 10%.

Figure 4.12 e : Fluctuation temporelle des populations des males ailés sous l'effet du traitement estival du lombricompost.

Les courbes d'évolution des males ailés ayant subies des différents traitements ainsi que le témoin jusqu'à la deuxième semaine leurs densité est quasi nulle, après cette période chaque courbe différent ceux traités avec le pure et le dilué du 5% augmente un peu leurs densité pendant la troisième période du traitement ensuite il ya une baisse de cette densité à la fin du traitement (Figure 4.12 e).

Les males ailés traités avec le dilué du 10% continues à être quasiment nul à la troisième période du traitement ensuite une légère augmentation à la fin du traitement.

Par contre la courbe qui représente les males ailés témoin durant la deuxième semaine du traitement une hausse de la densité continue jusqu'à même la fin du traitement (Figure 4.12 e).

4.4.2. Evolution comparée des formes biologiques d'*Aphis fabae* :

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : larve sous l'effet du lombricompost pendant la saison estivale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.9: Analyses de la variance des larves sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	0,331	3	0,11	0,161	0,92
La taille des groupes	8,2	12			
Total	8,53	15	0,684		

	Larve Témoin	Larve Pure	Larve Dilué 5%	Larve Dilué 10%
Larve Témoin	-	0,986	0,951	0,912
Larve Pure	0,478	-	0,998	0,989
Larve Dilué 5%	0,744	0,266	-	0,999
Larve Dilué 10%	0,925	0,447	0,181	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des larves sous l'effet du traitement du lombricompost estival à différentes dilution montre qu'elles ne sont pas significative ($p=0,920$) selon le test de Tukey's de ONE -WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : femelle ailée sous l'effet du lombricompost pendant la saison estivale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.10: Analyses de la variance des femelles ailées sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	0,085	2	0,042	0,761	0,494
La taille des groupes	0,504	9	0,056		
Total	0,589	11			

	Femelle ailée Témoin	Femelle ailée Pure	Femelle ailée Dilué 5%
Femelle ailée Témoin	-	0,942	0,485
Femelle ailée Pure	0,464	-	0,673
Femelle ailée Dilué 5%	1,69	1,225	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des femelles ailées sous l'effet du traitement du lombricompost estival à différentes dilution montre qu'elles ne sont pas significative ($p=0,494$) selon le test de Tukey's de ONE -WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : femelle aptère sous l'effet du lombricompost pendant la saison estivale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.11: Analyses de la variance des femelles aptères sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	4,157	3	1,385	2,159	0,145
La taille des groupes	7,700	12			
Total	11,858	15	0,641		

	Femelle aptère Témoin	Femelle aptère Pure	Femelle aptère Dilué 5%	Femelle aptère Dilué 10%
Femelle aptère Témoin	-	0,1445	0,4113	0,2308
Femelle aptère Pure	3,302	-	0,884	0,9898
Femelle aptère Dilué 5%	2,272	1,03	-	0,9734
Femelle aptère Dilué 10%	2,871	0,4307	0,5992	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des femelles aptères sous l'effet du traitement du lombricompost estival à différentes dilution montre qu'elles ne sont pas significative ($p=0,145$) selon le test de Tukey's de ONE -WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : male ailé sous l'effet du lombricompost pendant la saison estivale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.12: Analyses de la variance des males ailés sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	0,176	3	0,058	1,544	0,254
La taille des groupes	0,458	12			
Total	0,635	15	0,038		

	Male ailé Témoin	Male ailé Pure	Male ailé Dilué 5%	Male ailé Dilué 10%
Male ailé Témoin	-	0,2649	0,5064	0,3401
Male ailé Pure	2,737	-	0,956	0,9978
Male ailé Dilué 5%	2,021	0,7162	-	0,9875
Male ailé Dilué 10%	2,481	0,2558	0,4604	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des males ailés sous l'effet du traitement du lombricompost estival à différentes dilution montre qu'elles ne sont pas significative ($p=0,254$) selon le test de Tukey's de ONE -WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : male aptère sous l'effet du lombricompost pendant la saison estivale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.13: Analyses de la variance des males aptères sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	7,527	3	2,509	5,366	0,014
La taille des groupes	5,611	12			
Total	13,139	15	0,467		

	Male aptère Témoin	Male aptère Pure	Male aptère Dilué 5%	Male aptère Dilué 10%
Male aptère Témoin	-	0,01081	0,05736	0,137
Male aptère Pure	5,447	-	0,7731	0,4761
Male aptère Dilué 5%	4,087	1,36	-	0,9522
Male aptère Dilué 10%	3,349	2,098	0,7385	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des males aptères sous l'effet du traitement du lombricompost estival à différentes dilution montre qu'elles ont eu une différence significatives entre les males aptères du témoin et les males aptères traités avec le pure et celui des males aptères traités avec le dilué 5% avec des probabilités respectives ($r= 5,447$, $p= 0,010$, $p<0,05$), ($r= 4,087$, $p= 0,05$, $p<0,05$) selon le test de Tukey's de ONE –WAY ANOVA.

4.5. Effet du lombricompost hivernal sur la structure des formes biologiques du puceron noir de la fève :

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers chaque forme biologique : larve, femelle ailée, femelle aptère, male ailé, male aptère sous l'effet du lombricompost pendant la saison hivernale. Une série de projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de chaque forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement.

4.5.1. Variation des formes biologiques d'*Aphis fabae* :

La courbe d'évolution temporelle des larves témoins subie une diminution durant la deuxième semaine puis la suite de la période d'observation de l'expérimentation elle augmente progressivement (Figure 4.13a).

La courbe qui représente les larves traité avec le dilué du 5% est en constance augmentation dès qu'elle atteint la troisième semaine de traitement sa densité diminue grandement (Figure 4.13a).

Concernant les populations de larves exposées aux traitements pure et dilué du 10% le profil de ces deux courbes montre une augmentation de leurs densités jusqu'à la deuxième semaine de la période de traitement ensuite une légère baisse durant la troisième semaine, et lors de la dernière semaine de traitement pour les larves pures leurs diminution continues, par contre les larves traités avec le dilué du 10% affiches une légère augmentation (Figure 4.13a).

La densité des femelles ailées traitées avec le dilué du 10% et le pure observés aux cours des périodes de traitement demeurent très faibles par rapport à celui des femelles ailées témoins d'où on remarque qu'elles subissent une diminution durant la deuxième semaine ensuite une remonté de cette densité à la troisième semaine puis une légère baisse à la fin de la période de suivi (Figure 4.13b). concernant les femelles ailées traité avec le dilué du 5% subissent au cour de la deuxième semaine de traitement une augmentation accès faible puis une diminution continu jusqu'à la fin de la période de suivi (Figure 4.13b).

La courbe d'évolution des males aptères témoins est en constante augmentation, elle atteint même un pic important durant la période d'investigation.

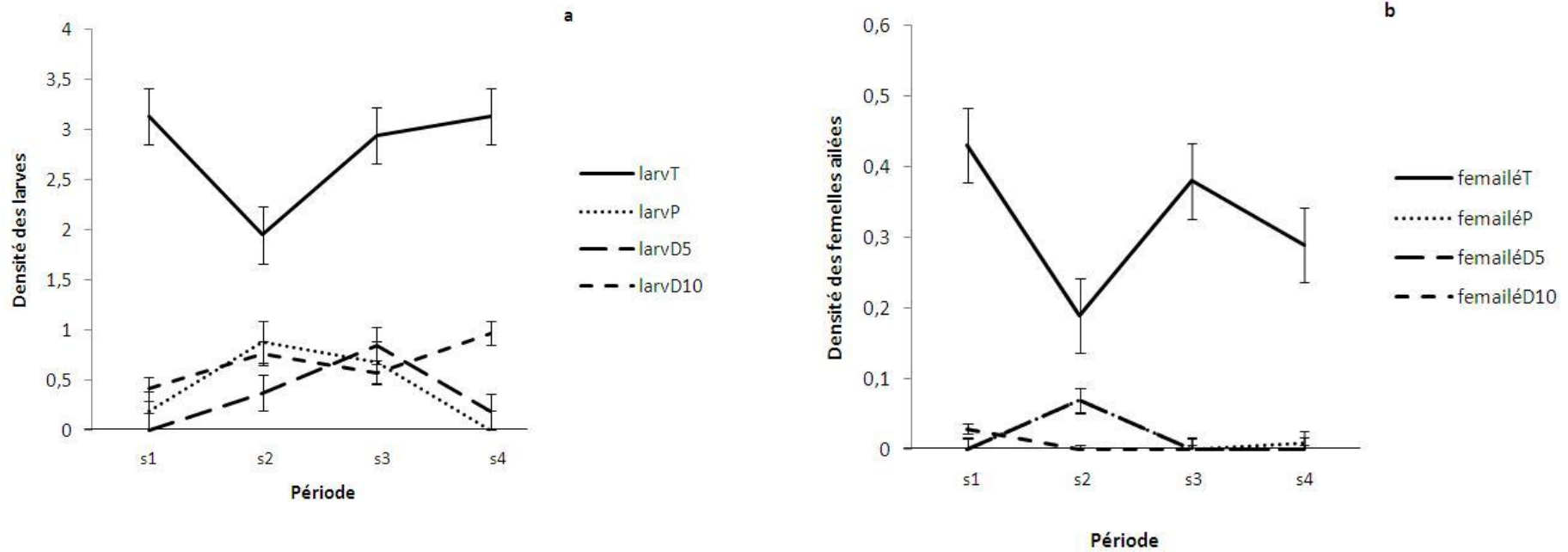
On remarque une augmentation qui dure de la première semaine de traitement jusqu'à la troisième semaine pour les males aptères traité avec le pure et par la suite une chute importante de cette densité durant la fin de la période de traitement (Figure 4.13c).

Par ailleurs, la densité des males aptères traités avec le dilué du 5% est en constante évolution dès la première semaine jusqu'à la troisième semaine de traitement puis une stabilisation vers la fin de la période de suivi (Figure 4.13c).

Par contre, les males aptères traités avec le dilué du 10%, pendant la première semaine du traitement leurs densité diminue progressivement à la deuxième semaine du traitement, par la suite une augmentation infime à la troisième semaine jusqu'à diminution totale à la fin de la période de suivi (Figure 4.13c).

Concernant les femelles aptères témoins durant toute la période d'investigation leurs densité ne cessai d'augmenter progressivement contrairement a la courbe représentant les femelles aptères traité avec le dilué du 10% qui a l'effet inverse du précédant (Figure 4.13d).

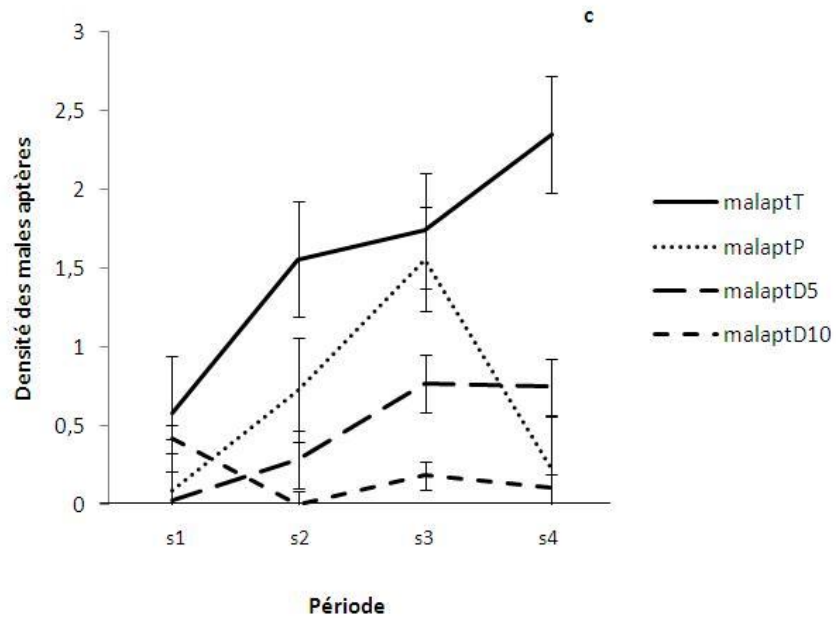
Le restant des courbes ayant le même profil de la dynamiques de la population des femelles aptères traités avec le pure et le dilué du 5% se présente pratiquement très rapprochées une augmentation progressive du début de la période de traitement jusqu'à la troisième semaine puis finiront par diminués (Figure 4.13d).



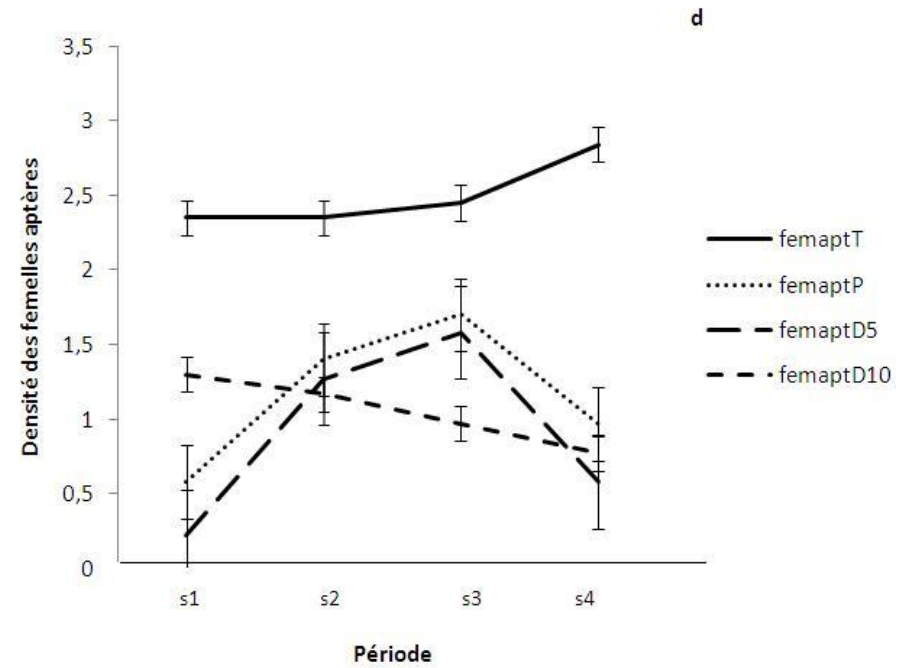
a: LarvT : larve témoin ; larv P : larve traité avec le pure ; larvD5 : larve traité avec le dilué du 5% ; larvD10 : larve traité avec le dilué du 10%.

b: Femelle ailé T : femelle ailé témoin ; femelle ailé P : femelle ailé traité avec le pure ; femelle ailé D5 : femelle ailé traité avec le dilué du 5% ; femelle ailé D10 : femelle ailé traité avec le dilué du 10%.

Figure 4.13 (a, b) : Fluctuation temporelle des populations larvaires (a) et des femelles ailées (b) sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost.

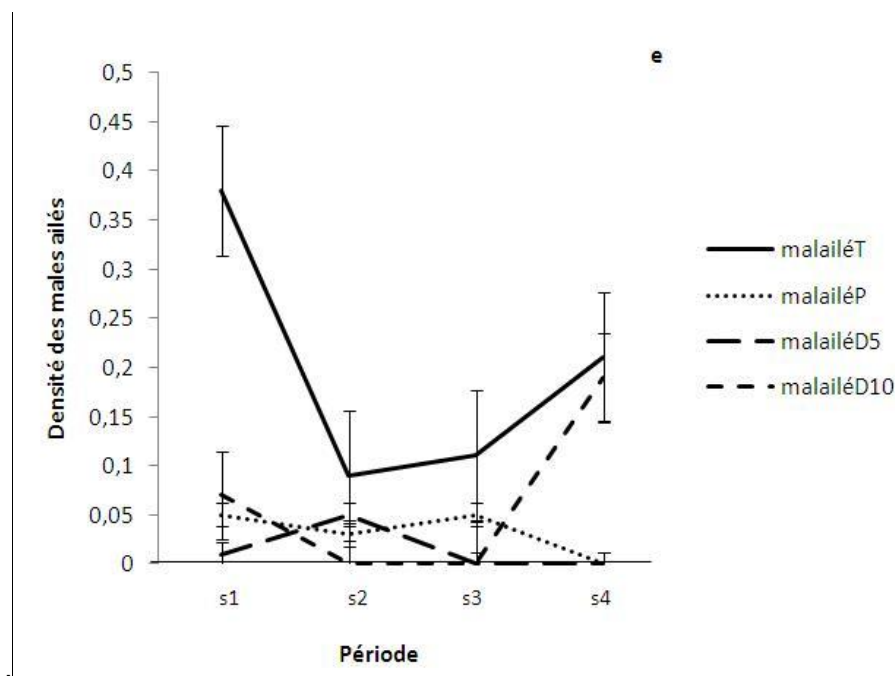


C: Male aptère T : f Male aptère témoin ; Male aptère P : Male aptère traité avec le pure ; f Male aptère D5 : f Male aptère traité avec le dilué du 5% ; Male aptère D10 : Male aptère traité avec le dilué du 10%.



d: Femelle aptère T : femelle aptère témoin ; femelle aptère P : femelle aptère traité avec le pure ; femelle aptère D5 : femelle aptère traité avec le dilué du 5% ; femelle aptère D10 : femelle aptère traité avec le dilué du 10%.

Figure 4.13 (c, d) : Fluctuation temporelle des populations des males aptères (c) et des femelles aptères (d) sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost.



Male ailé T : f Male ailé témoin ; Male ailé P : Male ailé traité avec le pure ; f Male ailé D5 : f Male ailé traité avec le dilué du 5% ; Male ailé D10 : Male ailé traité avec le dilué du 10%.

Figure 4.13 e : Fluctuation temporelle des populations des males ailés sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost.

La courbe qui concerne l'évolution des males ailés témoins montre une forte diminution de leur densité durant la deuxième semaine du suivi après une légère stagnation puis après la remonté de la courbe vers la fin de la période de suivi (Figure 4.13 e).

La densité de la population des males ailés traités au dilué du 10% demeure en diminution continu à la deuxième semaine et quasi nulle à la troisième semaine du traitement puis une remonté importante à la fin du traitement (Figure 4.13 e).

En ce qui concerne les males ailés traités avec le pure une diminution faible est remarqué durant la deuxième semaine, ensuite une légère augmentation à la troisième semaine, jusqu'à une diminution importante à la fin de la période de traitement (Figure 4.13 e).

L'effet du dilué du 5% sur les males ailés montre une légère augmentation de la densité à la deuxième semaine, une forte diminution à la troisième semaine jusqu'à arrivé à la densité nulle pendant la fin de la période de suivi (Figure 4.13 e).

4.5.2. Evolution comparée des formes biologiques d'*Aphis fabae* :

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : larve sous l'effet du lombricompost pendant la saison hivernale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.14: Analyses de la variance des larves sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	16,024	3	5,341		
La taille des groupes	2,044	12			
Total	18,068	15	0,170	31,36	5,84 *10 ⁻⁶

	Larve Témoin	Larve Pure	Larve Dilué 5%	Larve Dilué 10%
Larve Témoin	-	0,0002084	0,0002047	0,0002439
Larve Pure	11,38	-	0,991	0,8349
Larve Dilué 5%	11,79	0,4119	-	0,6786
Larve Dilué 10%	10,19	1,187	1,599	-

* : p <0.05 ; ** : p < 0.01 ; *** : p <0.001

L'examen de la variation temporelle des larves sous l'effet du traitement du lombricompost hivernal à différentes dilution montre qu'elles ont eu une différence significatives entre les larves du témoin et les larves traités avec le pure et celle des larves traités avec le dilué 5%, ainsi que les larves traités avec le dilué 10% avec des probabilités respectives ($r = 11,38$, $p = 2,084 * 10^{-3}$, $p < 0,001$), ($r = 11,79$, $p = 2,047 * 10^{-3}$, $p < 0,001$), ($r = 10,19$, $p = 2,43 * 10^{-3}$, $p < 0,001$) selon le test de Tukey's de ONE – WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : femelle ailée sous l'effet du lombricompost pendant la saison

hivernale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.15: Analyses de la variance des femelles ailées sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	0,284	3	0,094	27,56	1,148 *10 ⁻⁵
La taille des groupes	0,041	12	0,0034		
Total	0,325	15			

	Femelle ailée Témoin	Femelle ailée Pure	Femelle ailée Dilué 5%	Femelle ailée Dilué 10%
Femelle ailée Témoin	-	0,0002385	0,0002356	0,0002188
Femelle ailée Pure	10,32	-	0,9999	0,9901
Femelle ailée Dilué 5%	10,41	0,08531	-	0,9949
Femelle ailée Dilué 10%	10,75	0,4265	0,3412	-

* : p <0.05 ; ** : p < 0.01 ; *** : p <0.001

L'examen de la variation temporelle des femelles ailées sous l'effet du traitement du lombricompost hivernal à différentes dilution montre qu'elles ont eu une différence significatives entre les femelles ailées du témoin et les femelles ailées traités avec le pure et celle des femelles ailées traités avec le dilué 5%, ainsi que les femelles ailées traités avec le dilué 10% avec des probabilités respectives ($r= 10,32$, $p= 2,38 * 10^{-3}$, $p<0,001$), ($r= 10,41$, $p= 2,35 * 10^{-3}$, $p<0,001$), ($r= 10,75$, $p= 2,18 * 10^{-3}$, $p<0,001$) selon le test de Tukey's de ONE -WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : femelle aptère sous l'effet du lombricompost pendant la saison hivernale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le

test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.16: Analyses de la variance des femelles aptères sous l'effet du traitement estival à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	6,476	3	2,158	11,72	7,029 *10 ⁻³
La taille des groupes	2,209	12	0,184		
Total	8,686	15			

	Femelle aptère Témoin	Femelle aptère Pure	Femelle aptère Dilué 5%	Femelle aptère Dilué 10%
Femelle aptère Témoin	-	0,004282	0,001215	0,002396
Femelle aptère Pure	6,222	-	0,8422	0,983
Femelle aptère Dilué 5%	7,387	1,165	-	0,9661
Femelle aptère Dilué 10%	6,734	0,5127	0,6525	-

* : p < 0.05 ; ** : p < 0.01 ; *** : p < 0.001

L'examen de la variation temporelle des femelles aptères sous l'effet du traitement du lombricompost hivernal à différentes dilution montre qu'elles ont eu une différence significatives entre les femelles aptères du témoin et les femelles aptères traités avec le pure et celle des femelles aptères traités avec le dilué 5%, ainsi que les femelles aptères traités avec le dilué 10% avec des probabilités respectives ($r= 6,222$, $p= 4,282 * 10^{-2}$, $p<0,001$), ($r= 7,387$, $p= 1,21 * 10^{-2}$, $p<0,001$), ($r= 6,734$, $p= 2,39 * 10^{-2}$, $p<0,001$) selon le test de Tukey's de ONE -WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : male ailé sous l'effet du lombricompost pendant la saison hivernale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le

test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.17: Analyses de la variance des males ailés sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	0,0819	3	0,0273	4,09	0,0324
La taille des groupes	0,0801	12	0,0066		
Total	0,162	15			

	Male ailé Témoin	Male ailé Pure	Male ailé Dilué 5%	Male ailé Dilué 10%
Male ailé Témoin	-	0,06088	0,03611	0,1544
Male ailé Pure	4,038	-	0,9899	0,9414
Male ailé Dilué 5%	4,466	0,4283	-	0,8225
Male ailé Dilué 10%	3,243	0,7953	1,224	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des males ailés sous l'effet du traitement du lombricompost hivernal à différentes dilution montre qu'il y a eu une corrélation marginale entre les males ailés du témoin et les males ailés traités avec le pure ($r=4,038$, $p= 0,0608$, $P<0,05$) et celle des males ailés témoin avec les males ailés traités avec le dilué 5% il ya eu une corrélation significative ($r= 4,466$, $p=0,0361$, $p<0,05$) selon le test de Tukey's de ONE –WAY ANOVA.

La densité de la population du puceron noir est estimée à travers la forme biologique suivante : male aptère sous l'effet du lombricompost pendant la saison hivernale. La projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de la forme biologique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement par le

test Tukey's qui est une ONE -WAY ANOVA (Analysis Of Variance, SYSTAT Vers. 12).

Tableau 4.18: Analyses de la variance des males aptères sous l'effet du traitement hivernal à différentes dilution durant la période de suivi :

	Somme des carrés	DDL	Moyenne des écarts	F-ratio	P
Entre les groupes	0,0819	3	0,0273	4,09	0,0324
La taille des groupes	0,0801	12	0,0066		
Total	0,162	15			

	Male aptère Témoin	Male aptère Pure	Male aptère Dilué 5%	Male aptère Dilué 10%
Male aptère Témoin	-	0,1314	0,0561	0,0155
Male aptère Pure	3,385	-	0,9554	0,6094
Male aptère Dilué 5%	4,105	0,7201	-	0,8789
Male aptère Dilué 10%	5,153	1,767	1,047	-

* : $p < 0.05$; ** : $p < 0.01$; *** : $p < 0.001$

L'examen de la variation temporelle des males aptères sous l'effet du traitement du lombricompost hivernal à différentes dilution montre qu'ils ont eu une corrélation significative entre les males aptères du témoin et les males aptères traités avec le dilué 5% et celui du dilué 10% des probabilités respectives ($r=4,105$, $p=0,0561$, $P<0,05$), ($r= 5,155$, $p=0,0155$, $p<0,05$) selon le test de Tukey's de ONE – WAY ANOVA.

4.6. Effets de la production saisonnière du lombricompost sur les traits de vie biochimique :

Les variations des paramètres métaboliques du puceron noir de la fève *Aphis fabae*, ont été évaluées sous différents apport du traitement du lombricompost durant la période estivale et hivernale.

4.6.1. Evolution comparée des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet du lombricompost estival :

La population du puceron noir a été sujette à des dosages des réserves lipidiques et glucidiques, pour évaluer leurs fluctuations sous l'effet du lombricompost estivale.

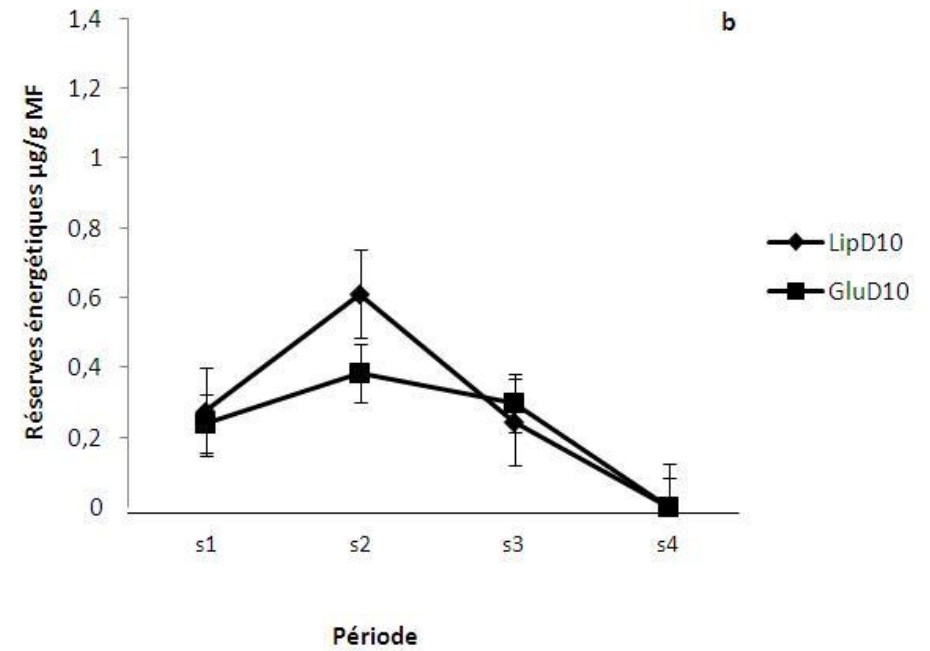
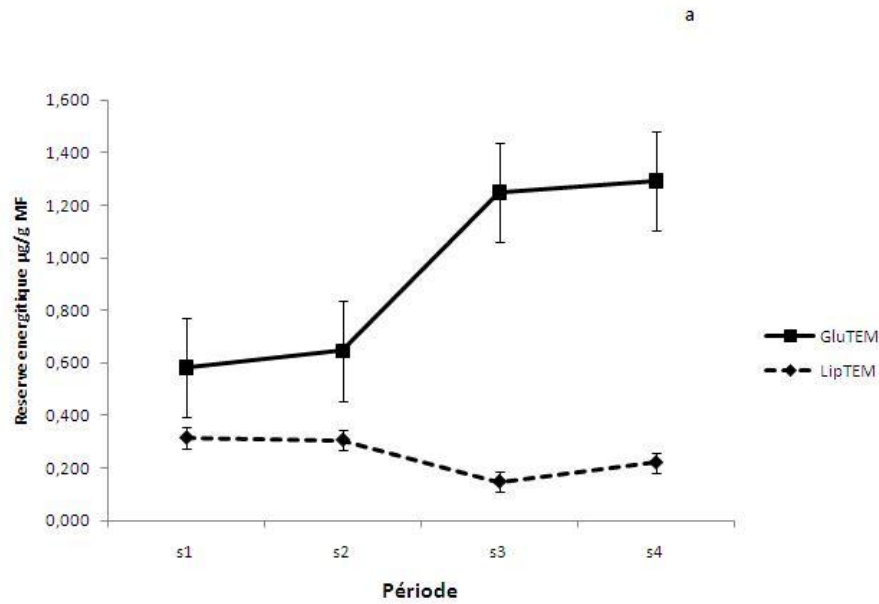
L'évolution temporelle des réserves lipidiques sur une période de 30 jours montre des fluctuations avec des teneurs maximales et minimales signalées entre le témoin et le traité avec le dilué du 10% après l'application (Figure 4.14).

Les teneurs en lipides ont tendance à être moins importantes pour la courbe qui représente le témoin (figure 4.14 a) comparée à celle de la courbe quantifiée sous le traitement estivale du lombricompost dilué du 10%. Les taux lipidiques les plus faibles sont signalés chez les individus témoin. Par contre, les individus traités par la dilution 10% on remarque une augmentation de leurs taux durant la deuxième semaine du traitement et par la suite une diminution importante (Figure.4.14 b).

Pour ce qui est de l'évolution temporelle des réserves glucidiques, on a observé un taux élevé chez le témoin (Figure 4.14 a) par contre chez le traité ce taux diminuait constamment (Figure 4.14 b).

Les taux en glucides augmentent légèrement pour les traités avec le dilué du 10% puis s'avèrent convergées vers des valeurs nulles (Figure.4.14 b).

Par contre, Les taux des réserves glucidiques répondent avec des quantités en constance augmentation chez les individus témoins durant la période de suivie (Figure 4.14 a).



a: Glu Tem : glucide témoin, Lip Tem : lipide témoin

b: Glu D10 : glucide traité avec le dilué du 10%, Lip D10 : lipide traité avec le dilué du 10%

Figure 4.14 (a, b) : Effet du traitement estivale du lombricompost sur les réserves énergétiques du témoin (a) et les réserves énergétiques traités avec le dilué du 10% (b) d'*Aphis fabae*.

On a essayé à travers le tableau 4.9 de faire ressortir les liens qui peuvent exister entre les réponses métaboliques du puceron noir, leur densité par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

Concernant le témoin ; on observe une corrélation négative entre les réserves lipidiques et glucidiques sous l'effet du traitement estivale du lombricompost ($r = -0,9$, $p = 0,060$, $p > 0,05$). Le pure, on ne remarque pas une corrélation significative de même pour la dilution du 5%. Par contre la dilution du 10% a eu un effet marginalement significatif entre les réserves glucidiques et lipidiques ($r = 0,91$, $p = 0,09$, $p > 0,05$) (tableau 4.18).

Tableau 4.19: Les corrélations entre les réserves énergétiques, densité du puceron noir *Aphis fabae* sous le traitement estivale du lombricompost :

	Dens TEM	Lip TEM	Glu TEM	Dens PUR	Lip PUR	Glu PUR	DensD5	LipD5	GluD5	DensD10	LipD10	GluD10
Dens TEM	-	0,6	0,33	0,19	0,27	0,63	0,95	0,02	0,35	0,20	0,23	0,09
Lip TEM	-0,4	-	0,06	0,68	0,10	0,53	0,33	0,80	0,55	0,54	0,49	0,76
Glu TEM	0,7	-0,9	-	0,43	0,01	0,75	0,46	0,47	0,88	0,32	0,31	0,47
Dens PUR	-0,8	0,3	-0,57	-	0,35	0,89	0,64	0,29	0,60	0,01	0,72	0,50
Lip PUR	0,7	-0,9	0,99	-0,65	-	0,79	0,54	0,40	0,96	0,25	0,31	0,43
Glu PUR	-0,4	-0,5	0,25	-0,11	0,21	-	0,97	0,44	0,16	0,79	0,49	0,33
DensD5	0,0	-0,7	0,54	0,36	0,46	-0,03	-	0,98	0,63	0,76	0,37	0,75
LipD5	1,0	-0,2	0,53	-0,71	0,60	-0,56	0,02	-	0,22	0,33	0,21	0,04
GluD5	-0,6	-0,5	0,12	0,40	0,04	0,84	0,37	-0,78	-	0,72	0,58	0,26
DensD10	-0,8	0,5	-0,68	0,99	-0,75	-0,21	0,24	-0,67	0,28	-	0,68	0,52
LipD10	-0,8	0,5	-0,69	0,28	-0,69	0,51	-0,63	-0,79	0,42	0,32	-	0,09
GluD10	-0,9	0,2	-0,53	0,50	-0,57	0,67	-0,25	-0,96	0,74	0,48	0,91	-

Dens TEM :densité du témoin, Lip TEM : lipide du témoin, Glu TEM : glucide du témoin, Dens PUR : densité du pure, Lip PUR : lipide du pure , Glu PUR : glucide du pure, Dens D5 : densité du dilué 5%, Lip D5 : lipide du dilué 5%, Glu D5 : glucide du dilué 5%, Den D10 : densité du dilué 10%, Lip D10 : lipide du dilué 10%, Glu D10 : glucide du dilué 10%.

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au dessus le risque associé. Les couleurs correspondent aux probabilités associées aux corrélations entre chaque variable sur la densité d'*A.fabae* et les réserves énergétique.

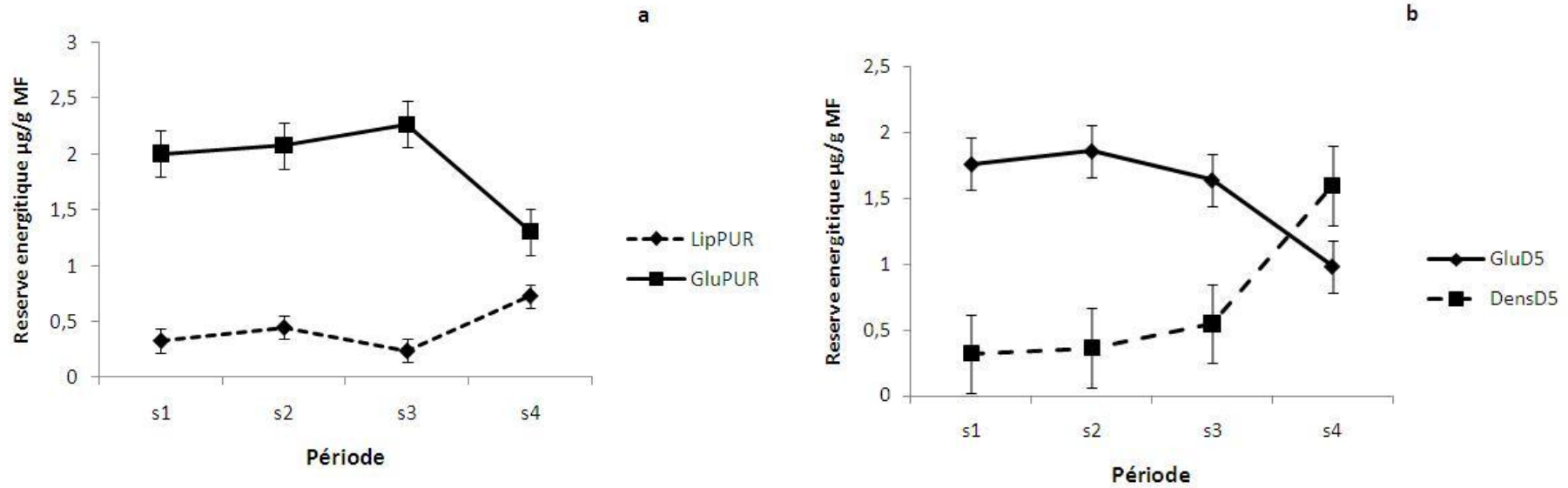
4.6.2. Evolution comparée des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet du lombricompost hivernal :

Les variations des paramètres métaboliques des pucerons noirs de la fève *Aphis fabae* et leurs densités, ont été évaluées sous l'apport du traitement du lombricompost durant la période hivernale.

La population du puceron noir a été sujette à des dosages des réserves lipidiques et glucidiques, pour évaluer leurs fluctuations sous l'effet du lombricompost hivernale.

Les teneurs en lipides ont tendance à être moins importantes pour la courbe qui représente les individus traités avec le pure durant le début du suivi jusqu'à la troisième semaine du traitement puis une légère augmentation de ce taux vers la fin du suivi (figure 4.15 a) comparée à celle de la courbe quantifiée de leurs réserves glucidiques où elle montre un fort taux ensuite un déclin vers la fin de la période de suivi.

Concernant la population traités avec le dilué du 5%, montre que plus la densité de cette dernière augmente dans le temps, plus le taux des réserves glucidiques diminués (Figure.4.15 b).



a : Glu PUR : glucide traité avec le pure, Lip PUR : lipide traité avec le pure.

b : Glu D5 : glucide traité avec le dilué du 5%, Dens D5 : densité des individus traités avec le dilué du 5%.

Figure 4.15 (a, b) : Effet du traitement hivernale du lombricompost sur les réserves énergétiques traités avec le pure (a) et l'effet du traitement hivernale du lombricompost sur la densité d'*Aphis fabae* traité avec le dilué 5% (b) en fonction de leurs réserves glucidiques.

On a essayé à travers le tableau 4.10 de faire ressortir les liens qui peuvent exister entre les réponses métaboliques du puceron noir, leurs densités par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

Concernant le témoin et le dilué du 10%, on ne retrouve pas de corrélation entre leurs densité du puceron et les réserves énergétiques. Pour le traitement du pure, la corrélation qui existe entre les réserves glucidiques et les réserves lipidiques est significativement négative ($r = -0,95$, $p = 0,05$, $p < 0,05$). La corrélation sous l'effet du traitement dilué du 5% est significativement négative entre les réserves glucidiques et la densité du puceron noir ($r = -0,99$, $p = 0,01$, $p < 0,05$) (tableau 4.19).

Tableau 4.20: Les corrélations entre les réserves énergétiques, densité des pucerons noirs *Aphis fabae* sous le traitement hivernale du lombricompost :

	Dens TEM	Lip TEM	Glu TEM	Dens PUR	Lip PUR	Glu PUR	DensD5	LipD5	GluD5	DensD10	LipD10	GluD10
Dens TEM	-	0,94	0,21	0,45	0,40	0,21	0,13	0,34	0,07	0,69	0,50	0,56
Lip TEM	-0,06	-	0,87	0,21	0,52	0,57	0,98	0,56	0,99	0,35	0,62	0,93
Glu TEM	-0,79	-0,13	-	0,45	0,08	0,07	0,01	0,93	0,04	0,97	0,87	0,13
Dens PUR	-0,55	-0,79	0,55	-	0,27	0,18	0,48	0,93	0,47	0,23	0,97	0,85
Lip PUR	0,60	0,48	-0,92	-0,73	-	0,05	0,14	0,80	0,20	0,88	0,64	0,21
Glu PUR	-0,79	-0,43	0,93	0,82	-0,95	-	0,09	0,91	0,11	0,68	0,93	0,34
DensD5	0,87	0,02	-0,99	-0,52	0,86	-0,91	-	0,77	0,01	0,99	0,98	0,18
LipD5	-0,66	0,44	0,07	0,07	0,20	0,09	-0,23	-	0,64	0,64	0,03	0,74
GluD5	-0,93	0,01	0,96	0,53	-0,80	0,89	-0,99	0,36	-	0,93	0,84	0,26
DensD10	0,31	0,65	0,03	-0,77	0,12	-0,32	-0,01	-0,36	-0,07	-	0,55	0,50
LipD10	-0,50	0,38	-0,13	0,03	0,36	-0,07	-0,02	0,97	0,16	-0,45	-	0,53
GluD10	-0,44	0,07	0,87	0,15	-0,79	0,66	-0,82	-0,26	0,74	0,50	-0,47	-

Dens TEM :densité du témoin, Lip TEM : lipide du témoin, Glu TEM : glucide du témoin, Dens PUR : densité du pure, Lip PUR : lipide du pure , Glu PUR : glucide du pure, Dens D5 : densité du dilué 5%, Lip D5 : lipide du dilué 5%, Glu D5 : glucide du dilué 5%, Den D10 : densité du dilué 10%, Lip D10 : lipide du dilué 10%, Glu D10 : glucide du dilué 10%.

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au dessus le risque associé. Les couleurs correspondent aux probabilités associées aux corrélations entre chaque variable sur la densité d'*A.fabae* et les réserves énergétique.

4.7. Effets de la production saisonnière du lombricompost sur la qualité phytochimique des feuilles de la fève :

Les variations de la production saisonnière du lombricompost estivale ainsi qu'hivernale, ont été évaluées sous différentes fluctuations de la qualité phytochimique des feuilles de la fève.

4.7.1. Remaniement de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost estival :

Le remaniement de la qualité phytochimique est estimé à travers chaque molécule biochimique : sucres totaux, prolines, flavonoïdes, chlorophylles, sous l'effet du lombricompost pendant la saison estivale. Une série de projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de chaque molécule biochimique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement.

4.7.1.1. Remaniement des molécules biochimiques actives :

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats le suivi de chaque molécule biochimique en évolution dans le temps et subissant différent dilution à base du lombricompost estivale pour cela, ce que pourrions nous dire l'évolution de la proline, sucres totaux et chlorophylle est presque identique dans le temps et quelque soit l'apport du traitement.

Par contre, l'évolution des flavonoïdes différent ; à partir du témoin la figure (4.15 a) présente une fluctuation dans le temps de cette molécule et dans la figure (4.15 b), les flavonoïdes présentent une quantité accrue importante qui dépasse les 20 µg/MF et qui ne cessent d'augmenter dans le temps jusqu'à atteindre plus de 30 µg/MF traitées avec le traitement pure du lombricompost estivale.

Pour les flavonoïdes qui sont traités avec le dilué du 5% aussi, représentent un taux important dépassant les 20 µg/MF et qui augmente dans le temps au fur et à mesure jusqu'à atteindre les 30 µg/MF (Figure 4.15 c).

Et pour finir, le taux des flavonoïdes qui sont traités avec le dilué du 10% enregistrent au départ les 20µg/MF puis atteindrons les 40µg/MF à la fin de la période de suivi du traitement par le lombricompost estivale (Figure 4.15 d).

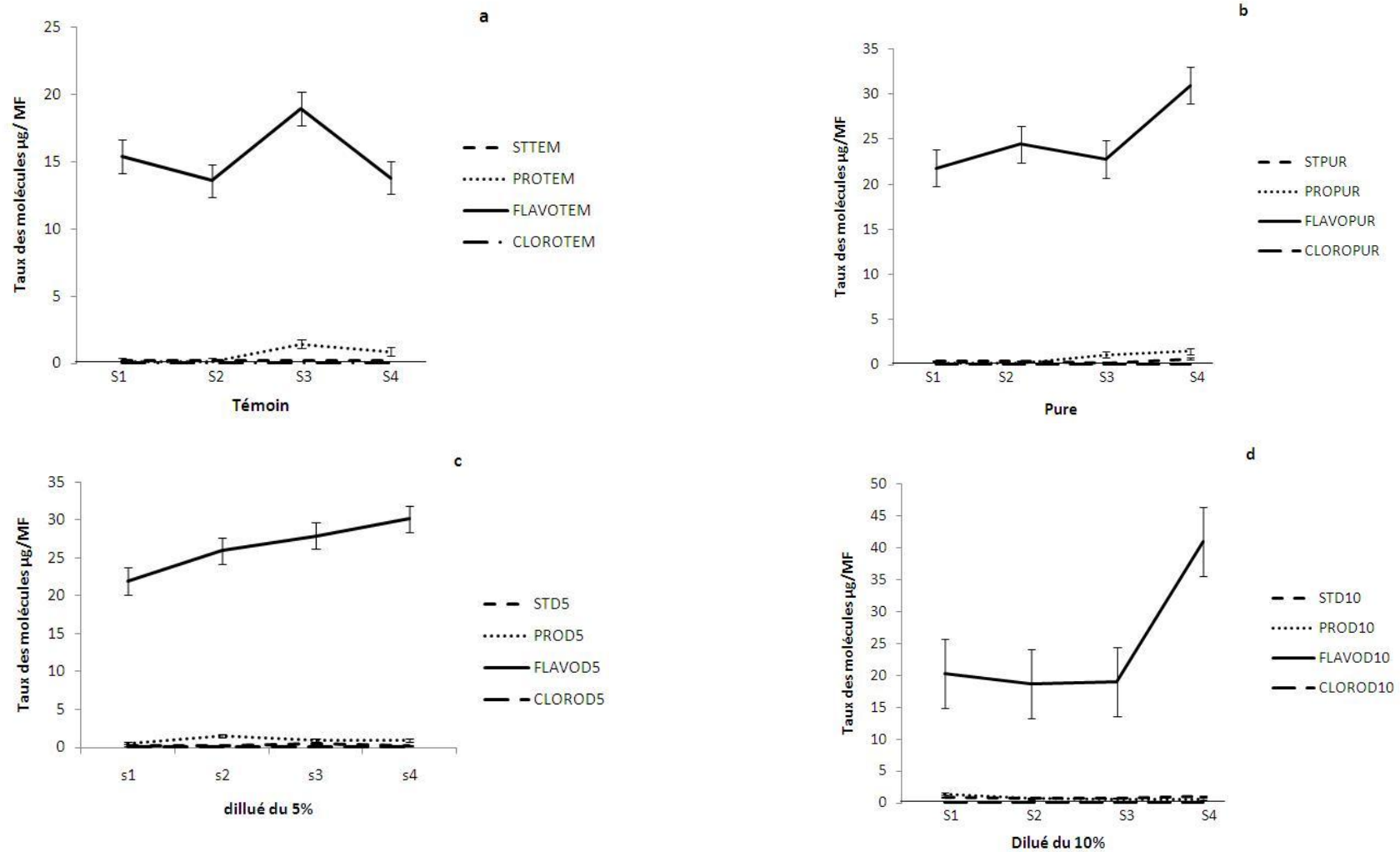


Figure 4.16 (a, b, c, d): Remaniement des molécules biochimiques sous l'effet du lombricompost estival.

STTEM : sucres totaux témoin ; STPUR : sucres totaux pure, STD5 : sucres totaux dilué du 5% ; STD10 : sucres totaux dilué du 10% ; PROTEM : proline témoin ; PROPUR : proline pure ; PROD5 : proline dilué du 5% ; PROD10 : proline dilué du 10% ; FLAVOTEM : flavonoïde témoin ; FLAVOPUR : flavonoïde pure ; FLAVOD5 : flavonoïde dilué du 5% ; FLAVOD10 : flavonoïde dilué du 10% ; CLOROTEM : chlorophylle témoin ; CLOROPUR : chlorophylle pure ; CLOROD5 : chlorophylle dilué 5% ; CLOROD10 : chlorophylle dilué 10%.

	STEM	STPUR	STD5	STD10	PROTEM	PROPUR	PROD5	PROD10	CLOTOTEM	CLOTOPUR	CLOTOD5	CLOTOD10	FLAVOTEM	FLAVOPUR	FLAVOD5	FLAVOD10
STEM	-	0,20	0,06	0,26	0,30	0,80	0,90	0,54	0,40	0,97	0,07	0,20	0,11	0,54	0,80	0,49
STPUR	-0,80	-	0,27	0,16	0,83	0,59	0,95	0,95	0,25	0,87	0,47	0,32	0,25	0,11	0,59	0,08
STD5	0,94	-0,73	-	0,50	0,22	0,69	0,78	0,73	0,24	0,72	0,10	0,05	0,01	0,55	0,85	0,60
STD10	-0,74	0,84	-0,50	-	0,89	0,63	0,42	0,65	0,72	0,58	0,48	0,70	0,56	0,38	0,89	0,19
PROTEM	0,70	-0,17	0,78	-0,11	-	0,17	0,86	0,37	0,71	0,94	0,10	0,32	0,30	0,79	0,30	0,76
PROPUR	0,20	0,41	0,31	0,37	0,83	-	0,86	0,38	0,84	0,97	0,46	0,76	0,78	0,30	0,12	0,26
PROD5	0,10	-0,05	-0,22	-0,58	-0,14	-0,14	-	0,34	0,38	0,02	0,91	0,49	0,64	0,83	0,66	0,85
PROD10	-0,46	-0,05	-0,27	0,35	-0,63	-0,62	-0,66	-	0,59	0,26	0,34	0,99	0,89	0,52	0,12	0,74
CLOTOTEM	0,60	-0,75	0,76	-0,28	0,29	-0,16	-0,62	0,41	-	0,26	0,59	0,10	0,14	0,22	0,52	0,41
CLOTOPUR	-0,03	-0,13	0,28	0,42	0,06	-0,03	-0,98	0,74	0,74	-	0,91	0,44	0,57	0,63	0,50	0,94
CLOTOD5	-0,93	0,53	-0,90	0,52	-0,90	-0,54	-0,09	0,66	-0,41	0,09	-	0,26	0,18	0,88	0,48	0,83
CLOTOD10	0,80	-0,68	0,95	-0,30	0,68	0,24	-0,51	0,01	0,90	0,56	-0,74	-	0,01	0,49	0,95	0,63
FLAVOTEM	0,89	-0,75	0,99	-0,44	0,70	0,22	-0,36	-0,11	0,86	0,43	-0,82	0,99	-	0,47	1,00	0,56
FLAVOPUR	-0,46	0,89	-0,45	0,62	0,21	0,70	0,17	-0,48	-0,78	-0,37	0,12	-0,51	-0,53	-	0,22	0,05
FLAVOD5	0,20	0,41	0,15	0,11	0,70	0,88	0,34	-0,88	-0,48	-0,50	-0,52	-0,05	0,00	0,78	-	0,34
FLAVOD10	-0,51	0,92	-0,40	0,81	0,24	0,74	-0,15	-0,26	-0,59	-0,06	0,17	-0,37	-0,44	0,95	0,66	-

STEM : sucres totaux du témoin, STPUR : sucres totaux traité avec du pure, STD5 : sucres totaux traité avec le dilué 5%, STD10 : sucres totaux traité avec le dilué 10%, PROTEM : proline du témoin, PROPUR : proline traité avec du pure, PROD5 : proline traité avec le dilué 5%, PROD10 : proline traité avec le dilué 10%, CLOTOTEM : chlorophylle du témoin, CLOTOPUR : chlorophylle traité avec le pure, CLOTOD5 : chlorophylle traité avec le dilué 5%, CLOTOD10 : chlorophylle traité avec le dilué 10%, FLAVOTEM : flavonoïde du témoin, FLAVOPUR : flavonoïde traité avec le pure, FLAVOD5 : flavonoïde traité avec le dilué 5%, FLAVOD10 : flavonoïde traité avec le dilué 10%.

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au dessus le risque associé. Les couleurs correspondent aux probabilités associées aux corrélations entre chaque variable sur la qualité phytochimique et les dilutions du traitement.

Tableau 4.21: Les corrélations de la qualité phytochimique sous l'effet du traitement estivale du lombricompost.

On a essayé à travers le tableau 4.20 de faire ressortir les liens qui peuvent exister de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost estival par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

Concernant la proline et la chlorophylle, on ne retrouve pas de corrélation avec les différentes dilutions utilisées. Pour les sucres totaux, la corrélation qui existe entre les dilué du 5% et les témoins est significativement marginale ($r= 0,94$, $p=0,06$, $p>0,05$). La corrélation des flavonoïdes, sous l'effet du traitement dilué du 10% et le pure la corrélation est significative ($r= 0,95$, $p=0,05$, $p<0,05$) (tableau 4.20).

4.7.1.2. Remaniement des éléments minéraux majeurs :

Les courbes ci-dessous, nous montrent le remaniement des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost estival utilisé avec trois différentes dilutions.

Les essais effectués par le lombricompost estival, nous a donné un remaniement de ces éléments majeurs mais on remarque le taux du potassium très élevé par rapport aux autres éléments, le pic de ce dernier diffère d'une dilution à une autre, on constate le pic du potassium lors du traitement par le pure c'est effectué durant la deuxième semaine puis il diminué, la seconde dilution le pic c'est effectué durant la troisième semaine puis diminué, la dernière dilution le potassium augmenté peu à peu entre la deuxième et la troisième semaine puis une diminution.

Les variations du restant des éléments majeurs sont moins marquées pendant la période de traitement.

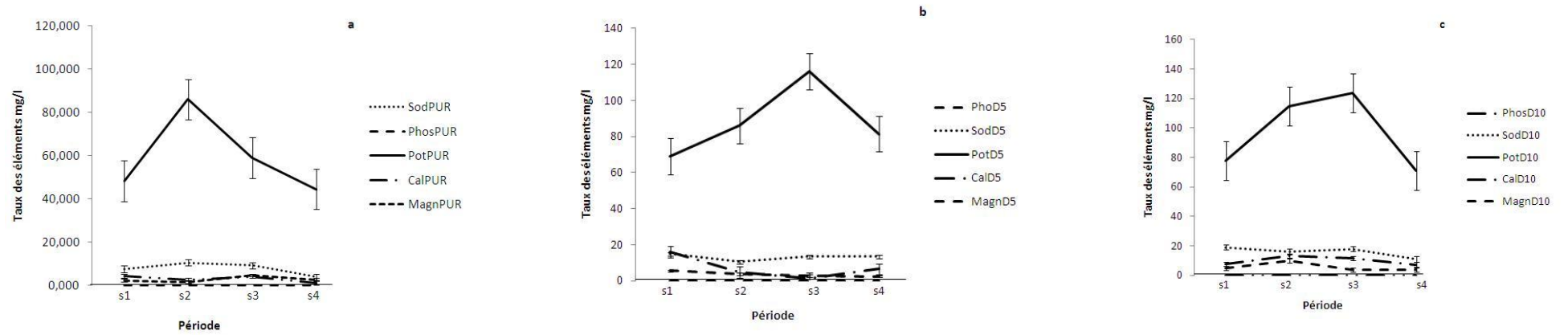


Figure 4.17 (a, b, c) : Remaniement des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost estival traité avec le pure (a), le (b) traité avec le dilué 5%, le (c) traité avec le dilué du 10%.

Tableau 4.22: Les corrélations des éléments minéraux majeurs sous l'effet du traitement estival du lombricompost :

	PhosPUR	PhosD5	PhosD10	SodPUR	SodD5	SodD10	PotPUR	PotD5	PotD10	CalPUR	CalD5	CalD10	MagnPUR	MagnD5	MagnD10
PhosPUR	-	0,965	0,738	0,961	0,135	0,344	0,404	0,919	0,899	0,223	0,569	0,561	0,448	0,515	0,338
PhoD5	0,034	-	0,046	0,114	0,573	0,287	0,250	0,900	0,489	0,431	0,836	0,370	0,605	0,358	0,229
PhosD10	-0,261	-0,953	-	0,130	0,825	0,109	0,433	0,987	0,486	0,210	0,768	0,482	0,827	0,273	0,456
SodPUR	0,038	0,885	-0,869	-	0,472	0,296	0,175	0,626	0,149	0,407	0,729	0,134	0,993	0,703	0,338
SodD5	0,864	-0,426	0,174	-0,527	-	0,776	0,091	0,802	0,448	0,628	0,425	0,175	0,604	0,665	0,148
SodD10	0,655	0,712	-0,890	0,703	0,223	-	0,797	0,851	0,549	0,017	0,734	0,724	0,789	0,293	0,892
PotPUR	-0,595	0,749	-0,566	0,824	0,908	0,202	-	0,783	0,281	0,958	0,574	0,069	0,649	0,997	0,079
PotD5	0,080	0,099	0,012	0,373	0,197	0,148	0,216	-	0,207	0,790	0,139	0,444	0,180	0,404	0,819
PotD10	-0,100	0,510	-0,513	0,850	-0,552	0,450	0,718	0,792	-	0,599	0,289	0,082	0,607	0,793	0,601
CalPUR	0,776	0,568	-0,789	0,592	0,371	0,982	0,041	0,209	0,400	-	0,741	0,838	0,642	0,349	0,920
CalD5	0,430	0,163	-0,231	-0,270	0,574	0,265	-0,425	0,860	-0,710	0,258	-	0,341	0,511	0,164	0,897
CalD10	-0,438	0,629	-0,517	0,865	0,824	0,275	0,930	0,555	0,917	0,161	0,658	-	0,984	0,816	0,286
MagnPUR	0,551	-0,394	0,172	0,006	0,395	0,210	-0,350	0,819	0,392	0,356	0,488	0,015	-	0,591	0,313
MagnD5	0,484	0,641	-0,727	0,296	0,334	0,706	0,002	0,595	0,206	0,650	0,835	-0,183	-0,408	-	0,796
MagnD10	-0,661	0,770	-0,543	0,661	0,851	0,107	0,920	0,180	0,398	0,079	0,102	0,713	-0,686	0,203	-

PhosPUR : phosphore traité avec du pure, PhosD5 : phosphore traité avec le dilué 5%, PhosD10 : phosphore traité avec le dilué 10%, SodPUR : sodium traité avec du pure, SodD5 : sodium traité avec le dilué 5%, SodD10 : sodium traité avec le dilué 10%, PotPUR : potassium traité avec le pure, PotD5 : potassium traité avec le dilué 5%, PotD10 : potassium traité avec le dilué 10%, CalPUR : calcium traité avec le pure, CalD5 : calcium traité avec le dilué 5%, CalD10 : calcium traité avec le dilué 10%, MagnPUR : manganèse traité avec du pure, MagnD5 : manganèse traité avec le dilué 5%, MagnD10 : manganèse traité avec le dilué 10%.

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au dessus le risque associé. Les couleurs correspondent aux probabilités associées aux corrélations entre chaque variable sur les éléments minéraux majeurs et les dilutions du traitement.

On a essayé à travers le tableau 4.21 de faire ressortir les liens qui peuvent exister des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost estival par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

La corrélation entre le phosphore traité avec le dilué du 5% et le dilué du 10% est corrélé négativement ($r = -0,953$, $p = 0,04$, $p < 0,05$)

Concernant les autres éléments minéraux restants, on ne retrouve pas de corrélation avec les différentes dilutions utilisées (tableau 4.21).

4.7.2. Remaniement de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost hivernal :

Le remaniement de la qualité phytochimique est estimé à travers chaque molécule biochimique : sucres totaux, prolines, flavonoïdes, chlorophylles, sous l'effet du lombricompost pendant la saison hivernale. Une série de projection a été réalisée en faisant ressortir la fluctuation de chaque molécule biochimique en fonction de la période de traitement et des modes de traitement.

4.7.2.1. Remaniement des molécules biochimiques actives :

Les graphiques ci-dessous présentent les résultats le suivi de chaque molécule biochimique en évolution dans le temps et subissant différent dilution à base du lombricompost hivernale pour cela, ce que pourrions nous dire l'évolution de la proline, sucres totaux et chlorophylle est presque nulle dans le temps et quelque soit l'apport du traitement.

L'évolution des flavonoïdes différent ; à partir du témoin la figure (4.18 a) présente une augmentation croissante dans le temps de cette molécule contrairement à celui qui est traité avec le lombricompost estival qui subit un pic durant la troisième semaine puis diminue à la fin de la période de suivi, dans la figure (5.18 b), les flavonoïdes diminuent durant la deuxième semaine puis atteignent un pic qui dépasse les 40 µg/MF traitées avec le traitement pure du lombricompost hivernale, et par la suite diminue durant la fin de la période de suivi, comparant au traitement du lombricompost estival qui subit l'effet contraire de l'évolution de la courbe.

Pour les flavonoïdes qui sont traités avec le dilué du 5%, représentent un taux important dépassant les 20 µg/MF et qui augmente dans le temps au fur et à mesure jusqu'à atteindre les 30 µg/MF, cette évolution est comparable à celle des flavonoïdes qui ont subi le traitement estival du lombricompost (Figure 4.18 c).

Et pour finir, le taux des flavonoïdes qui sont traités avec le dilué du 10% enregistrent au départ les 30µg/MF puis diminuer jusqu'à atteindre 15 µg/MF et par la suite un redémarrage du taux de flavonoïde à la fin de la période de suivi du traitement par le lombricompost hivernale, les flavonoïdes du traitement estival suivent la même tendance (Figure 4.18 d).

On a essayé à travers le tableau 4.22 de faire ressortir les liens qui peuvent exister de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost hivernal par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

Toutes les molécules biochimiques traitées avec le lombricompost hivernal du tableau ci-dessous présentent des corrélations significatives contrairement au tableau précédant qui représente les molécules biochimiques du traitement estival du lombricompost.

Concernant les corrélations existante des sucres totaux sont entre le dilué du 5% et le pure qui est significative ($r= 0,987$, $p= 0,013$, $p<0,05$), l'autre corrélation est marginale entre le dilué du 10% et le dilué du 5% ($r=0,914$, $p=0,086$, $p>0,05$). Passant à la proline qui note une corrélation hautement significative entre le dilué du 10% et le pure ($r=0,991$, $p= 0,009$, $p<0,05$).

Pour la chlorophylle, la corrélation entre le pure et le témoin elle est significative ($r=0,969$, $p= 0,031$, $p<0,05$), entre le dilué du 5% et le témoin la corrélation est marginale ($r=0,901$, $p= 0,099$, $p<0,05$), puis la corrélation entre le dilué du 10% et le témoin est hautement significative ($r=0,988$, $p= 0,012$, $p<0,05$), en suite la corrélation entre le dilué du 10% et le pure est significative ($r=0,951$, $p= 0,049$, $p<0,05$), concernant la corrélation du dilué 10% et le dilué 5% elle est marginale ($r=0,938$, $p= 0,062$, $p<0,05$) (tableau 4.22).

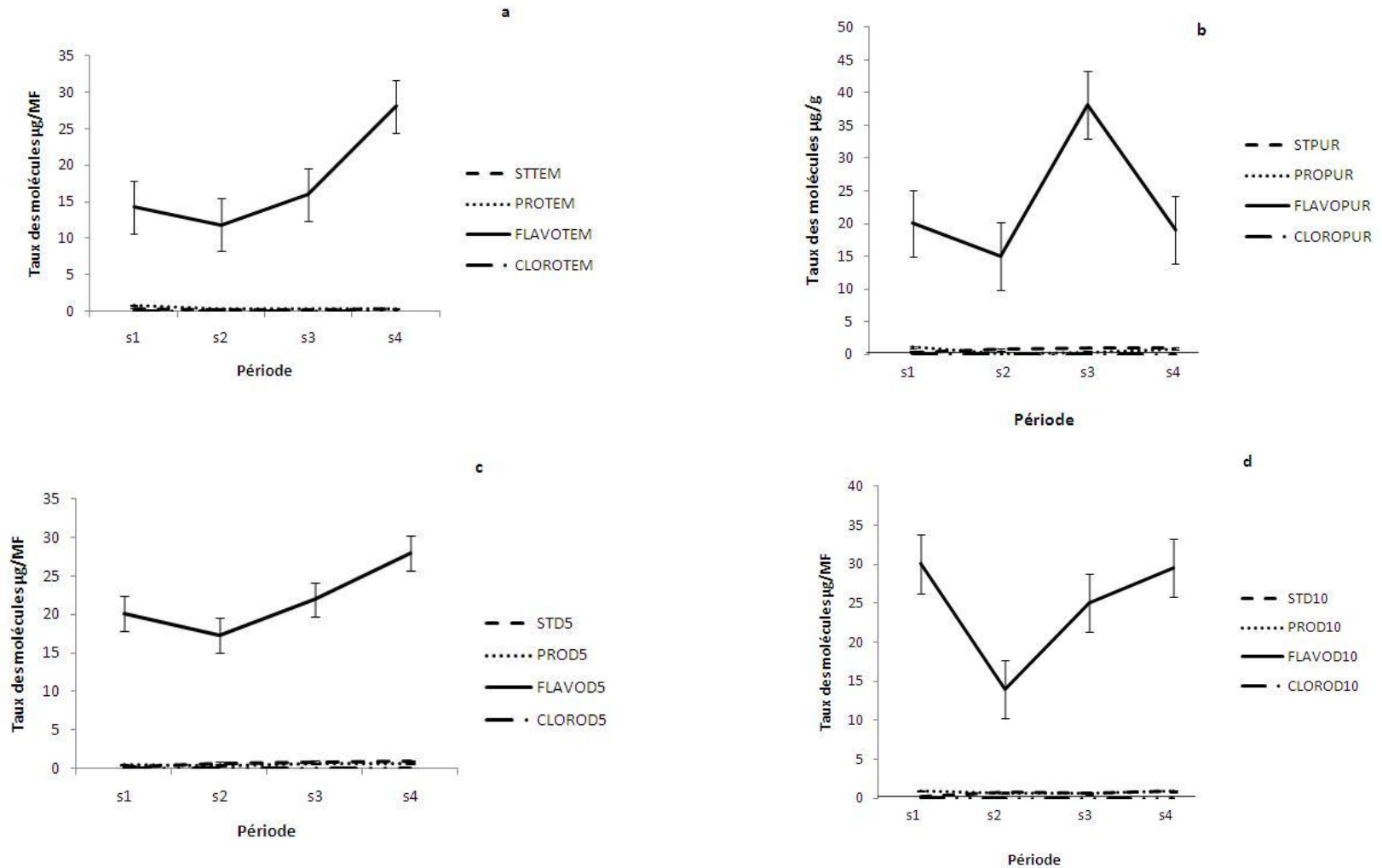


Figure 4.18 (a, b, c, d) : Remaniement des molécules biochimiques actives en tan que témoin (a), sous l'effet du lombricompost hivernal pure (b), le dilué 5% (c), le dilué 10% (d).

Tableau 4.23: Les corrélations de la qualité phytochimique sous l'effet du traitement hivernale du lombricompost :

	STTEM	STPUR	STD5	STD10	PROTEM	PROPUR	PROD5	PROD10	CLOTOTEM	CLOROPUR	CLODOD5	CLODOD10	FLAVOTEM	FLAVOPUR	FLAVOD5	FLAVOD10
STTEM	-	0,266	0,285	0,344	0,152	0,023	0,816	0,061	0,069	0,048	0,310	0,131	0,765	0,852	0,711	0,163
STPUR	0,734	-	0,013	0,160	0,032	0,372	0,483	0,455	0,076	0,120	0,049	0,028	0,596	0,566	0,594	0,746
STD5	0,715	0,987	-	0,086	0,024	0,418	0,512	0,516	0,079	0,160	0,012	0,035	0,515	0,705	0,540	0,741
STD10	0,656	0,840	0,914	-	0,096	0,519	0,729	0,641	0,155	0,313	0,035	0,142	0,451	0,883	0,549	0,656
PROTEM	0,848	0,968	0,976	0,904	-	0,263	0,698	0,351	0,017	0,078	0,036	0,005	0,697	0,757	0,738	0,540
PROPUR	0,977	0,628	0,582	0,481	0,737	-	0,730	0,009	0,152	0,080	0,464	0,225	0,579	0,771	0,548	0,137
PROD5	0,184	0,517	0,488	0,271	-0,302	0,270	-	0,681	0,849	0,888	0,565	0,699	0,243	0,384	0,137	0,308
PROD10	0,939	0,545	0,484	0,359	0,649	0,991	0,319	-	0,224	0,123	0,574	0,303	0,472	0,728	0,455	0,139
CLOTOTEM	0,931	0,924	0,921	0,845	0,983	0,848	0,151	0,776	-	0,031	0,099	0,012	0,877	0,766	0,921	0,397
CLOROPUR	0,952	0,880	0,840	0,687	0,922	0,920	0,112	0,877	0,969	-	0,213	0,049	0,934	0,604	0,924	0,365
CLODOD5	0,690	0,951	0,988	0,965	0,964	0,536	0,435	0,426	0,901	0,787	-	0,062	0,460	0,853	0,512	0,726
CLODOD10	0,869	0,972	0,965	0,858	0,995	0,775	0,301	0,697	0,988	0,951	0,938	-	0,761	0,681	0,788	0,527
FLAVOTEM	0,235	0,404	0,485	0,549	-0,303	0,421	0,757	0,528	-0,123	0,066	-0,540	-0,239	-	0,962	0,019	0,420
FLAVOPUR	0,148	0,434	0,295	0,117	-0,243	-0,229	0,616	-0,272	-0,234	-0,396	-0,147	-0,319	-0,038	-	0,865	0,751
FLAVOD5	0,289	0,406	0,460	0,451	-0,262	0,452	0,863	0,545	-0,079	0,076	-0,488	-0,212	0,981	0,135	-	0,317
FLAVOD10	0,837	0,254	0,260	0,344	0,460	0,863	0,692	0,861	0,603	0,635	0,274	0,473	0,580	0,249	0,683	-

STTEM : sucres totaux du témoin, STPUR : sucres totaux traité avec du pure, STD5 : sucres totaux traité avec le dilué 5%, STD10 : sucres totaux traité avec le dilué 10%, PROTEM : proline du témoin, PROPUR : proline traité avec du pure, PROD5 : proline traité avec le dilué 5%, PROD10 : proline traité avec le dilué 10%, CLOTOTEM : chlorophylle du témoin, CLOROPUR : chlorophylle traité avec le pure, CLODOD5 : chlorophylle traité avec le dilué 5%, CLODOD10 : chlorophylle traité avec le dilué 10%, FLAVOTEM : flavonoïde du témoin, FLAVOPUR : flavonoïde traité avec le pure, FLAVOD5 : flavonoïde traité avec le dilué 5%, FLAVOD10 : flavonoïde traité avec le dilué 10%.

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au dessus le risque associé. Les couleurs correspondent aux probabilités associées aux corrélations entre chaque variable sur la qualité phytochimique et les dilutions du traitement

4.7.2.2. Remaniement des éléments minéraux majeurs :

Les courbes ci-dessous, nous procurent les essais effectués par le lombricompost hivernal, qui nous a permis de mettre en évidence le remaniement de ces éléments majeurs mais on remarque le taux du potassium très élevé par rapport aux autres éléments qui sont les moins marquées pendant la période de traitement, le même résultat a été retrouvé lors des essais par le lombricompost estival. La courbe qui nous montre l'effet du pure de lombricompost au début de la période de traitement jusqu'à la troisième semaine du traitement une diminution et par la suite une élévation qui atteint plus de 120mg/l contrairement à l'effet du pure du traitement du lombricompost estival lors de son pic, le potassium atteint les 80mg/l (Figure 5.19 a). La seconde courbe nous montre l'effet de la dilution du 5% sur le potassium qui décroît durant la deuxième semaine de 120mg/l à 60mg/l maintient ce taux à la troisième semaine et par la suite il atteint les 140mg/l mais lors du traitement par le lombricompost estival le pic atteint les 110 mg/l (Figure 4.19 b). La troisième courbe qui est celle du dilué du 10% du lombricompost hivernal nous montre un maintien du taux de potassium qui est de 100 mg/l de la première semaine jusqu'à la deuxième semaine et par la suite une forte chute du potassium qui devient 40 mg/l à la troisième semaine contrairement à l'effet du traitement du lombricompost estivale car durant cette semaine il atteint son pic qui est de 115 mg/l puis une remontée du taux de ce dernier qui atteint plus de 60 mg/l(Figure 4.19 c).

On a essayé à travers le tableau 4.23 de faire ressortir les liens qui peuvent exister des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost hivernal par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

La corrélation entre les cinq éléments majeurs étudiés durant l'essai du lombricompost hivernal n'existe pas contrairement aux essais du lombricompost estival où on a trouvé entre le phosphore traité avec le dilué du 5% et le dilué du 10% une corrélation négative ($r = -0,953$, $p = 0,04$, $p < 0,05$).

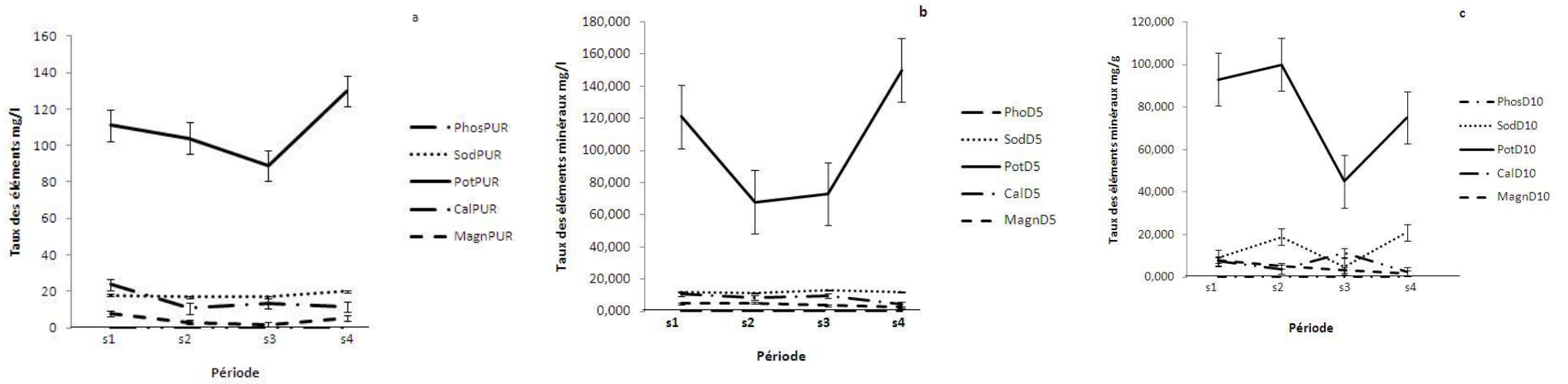


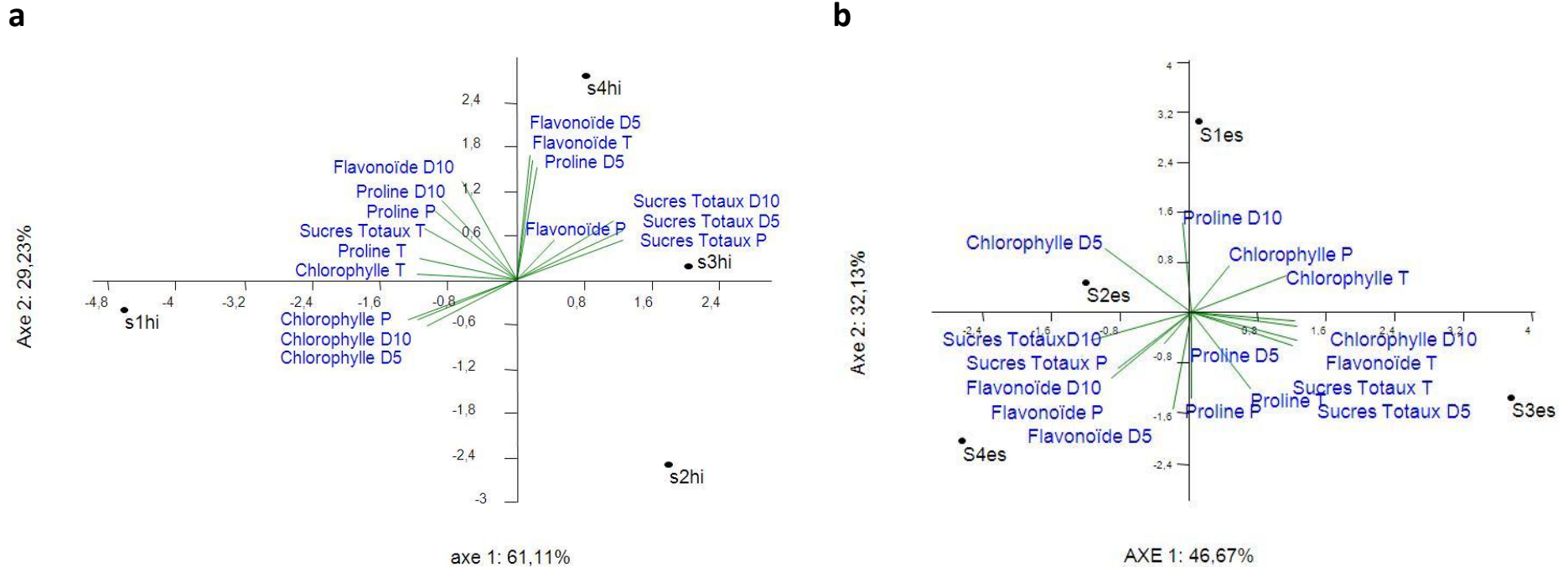
Figure 4.19 (a, b, c) : Remaniement des éléments minéraux majeurs sous l'effet du lombricompost hivernal traité avec le pure (a), le (b) traité avec le dilué 5%, le (c) traité avec le dilué du 10%.

Tableau 4.24: Les corrélations des éléments minéraux majeurs sous l'effet du traitement hivernal du lombricompost :

	PhosPUR	PhoD5	PhosD10	SodPUR	SodD5	SodD10	PotPUR	PotD5	PotD10	CalPUR	CalD5	CalD10	MagnPUR	MagnD5	MagnD10
PhosPUR	-	0,970	0,299	0,403	0,741	0,727	0,551	0,210	0,860	0,304	0,957	0,847	0,255	0,588	0,861
PhoD5	0,029	-	0,595	0,452	0,692	0,632	0,681	0,698	0,426	0,268	0,158	0,783	0,557	0,101	0,007
PhosD10	-0,700	0,404	-	0,015	0,792	0,526	0,069	0,010	0,882	0,875	0,362	0,463	0,360	0,337	0,712
SodPUR	-0,596	0,547	0,984	-	0,812	0,450	0,072	0,048	0,951	0,952	0,242	0,421	0,498	0,252	0,559
SodD5	-0,258	0,307	0,207	-0,187	-	0,228	0,463	0,831	0,047	0,949	0,761	0,146	0,585	0,585	0,667
SodD10	0,272	0,367	0,473	0,549	-0,771	-	0,262	0,634	0,452	0,461	0,204	0,020	0,890	0,804	0,662
PotPUR	-0,448	0,318	0,930	0,927	-0,536	0,737	-	0,106	0,587	0,988	0,291	0,196	0,375	0,531	0,785
PotD5	-0,789	0,301	0,989	0,951	-0,168	0,365	0,893	-	0,879	0,736	0,479	0,549	0,278	0,390	0,820
PotD10	0,139	0,573	0,117	0,048	-0,952	0,547	0,413	0,123	-	0,770	0,954	0,324	0,443	0,398	0,398
CalPUR	-0,695	0,731	0,124	0,047	0,050	0,538	0,011	0,263	0,229	-	0,315	0,642	0,238	0,639	0,206
CalD5	-0,042	0,841	0,637	-0,757	0,238	-0,795	-0,708	-0,520	0,045	0,684	-	0,294	0,895	0,263	0,196
CalD10	-0,152	0,216	0,536	-0,578	0,853	0,979	-0,803	-0,450	-0,675	0,357	0,705	-	0,701	0,891	0,829
MagnPUR	-0,744	0,442	0,639	0,501	-0,414	0,109	0,624	0,721	0,556	0,761	0,104	-0,298	-	0,911	0,448
MagnD5	0,411	-0,898	-0,663	-0,747	-0,414	0,195	-0,468	-0,609	0,601	0,360	0,736	0,108	0,088	-	0,155
MagnD10	-0,138	0,992	0,287	-0,440	-0,332	-0,337	-0,214	-0,179	0,601	0,793	0,803	0,170	0,551	0,844	-

PhosPUR : phosphore traité avec du pure, PhosD5 : phosphore traité avec le dilué 5%, PhosD10 : phosphore traité avec le dilué 10%, SodPUR : sodium traité avec du pure, SodD5 : sodium traité avec le dilué 5%, SodD10 : sodium traité avec le dilué 10%, PotPUR : potassium traité avec le pure, PotD5 : potassium traité avec le dilué 5%, PotD10 : potassium traité avec le dilué 10%, CalPUR : calcium traité avec le pure, CalD5 : calcium traité avec le dilué 5%, CalD10 : calcium traité avec le dilué 10%, MagnPUR : manganèse traité avec du pure, MagnD5 : manganèse traité avec le dilué 5%, MagnD10 : manganèse traité avec le dilué 10%.

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au dessus le risque associé. Les couleurs correspondent aux probabilités associées aux corrélations entre chaque variable sur les éléments minéraux majeurs et les dilutions du traitement.



S1hi : 1^{ère} semaine hivernale, s2hi : 2^{ème} semaine hivernale, s3hi : 3^{ème} semaine hivernale, s4hi : 4^{ème} semaine hivernale, s1es : 1^{ère} semaine estivale, s2es : 2^{ème} semaine estivale, s3es : 3^{ème} semaine estivale, s4es : 4^{ème} semaine estivale, Sucres Totaux T : sucres totaux du témoin, Sucres Totaux P : sucres totaux traité avec du pure, Sucres Totaux D5 : sucres totaux traité avec le dilué 5%, Sucres Totaux D10 : sucres totaux traité avec le dilué 10%, Proline T : proline du témoin, Proline P : proline traité avec du pure, Proline D5 : proline traité avec le dilué 5%, Proline D10 : proline traité avec le dilué 10%, Chlorophylle T : chlorophylle du témoin, Chlorophylle P : chlorophylle traité avec le pure, Chlorophylle D5 : chlorophylle traité avec le dilué 5%, Chlorophylle D10 : chlorophylle traité avec le dilué 10%, Flavonoïde T : flavonoïde du témoin, Flavonoïde P : flavonoïde traité avec le pure, Flavonoïde D5 : flavonoïde traité avec le dilué 5%, Flavonoïde D10 : flavonoïde traité avec le dilué 10%.

Figure 4.20 (a, b) : Analyse multivariée « ACP » représentant : le remaniement temporel de la qualité phytochimique de la fève sous l'effet de la production saisonnière hivernale (a) et estivale (b) du lombricompost.

4.8. Remaniement temporel de la qualité phytochimique sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost :

Les données des molécules biochimiques ont été soumises à une ACP ou une DCA (Analyses en Composantes Principales effectuée avec PAST vers 1.95. [139].

La qualité phytochimique révèle que la variation saisonnière semble agir sur le remaniement temporel des molécules biochimiques. En période hivernale et au cours de la première semaine du traitement du lombricompost on assiste à une corrélation négative entre la chlorophylle témoin, pure, dilué 5% et 10%, et la proline témoin, pure, dilué 10%, les sucres totaux témoins ainsi que les flavonoïdes dilué 10% tous formés dans le groupe 1. concernant la deuxième semaine il n'existe pas de groupe. Le groupe 2 qui est corrélé positivement avec la troisième semaine et la quatrième, et qui correspond aux sucres totaux pure, dilué 5% et 10%, les flavonoïdes témoins, pure et dilué 5% ainsi la proline dilué 5% (Figure 4.20 a).

Et en période estivale, les facteurs molécules biochimiques sont dispersés dans différents direction sachant que durant la première semaine du traitement avec le lombricompost corrèle positivement avec la chlorophylle témoin et pure et la proline dilué du 10%. Concernant la deuxième semaine elle est corrélé négativement avec la chlorophylle dilué avec le 5%, en suite la troisième semaine est corrélé positivement avec les sucres totaux témoins, et dilué du 5%, les flavonoïdes et la proline témoin, aussi la proline pure, dilué du 5% et la chlorophylle dilué du 10%, par contre la quatrième semaine est corrélé négativement avec les flavonoïdes pure, dilué 5% et du 10%, les sucres totaux pure et dilué avec le 10% (Figure 4.20 b).

4.9. Remaniement de la qualité phytochimique de la fève et des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost :

On a essayé à travers le tableau 4.25 de faire ressortir les liens qui peuvent exister entre la qualité phytochimique de la fève et les réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson.

On constate à première vue, qu'il existe une différence de corrélation entre la production estivale du lombricompost et la production hivernale du lombricompost.

En période estivale, on note une corrélation négative des flavonoïdes avec le traitement du lombricompost pure ($r = -0,903$, $p = 0,09$, $p > 0,05$). Et une corrélation marginale du calcium avec le traitement pure du lombricompost ($r = 0,932$, $p = 0,067$, $p > 0,05$) (tableau 4.25).

En période hivernale, il existe plus de corrélation avec le traitement dilué 5% du lombricompost par rapport autre, le potassium note une corrélation positive avec le traitement pure ($r = 0,947$, $p = 0,05$, $p < 0,05$). Les flavonoïdes, le calcium et démontrent une corrélation marginale respectivement ($r = 0,941$, $p = 0,058$, $p > 0,05$), ($r = 0,923$, $p = 0,076$, $p > 0,05$), alors que les réserves énergétiques et le magnésium note une corrélation négative respectivement ($r = -0,900$, $p = 0,009$, $p < 0,05$), ($r = -0,913$, $p = 0,086$, $p > 0,05$) (tableau 4.25).

Tableau 4.25 : Les corrélations de la qualité phytochimique de la fève et des réserves énergétiques du puceron noir sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost :

	Estivale						Hivernale					
	Pure		Dilution 5%		Dilution 10%		Pure		Dilution 5%		Dilution 10%	
	C.C.	Probabilité	C.C.	Probabilité	C.C.	Probabilité	C.C.	Probabilité	C.C.	Probabilité	C.C.	Probabilité
Réserves lipidiques	-0,650	0,349	0,023	0,976	0,320	0,679	0,727	0,272	-0,229	0,770	-0,452	0,547
Réserves glucidiques	-0,107	0,892	0,371	0,628	0,479	0,520	0,818	0,181	-0,990	0,009	0,496	0,503
Sucres totaux	-0,645	0,354	0,777	0,223	-0,148	0,851	0,456	0,543	0,584	0,415	-0,643	0,356
Proline	-0,667	0,332	-0,763	0,236	0,857	0,142	-0,778	0,221	0,685	0,314	0,888	0,111
Chlorophylle	0,692	0,307	-0,570	0,429	0,333	0,666	0,728	0,271	-0,649	0,350	0,935	0,064
Flavonoïdes	-0,903	0,096	0,044	0,955	-0,697	0,302	0,725	0,274	0,941	0,058	0,625	0,374
Phosphore	0,777	0,222	-0,440	0,559	-0,785	0,214	0,567	0,432	0,861	0,138	0,583	0,416
Potassium	-0,074	0,925	0,430	0,569	0,00014	0,999	0,947	0,052	0,726	0,273	0,495	0,504
Sodium	0,431	0,568	0,799	0,200	0,886	0,113	-0,825	0,174	0,0100	0,99	0,011	0,988
Calcium	0,932	0,067	0,006	0,993	-0,109	0,890	0,285	0,714	-0,923	0,076	-0,181	0,818
Magnésium	0,080	0,919	-0,044	0,955	0,030	0,969	-0,836	0,163	-0,913	0,086	0,598	0,401

CHAPITRE 5

DISCUSSION GENERALE

5.1. Effet de la production saisonnière du lombricompost sur les paramètres individuels et structurels d'*Aphis fabae* :

Les résultats de cette étude démontrent que l'effet de la production saisonnière du lombricompost peut affecter les paramètres individuels d'*Aphis fabae*, en jouant sur sa performance d'installation ainsi que le changement structurels qui peut se produire de part les changements nutritionnels au niveau de la plante de *Vescia fabae* d'une part, et d'une autre part on observe l'effet de la dilution du lombricompost sur la densité du puceron noir de la fève, dus à un potentiel reproductif qui correspond à une variation de la teneur en éléments essentiels (comme l'eau, les protéines et les composés énergétiques) et en composés de défense (composés de la résine: terpènes et sesquiterpènes), ces changements nutritionnels de la réserve des hydrates de carbone et de l'équilibre de l'eau peuvent aussi affecter la qualité de la défense de la plante dans la saison [142 ; 143 ; 69].

Selon DAJOZ [144], les facteurs écologiques agissent sur les êtres vivants en modifiant leurs taux de fécondités et de mortalités ainsi que sur le cycle de développement et par la suite sur les densités des populations. De son coté, BICHE et SELLAMI [145], confirme que la plante hôte intervient comme un véritable facteur écologique dont l'action se superpose à celle des facteurs climatiques.

La température est parmi les facteurs climatiques qui influencent le développement de cette espèce. En effet, les températures agissent sur le développement de l'œuf à l'adulte, l'augmentation de la température

raccourcit la durée de développement. Ceci est en concordance avec nos résultats, cependant les températures enregistrées de l'ordre de 25°C, ont été très clémentes, et favorables au développement de cet insecte et ont un impact positif sur la réduction du cycle de vie comme il a été déjà démontré par MALAIS et RAVAENBERG [146].

L'importance des dégâts provoqués par le puceron noir de la fève *Aphis fabae* rend indispensable la mise en œuvre d'un ensemble de procédés de lutte qui consistent à éliminer les sources d'infestation et peuvent réduire sa propagation. Le recours à la lutte chimique reste la méthode la plus employée. Malgré son efficacité rapide, elle est non durable, c'est pour cette raison on a voulu testé le lombricompost pouvant présenter un effet biopesticide ou encore un effet stimulateur de la défense naturelle de la plante et de mettre au point une des méthodes de lutte intégrées peu coûteuses, efficaces et facilement utilisables par les agriculteurs. Les ravageurs peuvent souvent développer une résistance au bout d'un certain temps, parfois très court [147 ; 148].

5.1.1. Effet de la production saisonnière du lombricompost sur la densité d'*Aphis fabae* :

Dans notre cas, l'étude de la variabilité de répartition des effectifs de population d'*Aphis fabae* présentent une dénivellation des traitées et des témoins qui ont été sujettes d'évaluation face aux différents paramètres de dilutions du traitement estival et hivernal du lombricompost, cette différence de densité est au profit du témoin.

On suppose que le délai des réactions par lesquelles se crée un effet de dilution est de l'ordre de la semaine, du mois ou davantage, car il faut attendre l'expression de la croissance, et des modifications du potentiel métabolique qui porte atteinte à la composition chimique et biochimique de la plante hôte qui joue un rôle important sur la répartition de cet aphide d'une part du fait qu'elle constitue un milieu idéal en favorisant l'ombre et la

protection et d'autre part cette répartition peut être expliquée par le fait que les femelles sont aptères [149]. Elles ne peuvent pas se déplacer, donc elles colonisent des zones restreintes collées les uns aux autres ce qui augmente leurs densités [150; 151].

Cependant la physiologie de la fève joue un rôle important dans la distribution spatio-temporelle des insectes particulièrement les pucerons. La relation plantes hôtes-ravageurs est d'ordre nutritionnel, ainsi, l'équilibre physiologique de la plante hôte a une grande influence sur le développement des phytophages piqueurs-suceurs. Ces dernières modifient considérablement leur comportement, selon l'importance des éléments nutritifs mis à leur disposition [152; 153; 154]. Pour bien s'alimenter à partir de sa plante hôte, l'insecte doit y retrouver certaines caractéristiques nutritionnelles essentielles, c'est-à-dire que le contenu en substances nutritives de la plante lui permet de réaliser correctement son cycle vital, le plus rapidement possible. Il lui assure aussi une bonne fitness et survie de sa progéniture. En effet, il est évident que les substances chimiques contenues dans les plantes ont joué et jouent encore un rôle très important dans la relation des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes [155].

5.1.2. Effet de la production saisonnière du lombricompost sur les formes biologiques d'*Aphis fabae* :

Suivant la structure et les formes biologiques de la population aphidienne témoin de la fève le nombre d'individus des femelles aptères, particulièrement sont les plus importants suivis du nombre des larves. Ces derniers sont relativement comparables à ceux des males aptères. En revanche le nombre d'individus des femelles ailées et des males ailés sont en nombre moins important, par contre les résultats obtenus suite à l'utilisation du traitement du lombricompost estival et hivernal nous ont donné des formes biologiques pratiquement très rapprochés les uns des autres et la dilution du 10% de la production saisonnière du lombricompost a donné des

résultats très satisfaisants car les formes biologiques ont nettement diminuer et leurs densités aussi a été pleinement touchés.

Sachant que les pucerons sont polymorphes avec alètes étant généralement produites en réponse à des stimuli environnementaux [156]. La détérioration de la qualité de la plante hôte, le surpeuplement, la photopériode et la température sont également des facteurs importants qui déclenchent la production des ailées [157]. Le développement de l'environnement induit par des ailés ne signifie pas nécessairement que ces individus vont migrer. Pas tous les pucerons ailés voles, et non tous les aptères expriment leurs potentiels pour le vol migratoire [158]. Sachant que le vol est une forme de locomotion qui dépend d'un taux élevé de métabolisme énergétique [159].

Il est évident que les pucerons sont des créatures dynamiques avec des réponses de vol comportemental complexe. L'évaluation du comportement de vol des pucerons est souvent difficile en raison de leur petite taille [160]. Afin de soutenir la demande énergétique considérable requis pendant le vol, les sources immédiates de l'énergie chimique doivent être facilement disponibles.

L'auteur TWEEDIE [161] présume une bonne dissémination de l'espèce phytophage avant que les femelles ne soient alourdies par le poids des œufs, dont la maturation nécessite alors une phase de consommation car le poids des œufs peut avoir fait perdre l'usage du vol, puis des ailes, au cours de l'évolution.

Notre hypothèse rejoint les résultats de COCKBAIN [162] qui a signalé que le groupe d'*Aphis fabae* utilisent la quantité des réserves lipidiques stockées sous forme de combustibles de vol. De même, la quantité de glycogène stocké utilisés durant le vol captif par des individus *A. fabae* a été déterminée d'abord à extraire le glycogène et le quantifier avec le réactif

anthrone. Cette procédure a permis de comparer le montant des réserves de glycogène et de lipides chez les pucerons volé et non-utilisés du même âge. Ses résultats indiquent que les deux graisses et le glycogène sont consommés pendant le vol captif d'*A.fabae*. Initialement, le glycogène est utilisé comme combustible de vol, mais après la première heure la graisse devient le substrat principal de vol et est consommé à une vitesse moyenne de 0,005 mg / pucerons / heure. Le même auteur a conclu que 90% de l'énergie de vol pour *A. fabae* est assurée par les réserves de graisse.

Pendant le vol, le métabolisme des glucides peut se poursuivre pendant plusieurs heures. En outre, l'utilisation des lipides lancés presque immédiatement, plutôt que de commencer des réserves de glucides qui sont près de l'épuisement [163].

Ainsi, notre hypothèse est une continuité de la synthèse très complète de nombreuses observations réalisées par les auteurs suivants: LIQUIDO et IRWIN [164] qui suggèrent que la synthèse rapide et le stockage des lipides a été signalé de se produire avant l'apparition des ailées le cas du puceron noir de la fève *Aphis fabae*. La teneur en lipides d'*A.fabae* ailées a été trouvé en diminution de façon significative avec l'âge qui est en corrélation avec la capacité des ailés de se maintenir en vol captif. Les jeunes ailés qui comportent des réserves de lipides élevés ont tendance à avoir des vols plus longs. Les mêmes auteurs LIQUIDO et IRWIN [164] ont démontré que *A.fabae* utilise les réserves de lipides au cours du vol prolongée et leurs données indique que d'autres substrats énergétiques peuvent être consommés lorsqu'ils sont stockés les lipides sont épuisées.

Chez le témoin, la forme biologique des larves trouvés en forte quantité peut être expliqué et certains donnés bibliographiques [165; 166 ; 167 ; 168] qui nous confirme les paramètres qui peuvent accentuer sa répartition et sa densité, les effets de l'entassement du feuillage (entraînant un microclimat plus frais), de la concentration en chlorophylle des feuilles (entraînant des

qualités et/ou quantités de sève supérieures [169; 170], et de la structure de la feuille (le support de ponte), tous trois directement liés à la vigueur de la plante [171].

Lors de l'utilisation du traitement du lombricompost sous forme de pulvérisation sur les fèves ont constatés une forte diminution des formes biologiques surtout la dilution du 10% ainsi que leurs densité 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 [31].

Des études antérieurs ont également montré que le traitement foliaire des plants avec du lombricompost était associé au développement de certaines réponses défensives dans les tissus des plantes hôtes [36].

Les données bibliographiques [172; 173 ; 174 ; 175] devraient également nous permettre de signaler que plusieurs facteurs exercent une influence sur la dynamique des populations d'insectes ravageurs, mais une connaissance de l'écologie nutritionnelle de ces insectes est essentielle pour compléter une image adéquate de ces facteurs et de leurs interactions. Dans leur environnement, les insectes phytophages sont susceptibles de rencontrer au cours de leur existence une gamme de ressources dont la qualité nutritive est très variable. La qualité nutritive du feuillage dépend surtout de son contenu en éléments nutritifs (azote, sucres et eau) et peut être affectée par la présence de substances allélochimiques (phénols, terpènes, etc.). Cette variabilité dans la qualité nutritive du feuillage entre les plantes relève de plusieurs facteurs, tels que la nature du traitement attribuer à la plante et des conditions abiotiques dans l'environnement, et est susceptible d'influencer la biologie des insectes herbivores.

Sous l'hypothèse que les femelles dépendent entièrement de la disponibilité de ses plantes hôtes pour survivre et se reproduire et que la capacité de sélectionner un endroit propice au bon développement de sa progéniture affecte le succès reproducteur d'un individu [176; 177], on suppose que les stratégies démographiques des Insectes, leur mortalité, leur natalité et les différents postes de dépense de leur énergie, semblent en définitive essentiellement dépendre des solutions adoptées pour maîtriser les difficultés liées à la dissémination des ressources et aux fluctuations des conditions de vie [178].

Un taux d'accroissement des pucerons élevé suppose une mobilisation énergétique rapide, donc une nourriture très accessible. Les difficultés d'approvisionnement peuvent être liées aux caractéristiques physico- chimiques de la nourriture [179]. Car pendant les périodes d'arrêt de développement, la fécondité est nulle qui nous donne un niveau de population réduit [180; 181 ; 182].

5.1.3. Effet de la production saisonnière du lombricompost sur les traits de vie d'*Aphis fabae* :

La théorie des traits d'histoire de vie cherche donc à fournir une explication évolutive pour interpréter la diversité et la complexité du cycle de vie d'une espèce, à élucider le mécanisme d'allocation des ressources destinées à la croissance et la maintenance des fonctions somatiques avec les performances reproductrices, ou "effort de reproduction" [180; 183 ; 184].

Les résultats auxquels nous avons abouti dénotent que la quantité des lipides est moins importante par rapport à la quantité des glucides chez *Aphis fabae* témoin.

Nos résultats concordent avec les explications de l'auteur L'HELIAS [81], pronostiquant les réserves glycosidiques qui varient en accord avec les

différentes étapes de développement. Elles augmentent pendant les périodes de repos et diminuent pendant les périodes d'activité métabolique. Chez les insectes, c'est le tréhalose qui est utilisé comme source primaire d'énergie pour de nombreuses fonctions. La transition du repos au travail chez de nombreux insectes implique souvent une très grande augmentation dans la vitesse d'utilisation de l'énergie. L'hypothèse de LAGADIC *et al.*, [185] avance que la nature transitoire des changements dans les concentrations de glucose dans l'hémolymphe des insectes limite l'utilité du glucose comme indicateur de stress. De ce fait, peu d'études ont été conduites sur les effets induits par des toxiques sur le glucose des invertébrés.

Pour bien s'alimenter à partir de sa plante hôte, l'insecte doit y retrouver certaines caractéristiques nutritionnelles essentielles, c'est-à-dire que le contenu en substances nutritives de la plante lui permet de réaliser correctement son cycle vital, le plus rapidement possible. Il lui assure aussi une bonne fitness et survie de sa progéniture. En effet, il est évident que les substances chimiques contenues dans les plantes ont joué et jouent encore un rôle très important dans la relation des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes [155].

Selon l'auteur THIBAUD [186], le contenu en lipides des insectes peut varier de 1% à 50% du poids frais. Ce pourcentage dépend des espèces, de leur activité nutritionnelle et de leur constitution de réserves pour la production des œufs.

Au cours de la période de traitement estival du lombricompost, les résultats obtenus signalent que la corrélation est positive entre les réserves énergétiques d'*Aphis fabae* traité par le dilué du 10%, qui est systématiquement soutenue par les divers résultats relatives à la qualité nutritive de l'hôte suite à l'apport du lombricompost.

Les premiers résultats qui ont visé la sensibilité des réserves énergétiques (lipides et sucres) suite à l'exposition d'un traitement du lombricompost estival, on constate une variabilité dans la teneur en lipides qui semble dépendre de la concentration du produit et de la période de traitement.

Dans le cadre des théories de l'approvisionnement, le risque d'une stratégie comportementale correspond à la variance dans le gain obtenu [187].

Donc si les contraintes environnementales changent, alors la décision n'est plus optimale. Pour ajuster son comportement aux variations des contraintes extrinsèques, l'individu doit pouvoir s'informer sur ces variations temporelles, intégrer l'information, et organiser son comportement afin de le synchroniser avec les fluctuations des contraintes [188].

Les variations temporelles dans l'abondance en nourriture influencent également l'organisation du comportement de recherche, avec parfois des phases de stockage, suivies de phases de consommation des réserves [189 ; 190].

La mesure d'une durée entre deux événements peut être d'une grande utilité pour l'estimation de la qualité de l'environnement à différentes échelles spatiales, et pour le choix du comportement à adopter en conséquence. Par exemple, dans le cadre de la théorie de l'approvisionnement optimal, l'individu est supposé capable de mesurer sa vitesse instantanée d'acquisition d'énergie et de la comparer à la vitesse moyenne attendue pour l'ensemble de l'environnement. Cette vitesse moyenne peut être estimée via la perception du délai entre deux événements et ainsi conditionner l'intensité de l'exploitation de la ressource. Ceci est sous-entendu par des processus cognitifs impliquant le traitement de l'information temporelle par le système nerveux de l'insecte [191 ; 192].

Au cours du temps, l'information que possède un insecte sur son milieu est donc dynamique, et à chaque instant, une certaine quantité d'information est perçue, mémorisée, et oubliée [193].

Avec le second traitement hivernal et dans le cas d'utilisation le pure et le dilué du 5%, où on note qu'il ya une corrélation négative, soit une augmentation des réserves lipidiques lorsque les réserves glucidiques diminues.

Dans son article, l'auteur NONACS [194] montre que lorsque l'état interne de l'individu n'est pas constant, le comportement optimal ne sera pas le même à tout moment. La fluctuation de la valeur sélective d'un comportement en fonction de l'état de l'individu est formalisée dans le concept de dépendance de l'état.

L'évaluation des conséquences physio-toxicologiques résultant de l'exposition d'un organisme à un stress biochimique, implique une évaluation aussi précise que possible des causes et des modalités de la perturbation. En outre, elle nécessite la connaissance des domaines de variations des paramètres écophysiologiques dans la population exposée de l'espèce considérée. Il est nécessaire d'identifier les biomarqueurs permettant d'évaluer de façon aussi précoce que possible l'impact potentiel du produit stimulateur susceptible de fluctuer selon les mécanismes d'exposition [194].

En effet, suivant notre hypothèse et selon RIBA ET SILVY [195] qui expliquent l'impact des biofertilisants sur les organismes nuisibles vise l'intégrité de l'individu, donc un dysfonctionnement de l'ensemble de ses paramètres biologiques où chaque paramètre joue ainsi un rôle dans sa survie.

Les pucerons vont plutôt investir cette accumulation lipidique au profit d'un rétablissement de l'homéostasie que de la différer au profit de la reproduction. En effet, selon le principe d'allocation de tout investissement

supplémentaire dans un aspect quelconque de la vie d'un organisme ne pourra se faire qu'aux dépens d'un autre aspect [84 ; 180].

Les différentes activités des phytophages se traduisent par l'influence des réserves énergétiques sur les comportements autres qu'alimentaires. En effet, leur variation temporelle induite par exemple des changements dans le comportement sexuel [82], [83]. En fonction de ses réserves, l'individu devra choisir entre s'alimenter ou réaliser une autre activité. Dans notre cas, cette activité semble être la détoxification des substances toxiques ingérées pour le regain d'un état d'équilibre homéostatique.

La différence observée au niveau des lipides et des glucides peut être expliquée probablement par une modification des traits de vie des femelles d'*Aphis fabae* suite à leur exposition. Cette hypothèse peut traduire un phénomène d'hormesis (effet favorable d'un toxique sur la physiologie ou le comportement d'un organisme).

L'auteur CALABRESE [196], signale en effet, que le phénomène d'hormesis, est relatif aux concentrations du produit, qui même à faible concentration peut induire une perturbation de l'homéostasie, à laquelle l'organisme réagit par une surcompensation de l'effet.

Ces surcompensations pourraient refléter :

1. Soit une augmentation des métabolites lipidiques, favorisant ainsi le stockage du toxique. Ceci est en accord avec les résultats de l'auteur VAN GIJNDY *et al.*, [197], qui avancent que les concentrations du produit chimique testé sur les juvéniles du genre *Meloidogyne spp.* ont grandement influencé le métabolisme lipidique. D'un autre côté, l'étude stipule que les lipides emmagasinés peuvent avoir une fonction structurale plutôt que métabolique.

2. Soit une stimulation directe de la reproduction, ce qui indique l'augmentation rapide des lipides témoignant l'expression de leur mise en réserve, probablement pour débiter plus précocement l'ovogenèse ou pour produire une quantité plus importante d'œufs. Cette hypothèse rejoindrait les résultats des auteurs [198 ; 199 ; 200], selon lesquels, il se peut que les produits phytosanitaires stimulent la reproduction, soit en augmentant la production d'œufs et/ou en raccourcissant le temps requis avant la première ponte. De ce fait les modèles expérimentés ont plus d'œufs développés et leur poids en est augmenté, tandis que les témoins ont développé moins d'œufs ou pondent plus tardivement.

5.2. Effet de la production saisonnière du lombricompost sur la qualité phytochimique d' *Viscia fabae* :

Pour comprendre la distribution et l'abondance d'une espèce, il est nécessaire de connaître son histoire, les conditions environnementales favorables, les ressources nécessaires, ses paramètres démographiques (taux de natalité, de migration...), et les effets des interactions intra et interspécifiques [201]. Les conditions environnementales sont les facteurs abiotiques, tels que la température, l'humidité, le pH, la salinité, la pression, l'oxygénation, voire la pollution, qui posent les limites physico-chimiques de son aire de répartition.

Les résultats relatifs à la qualité phytochimique de *Vicia fabae* montrent que la production saisonnière du lombricompost semble ne pas avoir d'effet significatif sur la variation des taux des molécules biochimiques. Par conséquent nous suggérons que l'apport du biofertilisant a engendré un déséquilibre biochimique au niveau de la plante. Différents résultats de recherche rejoignent nos observations notamment ceux de Coïc et Tendille et Ildiko et Galiba [12 ; 57], dont ils citent que les différents régimes de stress (abiotique et biotique) affectent le métabolisme des hydrates de carbone, des sucres et d'autres composés organiques. Les changements dans le contenu

des carbohydrates sont particulièrement importants vu leur relation direct avec les processus physiologiques tels que la photosynthèse, la translocation et la respiration. Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont le glucose, le fructose et le saccharose. La synthèse des sucres est dépendante de l'état sanitaire de la plante et des conditions climatiques tels que le déficit hydrique [202].

Les résultats touchant la fluctuation des flavonoïdes montrent une augmentation importante par rapport au témoin, à partir de ces résultats on suppose que l'effet de la production saisonnière du biofertilisant a stimulé la défense de la plante et cela s'est manifesté par la production élevée des molécules anti-appétante et répulsif tel que les anthocyanes et les C.glycosides. Dans le même sens d'idée Phillogene et Arnason [203] signale que les composés secondaires de la plante ont diverses actions sur l'insecte. Ils sont stimulateur d'appétit, anti-appétant lorsqu'elles inhibent la prise de nourritures, phénomène qui peut conduire à la mort s'il demeure sur la plante nourricière, répulsif lorsqu'elles agissent à distance en empêchant l'approche des ravageurs et dans bien des cas toxique. Les facultés extériorisées par la plante hôte, peuvent affecter à des degrés divers la croissance, le développement, la diapause, ou la reproduction chez les insectes. Plusieurs molécules végétales sont capables d'empêcher une digestion normale des substances nutritives, pouvant ainsi ralentir la croissance, abaisser la résistance aux maladies ou encore réduire la fécondité des insectes. Les glucosinolates modifient le comportement des altises (*Phyllotreta spp*), de la mouche du chou (*Delia radicum L.*) et de la fausse-teigne des crucifères (*Plutella maculipennis curtis*) [204; 205].

Les composants défensifs des plantes peuvent avoir des effets directs et indirects sur la fécondité des insectes herbivores. Ainsi ; le taux de croissance et de fécondité d'*Aphis craccivora* sont compromis par les taux de procyanidine (un tannin condensé) dans le feuillage des arachides (*Hypogaeae d'arachis*) [206]. Chez le puceron du chou la diminution de la fécondité est allouée aux quantités de Glucosinolates existantes dans le

phloème [207]. De leur côté Les acides hydroxamiques du blé ont permis une diminution de la croissance démographique de *Rhopalosiphum padi* [208].

Il existe également beaucoup d'exemples démontrant l'effet stimulateur des composés défensifs du support nourricier sur les paramètres biologiques individuels des espèces herbivores. *Brevicoryne brassicae* espèce spécialiste et *Myzus persicae* espèce généraliste ont été élevés sur trois variétés de la *Sinapis alba* contenant différentes concentrations en glucosinolate. *B. brassicae* a préféré des jeunes plantules contenant des concentrations élevées de sinalbin, tandis que *M. persicae*, a préféré les feuilles sénescentes à basses concentrations de sinalbin. A priori le potentiel biotique des deux espèces d'Aphis ne présentait pas de différences significatives sur les trois variétés suggérant ainsi que les glucosinolates ont été considérés comme des stimulateurs de fécondité [207].

Les résultats relatifs à la qualité phytochimique de *Vicia fabae* montrent que la production saisonnière du lombricompost semble ne pas avoir d'effet significatif sur la variation des taux des teneurs en éléments chimiques. En revanche, les teneurs en phosphore sont corrélés négativement lors du traitement D5 et D10 comparant à celui du témoin. Par ailleurs les résultats des teneurs obtenues de potassium durant l'utilisation de la production saisonnière du lombricompost, montrent une valeur importante par rapport à leurs témoins.

Nombreux facteurs influencent la composition en éléments minéraux, l'âge de la feuille et la fertilisation [209]. L'application d'un produit entraîne une modification de la composition foliaire d'un autre élément présent (les niveaux des plants, la qualité de la sève [210]. KHELIL [211], montre que ces interactions entre éléments, peuvent être expliquées par la présence d'un élément qui peut gêner l'accumulation d'un autre élément ou le contraire le favorise, on a aussi le climat, le sol et l'état phytosanitaire.

Nos résultats sont comparables à ceux de la littérature ; en phase de croissance les fortes teneurs en phosphore et potassium peuvent expliquer que pendant cette étape, la fève explore d'une façon très importante ces deux éléments qui rentrent dans la composition de synthèse des métabolites secondaires [212 ; 213 ; 241].

VAN EMDEN et WEARING [215], ont signalé que le niveau et le transfert de l'azote soluble sont accrus par une déficience en potassium qui accélère la sénescence de la feuille et par suite le déclenchement de l'hydrolyse des protéines (libération des acides aminés). Dans ce même contexte, KUMBASLI [216], signalent qu'une fertilisation azotée favorise généralement les populations d'insectes phytophages. Les effets positifs sur les performances des insectes sont reliés à une augmentation de la croissance de la plante et particulièrement à des concentrations foliaires plus élevées en azote. Par ailleurs, KUMBASLI [216], indique que la fertilisation azotée tend à faire baisser les composés phénoliques. Plusieurs études rapportent qu'une diminution en composés phénoliques ou tanins suite à une fertilisation azotée, favorise les performances biologiques de plusieurs espèces d'insectes phytophages [216].

D'autre part, les éléments minéraux ne sont répartis dans les autres organes, à partir de la feuille, qu'au fur et à mesure des besoins, de sorte qu'il peut y avoir un phénomène de stockage, si la fonction chlorophyllienne est ralentie, ce qui entraîne une plus faible demande des organes en voie de croissance et de développement [217].

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail consacré essentiellement à l'étude de l'effet du lombricompost sur la qualité phytochimique et la fitness du puceron noir de la fève dans les conditions contrôlées, il nous a paru intéressant de dégager les principaux résultats auxquels nous avons aboutis.

Les résultats ont montré que les densités des populations d'*Aphis fabae* sont réduites sous l'effet des différentes formes d'apport du lombricompost (pur et les dilutions). Les résultats montrent aussi que la forte dilution affiche le taux le plus faible au terme de densité. A travers l'application du lombricompost estival et hivernal les résultats ont affichés une baisse du taux des formes biologiques les femelles ailée d'*Aphis fabae* ainsi que leurs males. Les mêmes résultats dénotent que le traitement des plantules de fève par la forte dilution estivale et hivernale provoque une élévation du taux des larves et les adultes par rapport au témoin.

Les résultats relatifs aux réserves énergétiques d'*Aphis fabae* font ressortir que la production saisonnière du lombricompost semble avoir un effet significatif sur la variation de leurs taux, une diminution importante lors du traitement par rapport aux témoins.

Les résultats touchant la fluctuation des flavonoïdes montrent une augmentation importante par rapport au témoin, a partir de ces résultats on suppose que l'effet de la production saisonnière du biofertilisant a stimulé la défense de la plante et cela s'est manifesté par la production élevé des molécules anti-appétante et répulsif.

Au courant de cet essai nous avons pu mentionner que la production saisonnière du lombricompost a provoqué une variation des éléments minéraux majeurs par l'augmentation importante de la concentration du potassium dans la plante. Et une corrélation négative entre le D5 et le D10 concernant le taux du phosphore on été obtenue durant la saison hivernale.

En fin les résultats obtenus par l'application du lombricompost nous on permit de faire ressortir des rapprochements très timides entre la qualité phytochimique de la fève et les paramètres populationnels du puceron noir entre autre la densité et leurs formes biologiques ainsi que leurs taux d'éléments minéraux majeurs. Toujours en période hivernale il est important de signalé la présence d'une corrélation positive entre le potassium les flavonoïdes et la chlorophylle sous l'effet des différents dilutions.

Les résultats obtenus par la présente étude ont montré que le jus du lombricompost en plus de son action fertilisante, pourrait être un moyen efficace de lutte contre les bioagresseurs des plantes. Les études sont encore récentes et les mécanismes d'action de ce biofertilisant ne sont pas encore bien connus. En perspective, il serait intéressant d'évaluer l'effet du biofertilisant sur les paramètres de production de culture et sur les paramètres populationnels des bioagresseur dans les conditions de plein champ. Connaître le mode d'apport le plus efficace en terme d'application foliaire ou par fertigation en fin il serait très intéressant d'arriver a une formulation qui permettra son utilisation a grand échelle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **HOWARD-BORJAS P., et CUIJPERS W., 2002** - "Gender and the management and conservation of plant biodiversity", in **DOELLE H W et DA SILVA E.**, Biotechnology, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Oxford, UK.
2. **BOUZIANI M., 2007** – l'usage immodéré des pesticides : de graves conséquences sanitaire- Epidémiologiste. Faculté de médecine d'Oran.
3. **BONNEMAIN J-L ., CHOLLET J-F., 2003** – Biologie et pathologie végétales. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. C.R.Biologies 326, pp : 1-7.
4. **GIROUX S., CÔTE J C., VINCENT C., MARTEL P., CODERRE D., 1994** – Bacteriological insecticide M-One effects on the mortality and the predation efficiency of adult spotted lady beetle *Coleomegilla maculata* (Coleoptera : Coccinellidae).J.Econ.Entomol.87, 39-43.
5. **FRAVEL D R., RHODES D J. and LARKIN R P., 1999** - Production and commercialization of biocontrol products. In *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*, edited by R. Albajes, M. L. Gullino, J. C. van Lenteren and Y. e. Elad: Dordrecht: Kluwer.
6. **REGNAULT-ROGER C., PHILOGENE B J R ., VINCENT C ., 2002** – Biopesticides d'origine végétale. Tec & Doc, Paris, pp : 187-242.
7. **PICARD K., PONCHET M., BLEIN J.P., REY P., TIRILLY Y., BENHAMON N., 2000** - Oligandrin. A proteinaceous molecule produced by the mycoparasite *Pythium oligandrum* induces resistance to *Phytophthora parasitica* infection in tomato plants. Plant Physiology 124, pp: 379–395.
8. **YEDIDA I., BENHAMOU N., CHET I., 1999** - Induction of defenses in cucumber plants (*Cucumis sativus L.*) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Applied Environmental Microbiology 65, pp: 1061- 1070.

9. **GLAZEBROOK J., 2005** - Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43, pp : 205-227.
10. **NDEGWA P M., THOMPSON S A., DAS K C., 1999** - Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71, pp: 5–12.
11. **MAZLIAK P., 1974** - Physiologie végétale. Nutrition et Métabolisme, Ed. Hermann, Paris, 380p.
12. **COIC Y., et TENDILLE C., 1972** - Importance de la racine dans la synthèse protéique chez certains genres de végétaux, C.R. Acad. Agr. de France, n° 63, pp : 681-690.
13. **MENGEL K., KIRKBY E.A., 1978** - Principles of plant nutrition, Ed. Intern. Potash Inst., Berne, 398p.
14. **HELLER R., 1977** - Abrégé de Physiologie végétale. Tome I. Nutrition, Ed. Masson, Paris, 425p.
15. **HELLER R., 1969** - Biologie végétale .Tome II. Nutrition et Métabolisme, Ed. Masson, Paris, 400p.
16. **SCHARRER K., LINSER H., 1972** - Encyclopedia of plant physiology, Tome II. Resistans of plants, Ed. Springer, Vienne, 420p.
17. **RUHLAND W., 1958** - Encyclopedia of plant physiology, Tome IV. Mineral Nutrition of plants, Ed. Springer, Berlin, 213p.
18. **GERBER I B., et DUBERY I A., 2004** - Protein phosphorylation in *Nicotiana tabacum* cells in response to perception of lipopolysaccharides from *Burkholderia cepacia*. *Phytochemistry.* 65, pp: 2957-2966.
19. **ACKERLY D., 1999** - « Self-shading, carbon gain and leaf dynamics: a test of alternative optimality models », *Oecologia*, 119, pp: 300-310.
20. **KUDO G., 1996** - "Intraspecific variation of leaf traits in several deciduous species in relation to length of growing season", *Ecoscience*, 3, pp: 483-489.
21. **OSMAN A M., MILTHORPE F L., 1971** - Photosynthesis of wheat in relation to age, illuminance and nutrient supplies. Result,

Photosynthetica, n°11, V 5, pp: 61-70.

22. **CHAPMAN H D., 1966** - Diagnostic Criteria for plants and Soils, Ed. Univ. of California, 175 p.
23. **DADD R H., 1985** - Nutrition: organisms. In: Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, vol. 4, ed. G.A. Kerkut & L.I. Gilbert, Oxford: Pergamon Press, pp: 313-390.
24. **MATTSON W J., 1980-** Herbivory in relation to plant nitrogen content. Annual Review Ecology Systematics, 11, pp: 119-161.
25. **MARTIN- PREVEL P., 1978** - Rôle des éléments minéraux chez les végétaux, Fruits, 33, pp : 521-529.
26. **CHANOV E L., and SCHAFFER W M., 1973.** - Life history consequences of natural selection: Result revisid. Am. Nat. pp: 107-793.
27. **BERINGER H., 1978** - Le potassium, ses fonctions dans le métabolisme de la plante et son action sur le rendement, Au Serv. De l'agr. : Dossier K₂O, 14, pp : 3-10. (aoariginal en anglais in : Colloq. Potassium in soils and crops, Inst. Internat. Potas, New-Delhi, 1979).
28. **BERINGER H., TROLLDENIER G., 1978** - Influence de la nutrition potassique, sur la réponse du végétal aux situations de « stress », Au Serv. De l'Agr. : Dossier K₂O, 14, pp: 11-24. (Influence of K nutrition on the response to environmental stress, in: potassium research review and trends, inst. Internat. Potas, Berne, pp: 189-222, 1979).
29. **CRASNIER M., MOUSTACAS A.M., et RICARD J., 1985** - Electrostatic effects and calcium ion concentration as modulators of acid phosphatase bound to plant cell walls, European Journal of Biochemistry, 151, pp. 187–190.
30. **HALL G J., HART C A., et JONES C A., 2000** - Plants as sources of cations antagonistic to glyphosate activity, *Pest Manag. Sci*, 56, pp. 351–358.
31. **CHAMEL A., GAMBONNET B., 1980** - Foliar penetration of micronutrients: study with isolated pear leaf cuticles of cuticular. Retention and penetration of zinc, in: Mineral Nutrition of fruit trees, 318p.
32. **KOLBE W., 1977** - Studies on the influence of mineral and organic

fertilizer dressings on disease incidence in orchards given uniform crop protection treatments, *Pflanzenschutz- Nachrichten Bayer*, 30, 2, pp: 138-152.

33. **HUTCHESON S W., 1998** - "Current concepts of active defense in plants." *AMU.Rev. Phytovathol.* 36, 1, pp: 59-90.
34. **HUNTER M D., 1992** – A variable insect -plant interaction: the relationship between trees budburst phenology and population levels of insect herbivores among trees. *Ecol. Entomol.* 16, pp: 91-95.
35. **MOPPER S., 2005** – Phenology how time creates spatial structure in endophagous insect populations. *Annales zoologici Fennici* 42, pp: 327-333.
36. **PAJOT E., 2010** - «Les Stimulateurs des Défenses Naturelles en Production Végétale : Mythe ou Réalité ? », XVI Rencontres Professionnelles. EP Valinov-VEGEPOLYS. Rittmo. Colmar.
37. **LAWRENCE R K., MATTSON W J et HAACK R A., 1997** – White spruce and the spruce budworm: defining the phenological window of susceptibility. *Cano Entomol.* 129, pp: 291-318.
38. **HOUSE H L, 1965** – Insect nutrition (The physiology of insecta). Vol. I. Academie Press, New York. pp: 769-813.
39. **FEENY P P., WALLACE eds I et MANSELL R., 1976** – Plant apparency and chemical defense. In "Biochemical interactions between plants and insects." *Recent adv. Phytochem.* 10, pp: 1 - 40.
40. **HUNTER A F. et ELKINTON S., 2000** – Effects of synchrony with host plant on population's offspring-feeding lepidopteran. *Ecology.* 81, 5, pp: 1248-1261.
41. **EIDT D C et LITTLE C H A., 1970** – Insect control through induced host-insect asynchrony: a progress report. *J. Econ. Entomol.* 63, pp: 1966-1967.
42. **COLLINGE S K. et LOUDA S M., 1989** – Influence of plant phenology on the insect herbivore/bittercress interaction. *Oecologia*, 79, 1, pp: 111-116.
43. **MACLAUHLAN L E et BORDEN J H., 1995** – Discrimination between pine shoots with and without oviposition by *Pissodes terminalis* hopping (*Coleoptera: Curculionidae*). *Cano Entomol.* 127, pp: 267-269.

44. **SCHULTZ J C., 1988** - Many factors influence the evolution of herbivore diets, but plant chemistry is central. *Ecology*, vol. 69, pp: 896-897.
45. **MATTSON W J et SCRIBER J M., 1987** – Nutritional ecology of insect folivores of woody plants. In: Slansky F Jr, Rodriguez JG (eds). *Nutritional Ecology of insects, mites spiders, and related invertebrates*. Wiley, New - York, pp : 105-146.
46. **GANG., 2004** – Lutter contre les insectes nuisibles en agriculture biologique : intervenir en harmonie face à la complexité *PHYTOPROTECTION* 87, pp: 83-90.
47. **GEERVLIEF F., 2003** – Biological notes on larval hatching in *Capnodis tenebrionis* (L.) (Coleoptera Buprestidae) and evaluation of entomopathogenic nematodes in controlling neonate larvae. *Redia* 86, pp : 101-106.
48. **TURLING I., 2005** – A rapid and sensitive method for identifying permeable areas in the body wall of insects. *Entomological News* 71, pp: 179-182.
49. **TURLING I et TUMLIN Y., 2000** – Growth responses of larvae of the Aple leafcurling treated, *Ent. Exp. Appl. Entom. Zool.*, Vol.7,n°4,Paris, pp :257-262.
50. **JAYARAJ P.,1999** – Plagas en frutale de hueso con espeziale estudio del *Capnodis tenebrionis* L., pp : 27-43.
51. **CHABOUSSOU F., 1980** – Les plantes malades des pesticides. Base nouvelle de prévention contre maladies et parasites. Ed. DEBARD, Paris, 200p.
52. **DERRIDJ O., 1996** – Physiological and ecological studies on the species of *Capnodis* in Palestine (Col., Buprestidae). II. Studies on the larvae. *Bulletin of the Entomological Research* 36, pp: 103-119.
53. **ESPIELIE k., 1996** – Contributions à l'histoire naturelle des larves de Buprestides: la première larve de *Julodis onopordi* Fabr. *Annales de la Société de Entomologique de France* 62, pp: 92-95.
54. **UDAYAGIRI I et MASON O., 2001** – Morfologii lichinok zlatok roda *Acmaeoderella Cobos* (Coleoptera, Buprestidae), p. 21-38 in: Medvedev G.S. (ed.), 144 *Morfologiya i sistematika nasekomykh*. Trudy

Zoologicheskogo instituta AN SSSR, 83, Leningrad [in Russian].

55. **SCHOONHOVEN L M., 1982** – Biological aspects of antifeedants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 31, pp: 57-69.
56. **STADLER R., 1998** – Moeurs et métamorphoses d'insectes. *Revue d'Entomologie*, Caen 11, pp: 202-252.
57. **ILDIKO K et GALIBA G., 1995** – Carbohydrates in wheat and Maize plants under water stress. INRA, Inter drought, 10. In: *Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides* – Paris, pp : 465-472.
58. **DIOFASI L., IJJASZ I et BALO B., 1995** – The effect of drought, on the free amino acid content of the wine of Umbrella – Shaped Italian Riesling Vine – Stocks. INRA, Inter drought, 100p.
59. **OBATON M., BERGER A., FOURNIER C. et PANNE F., 1995** – Change in the osmotic composition of Soy Bean in relation with the nitrogen nutrition way. INRA, Inter drought. 100p.
60. **RAMANJULU S et SUDHAKAR C., 1997** – Drought tolerance is partly related to aminoacid accumulation: A comparative study in two Mulberry genotypes differing in drought sensitivity. *J. Plant Physiol.* 150, pp: 345- 350.
61. **LEWIN L G., SPARROW D H B. et ASPINALL D., 1978** – Proline accumulation and drought resistance in Barley, 23, pp: 12-36.
62. **STEWART C R., 1978** - Role of carbohydrates in proline accumulation wilted Barley leaves. *Plant Physiol*, 61, pp: 775-778.
63. **SAMAI A., 1991** – Effet de l'humidité du milieu sur l'accumulation de la proline dans les tissus de blé pendant les premiers stades végétatifs. Thèse de DES en Biologie Végétale, 51p.
64. **PESCI P et BEFFAGNA A., 1984** - Inhibiting effect of *fusicoccin* on abscisic acid induced proline accumulation in barley leaves. *Plant Sci. Letters*, 37, pp: 7-12.
65. **BELLINGER Y et LARHER F., 1987** – Proline accumulation in higher

plants: a redox buffer? *Plant Physiology (Life Sci.Adv.)*, 6, pp: 23-27.

66. **RAI V K., 2002** – Role of amino acids in plant responses to stresses. *Biologia Plantarum*, 45, pp: 481-487.
67. **BEZZALA A., 2005** – Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse, Magister en science agronomique. Université EL HADJ LAKHDAR, 143p.
68. **CLERIVET A., ALAMI F., BRETON D., GARCIA et SANIER C., 1996** - "Phenolic compounds and plant resistance to pathogenic microorganisms." *Acta Bot. Gd.*143, 6, pp: 53 1-538.
69. **LOUIS S., 2004** – Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines de légumineuses. Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 260p.
70. **RICE E L., 1974** - Allelopathy. Academic, Press New York. 410 p.
71. **HARBORNE J B., 1977** - Introduction to ecological biochemistry. London: Academic Press. 350 p.
72. **SWAIN T., 1977** - Secondary compounds as protective agents. *Annu. Rev. Plant Physiol.* Vol 28, pp: 479-501.
73. **ISMAN M B., and DUFFEY S S., 1982** - Toxicity of tomato phenolic compounds to the fruitworm *Heliothis zea*. *Entomol. Exp. Appl.*Vol. 31, pp : 370-376.
74. **HARBORNE J B., and INGHAM J L., 1978** - Biochemical aspects of the coevolution of higher plants with their fungal parasites In *Biochemical aspects of plant and animal coevolution*. Annual proc. phytochem. Soc. Europe, ed. H. J. B. (Ed): Academic press 436 p., pp. 343-405.
75. **PARIS M et HURABIELLE M., 1981**- Abrégé de matière médical (Pharmacognosie0. Tome 1, Généralités- Morphologies. Pp : 182-216. Ed. Masson, Paris. ISBN: 2-225-66165.
76. **SHAVER T N., and LUKEFAHR M J., 1969** - Effect of flavonoid pigments

and gossypol on growth and development of bollworm, tobacco budworm and pink bollworm. *J. Econ. Entomol.* Vol. 62, pp : 643-646.

77. **NEUPANE F P., and NORRIS D M., 1990** - Indo-acetic acid alteration of soybean resistance to the cabbage looper (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* Vol.19, pp : 215-221.
78. **PERRIN D R., and CRUICKSHANK I A M., 1965** - Studies on the phytoalexins. VII. Chemical stimulation of pisatin formation in *Pisum sativum*. *Aust. J. Biol. Sci.* Vol. 18, pp: 803-816.
79. **LANE G A., BIGGS D R., SUTHERLAND O W R., WILLIAMS E M., MAINDONALD J M., and DONNELL D J., 1985** - Isoflavonoid feeding deterrents for *Costelytra zealandica*, Structure activity relationships. *J. Chem. Ecol.* Vol. 11, pp: 1713-1735.
80. **PANDA N., and KHUSH G S. , 1995** - Secondary Plant Metabolites for Insect Resistance. In *Host Plant Resistance to Insects.*, Wallingford, UK: CAB International, pp : 22- 66.
81. **L'HELIAS C., 1970** - "Chemical Aspects of Growth and Development in Insects». *Chemical Zoology.* Florkin, M., Scheer B.T., Chemical Zoology London, Academic Press 5, pp: 343 -400.
82. **CAMPANELLA P J., et WOLF L L., 1974** - Temporal leks as a mating system in a temperate zone dragonfly (Odonata: Anisoptera). I. *Plathemis lydia* (Drury). *Behaviour*, 51, pp: 49-87.
83. **RINGO J., 1996** - Sexual receptivity in insects. *Annual Reviews in Entomology*, 41, pp: 473-494.
84. **WILLIAMS G C., 1966** - Natural Selection, the Costs of Reproduction, and a Refinement of Lack's Principle. *The American Naturalist* 100: 687.
85. **STANTON T L., CAINE S B., et WINOKUR A., 1992** - Seasonal and state-dependent changes in brain TRH receptors in hibernating ground squirrels. *Brain Research Bulletin*, 28, 877p.
86. **CUI Y., LEE T F., et WANG L C H., 1996** - State-dependent changes of brain endogenous opioids in mammalian hibernation. *Brain Research Bulletin*, 40,129p.
87. **BIDON Y., 1993-** Influence des sucres solubles et de l'azote sur la croissance, le développement et l'utilisation de la nourriture par la

tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)).
Thèse de Maîtrise ès Science. Université Laval, Ste-Foy (Québec),
Canada. 63 p.

88. **PENG M et KUC J., 1992** - "Peroxidase-generated hydrogen peroxide as a source of antifungal activity in vitro and on tobacco leaf disks." *Phyto-athology* 82, 6, pp: 696-699.
89. **SCRIBER J M., 1977** – Limiting effects of low leaf-water content on the nitrogen utilization, energy budget, and larval growth of *Hyalophora cecropia* (*Lepidoptera: Saturniidae*), *Oecologia* 28, New York, pp: 269-287.
90. **STEELE J E., 1981** – The role of carbohydrate metabolism in physiological function. Energy metabolism. R. G. H. Downer. New York, plenum press.
91. **STAMP N, 2003**- Out of the Quagmire of plant defense hypotheses. *The Quarterly Review of Biology*, 78, pp: 23-55.
92. **SOING P., VAYASSE P et RICARD J P., 1999** - Fertilisation des vergers, Environnement et qualité. A.C.T.A. Paris, 86p.
93. **OHGUSHI T, 1992**- Resource limitation on insect herbivore populations. In: Effects of resource distribution on animal-plant interactions. Edited by M.D. Hunter, Ohgushi & P.W. Price. Academic Press Inc. pp: 199-241.
94. **BREWER W., CAPINERA J L., DESHON R E & WALMSLEY M L., 1985**- Influence of foliar nitrogen levels on survival, development and reproduction of western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Canadian Entomologist*, 117, pp: 23-32.
95. **MCNEILL S & SOUTHWOOD T R E., 1978** - The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. *Biochemical aspects of plant and animal coevolution*, J.B. Harborne, ed., Academic Press, London, pp: 77-98.
96. **HARVEY G T., 1974** - Nutritional studies of eastern spruce budworm (*Lepidoptera: Tortricidae*). I. Soluble sugars. *Canadian Entomologist*, 106, pp: 353-365.
97. **MCLAUGHLIN B M., 1986**- Performance of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* in relation to dietary and foliar levels of sugar and nitrogen. Thèse de Maîtrise ès Sciences, Michigan State University,

East Lansing, Michigan

98. **HAGERMAN A E et BUTLER L G., 1991-** Tannins and lignins. Pp: 355-388 in Rosenthal G.A. and Berenbaum M.R. (eds.). *Herbivores, Their Interaction with Secondary Plant Metabolites*, Vol. I. The Chemical Constituents, 2nd ed. Academic Press, San Diego California.
99. **AWMACK C S et LEATHER S R., 2002-** Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 47, pp: 817-844.
100. **HAUKIOJA E et NEUVONEN S., 1985-** Insect population dynamics and induction of plant resistance: the testing of hypotheses. In: *Insect outbreaks*. Edited by P. Barbosa & J.C. Schultz. Academic Press, New York. Pp: 411-432.
101. **KAITANIEMI P., RUOHOMAKI K., OSSIPOV V, HAUKIOJA E & PIHLAJA K., 1998-** Delayed induced changes in the biochemical composition of host plant leaves during an insect outbreak. *Oecologia*, 116, pp: 182-190.
102. **OSIER T L., HWANG S Y & LINDROTH R L., 2000-** Effects of phytochemical variation in quaking aspen *Populus tremuloides* clones on gypsy moth *Lymantria dispar* performance in the field and laboratory. *Ecological Entomology*, 25, pp: 197-207.
103. **TIKKANEN O P., NIEMELA P & KERANEN J., 2000-** Growth and development of a generalist insect herbivore, *Operophtera brumata*, on original and alternative host plants. *Oecologia*, 122, pp: 529-536.
104. **BENREY B et DENNO R F., 1997-** . The slow-growth-high-mortality hypothesis: a test using the cabbage butterfly. *Ecology*, 78, pp: 987-999.
105. **REGNAULT-ROGER C et HAMRAOUI A., 1994-** Modification of physiological behaviour of *Acanthoscelides obtectus* Say, Bruchidae, Coleoptera, by flavonoids and phenolic acid. In: *Polyphenols 1994*. R. Brouillard, M. Jay & A. Scalbert (Eds.). Les Colloques de l'INRA, 69, pp : 417-418.
106. **KHALFI W., 1983 -** Biologie de la reproduction de *Callosobruchus maculatus*, effet de trois insecticides de synthèses sur la reproduction. Thèse de Magister en agronomie .INA EL HARRACH, 75p.
107. **MOREL R., 1989 -** Les sols cultivés. Editions Tec & Doc, Lavoisier, 373 p.

108. **CHAUSSOD R., BREUIL M-C., NOUAIM R., LEVEQUE J. et ANDREUX F., 1999** - Des mesures microbiologiques pour évaluer la fertilité des sols viticoles. *Revue des Oenologues*, 95,p : 19-22.
109. **THURIES L., ARRUFAT A., DUBOIS M., FELLER C., HERRMANN P., LARRE-LARROUY M-C., MARTIN C., PANSU M., REMY J-C. et VIEL M., 2000** – Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. *Etude et Gestion des Sols*, 7, 1, pp: 73-88.
110. **NIBER B A., 1994** - The ability of powders and slurries from ten plant species to protect stored grain from attack by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera : Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* 30, pp: 297-301.
111. **HELLER R., 1969** - *Biologie végétale .II. Nutrition et Métabolisme*, Ed. Masson, Paris, 413p.
112. **FRAVEL D R., 2005** - Commercialization and implementation of biocontrol. *Annu. Rev. Phytopathol.* 43, p: 337-359.
113. **LIZZI Y., COULOMB C., POLIAN C, COULOMB J P et COULOMB P O., 1998** - La Défense des Végétaux, N°508, PHYTOMA, p : 29-30.
114. **CHAMPAGNOL F., 1980** - La matière organique des sols de vigne du Midi de la France. *Progrès Agricole et Viticole*, 8, p : 161-173.
115. **REES R., and CASTLE K., 2002** - Nitrogen recovery in soils amended with organic manures combined with inorganic fertilisers. *Agronomie*, 22, p: 739-746.
116. **MORENO A. & PAOLETTI M G., 2002** - *Andiorhinus kurun.* sp., one giant earthworm (Oligochaeta: Glossoscolecidae) food resource for Makiritare Indians of the alto rio Padamo, Amazonas, Venezuela. Presented at the Seventh International Symposium on Earthworm Ecology, Cardiff, p : 6–12.
117. **PAOLETTI M G., DUFOUR D L., CERDA H., TORRES F., PIZZOFERRATO L., & PIMENTEL D., 2000** - The importance of leaf- and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proc. R. Soc. Lond. B* 267, p: 2247–2252.
118. **SANTOS OLIVEIRA J F., PASSOS DE CARVALDO J., BRUNO DE**

- SOUSA R F X, & MADALENA SIMAO M., 1976** - The nutritional value of four species of insects consumed in Angola. *Ecol. Food Nutr.* 5, p :91–97.
- 119. HASSAN H S A., SARRWY S M A., MOSTAFA E A M., 2010** - Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of “Hollywood” plum trees. *AGRICULTURE AND BIOLOGY JOURNAL OF NORTH AMERICA*. ISSN Print: 2151-7517, ISSN Online: 2151-7525. Dokki, Giza, Egypt.
- 120. SABINE J R., 1983** - Utilization of wastes by earthworm culture. *In* Satchell JE. (Ed.). *Earthworm ecology, from Darwin to vermiculture*. London: Chapman & Hall, p: 285–297.
- 121. CASELLATO S., 1987** - On polyploidy in oligochaetes with particular reference to lumbricids. *In* On earthworms. Selected symposia and monographs U.Z.I. (eds A. M. Bonvicini Pagliai & P. Omodeo), pp : 75–87. Modena, Italy: Mucchi.
- 122. LAVELLE P., PASHANASI B., SENAPATI B. & KUMER T., 1997** - Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Appl. Soil Ecol.* 6, p :17–35.
- 123. GETZ W M., 2006** - The ‘theory of evolution’ is a misnomer. *BioScience*, p : 56, 97.
- 124. NDEGWA PM., THOMPSON S A., 2001** - Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Biores. Technol.* 76, p: 107–112.
- 125. MALAISSE F. & PARENT G., 1997** - Minor wild edible products of the Miombo area. *In* Se nourrir en foret africaine, approche écologique et nutritionnelle (ed. F. Malaisse), 384 p. Belgium: Les presses agronomiques de Gembloux.
- 126. MEKADA H., HAYASHI N., YOKOTA H., and OKOMURA J., 1979** - Performance of growing and laying chickens fed diets containing earthworms. *J. Poultry Sci.* 16, p: 293–297.
- 127. GLEW R H., 1994** - The amino acid and mineral content of baobab (*Adansonia digitata L.*). *J. Food Compos. Anal.* 7, P :183–193.
- 128. BELY A E., 2006** - Distribution of segment regeneration ability in the

Annelida. Integr. Comp. Biol. 46, P : 508–518.

129. **SLOANE N J A., 2003** - The on-line encyclopedia of integer sequences. Notices Am. Math. Soc. 50, p : 912–915.
130. **VAN BRUMMELEN T C., et SUIJFZAND S C., 1993** – Effects of benzofalpyrene on survival, growth and energy reserves in the terrestrial isopods *Oniscus asellus* and *Porcellio scaber*. The science of the total environment supplement, pp: 921-929.
131. **WIN DECOEN T., 2000** – Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus* (Collembola). *Jour. of Applied Ecol.* 22, pp: 967-978.
132. **TROLL W. et LINDSLEY J., 1955** – A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.*, 216, pp: 655 – 660.
133. **DREIR W. et GORING M., 1974** – Der einfluss boher. Salzkonzentrationen auf physiologische parameter von aisuwurzeln. Wiss. Der H. V. Berlin, Nath. Naturwiss, 23, p : 641 – 646.
134. **LEBRETON P., JAY M., et VOIRIN B., 1967** – Sur l'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes. - *Chim. Anal.* (Paris), 49, 7, p : 375-383.
135. **DUBOIS M K A., GILLES Y K., HAMILTON P A et al., 1956** – Colometric method for determination of sugars and related substance. *Anal and Chem. Jour.* 28. P: 350-356.
136. **TAHIRI M S., HALANYCH K M., 1998** - Investigations on the host preference of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) and its comparative biology on different varieties of chickpeas in Iran. *Appl. Ent. Phytopath.* 63, p: 1-2.
137. **ARNON D I., 1949**- Plant physiol. Entomology. Soc. London. 24, pp: 1-15.
138. **MARTIN PREVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P. et DROUINEAU G., 1984** - L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes. Ed. Lavoisier. Paris. 810p.
139. **HAMMER O., HARPER D.A.T., et RYAN P. D., 2001** – PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

140. **IGANAKI H., 1967** – Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive, *Vie Milieu* 18, p: 153-166.
141. **PHILLIPPEAU G., 1986** – Comment interpréter les résultats d'analyse en composantes principales (ACP). Institut technique des céréales et fourrages (ITCF), Paris.
142. **WINKS M et SCHIMMER O., 1999** - *Modes of action of defensive secondary metabolites*, In: M. Wink, (Ed.), *Function of Plant Secondary Metabolites and their Exploitation in Biotechnology*, Sheffield Academic Press, Sheffield. UK. Pp: 17–133.
143. **LINDROTH R. L., SCRIBER J. M. et HSIA M. T. S., 2002** - Differential responses of tiger swallowtail subspecies to secondary metabolites from tulip tree leaves and quaking aspen leaves. *Oecologia* 70, pp. 13-19.
144. **DAJOZ R., 1985-** Précis d'écologie. Bordas, Paris, 505 p.
145. **BICHE M & SELLAMI M., 1999-** Etude de quelques variations biologiques possibles chez *Parlatoria oleae* Colvée (Hemiptera, Diaspididae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*. Vol. 3, n°104, Algérie, pp. 287-292.
146. **MALAIS M & RAVAENSBERG. , 1993.** *Mode de vie des ravageurs et de leurs ennemis naturels*. Koppert, B. V. et Rodenrijs, Pays Bas, 109 p.
147. **BLANCARD D., 1988-** *Maladie de la tomate : observer, identifier, lutter*, INRA, Paris. p.173.
148. **URBAN L., 1997-** *Introductions à la production sous serres*. Tec-Doc., Paris. p.125.
149. **BASEY M J & JENKINS S H., 1993** - Production of chemical defenses in relation to plant growth rate. *Oikos*, 68, pp: 323-328.
150. **DELLASUS M, LEPIGRE A, et PASQUIER R., 1933** - *Les ennemis de la vigne en Algérie et les moyens pratique de les combattre. Les parasites animaux*. Tome I. Imprimerie Jule Carbonel, Alger, 249p.
151. **LUCAS ESPADAS A., 2002** - Compartimento de melazo (*Pseudococcus*

citri Risso) en uva de mesa en la Region de Murcia. Alternativas de control biologico. *Phytoma-Espana*. 138, pp: 28-36.

152. **SAIGHI H., 1998** - Biosystématique des Aphides et de leurs ennemis naturels dans deux stations d'étude. Le jardin du Hamma et le parc de l'institut national agronomique d'el Harrach. Thèse de Magister. ENSA, El Harrach, 312 p.
153. **MADI A., 2005** - Influence des métabolites secondaires des feuilles de la vigne sur la dynamique des populations de la Cicadelle verte *Empoasca vitis* (Goethe, 1875) (Homoptera Cicadellidae). Cas des protéines solubles et des tanins condensés. Mémoire. Ing. Agr. Université de Blida, 67p.
154. **ESSERHANE O., 2006** - Les tanins condensés et l'azote total du genre *Vitis* expliquent-ils l'installation de la cicadelle verte *Empoasca vitis* (Goethe, 1875) (Homoptera, Cicadellidae) et l'Eudémis de la vigne *Lobesia botrana* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera, Tortricidae). Mém. Ing. Agro, Univiversité Saad Dahleb, Blida.
155. **NICOLE M C., 2002** - Les relations des insectes phytophages avec leurs plantes hôtes. *Antennae*, Vol. 9, N°1. Montréal, 6 p.
156. **BLACKMAN R L., 1981** - Species, sex and parthenogenesis in aphids. In *The Evolving Biosphere*. Forey, P.L. Ed. Cambridge University Press. New York. Pp: 77-85.
157. **DIXON A F G., 1985** - Aphid ecology. Blackie and Son. New York.
158. **SHAW M J P., 1970** - Effects of population density on alienicolae of *Aphis fabae* Scop. II. The effects of crowding on the expression of migratory urge among alatae in the laboratory. *Ann. Appl. Biol.* 65, pp: 197-203.
159. **WEIS-FOGH T., 1961** - In *The cell and the organism*. RAMSEY J A and WIGGLESWORTH V B. Ed. Cambridge Univ. Press. London. pp: 283-300.
160. **LOXDALE H D., HARDIE J., HALBERT S., FOOTTIT R., KIDD N A C. and CARTER C I., 1993** - The relative importance of short-and long-range movement of flying aphids. *Biol. Rev.* 68, pp: 291-311.
161. **TWEEDIE M W F., 1976** - A note on moths with flightless females. *Entomologist's gazette*, 27, p: 2-3.

162. **COCKBAIN A J., 1961** - Fuel Utilization and duration of tethered flight in *Aphis fabae* Scop. J. Exp. Bio. 38,pp: 163-174.
163. **PADGHA D E., 1983** - Flight fuels in the Brown Planthopper *Nilaparvata lugens*. J. Insect Physiol. 29, pp: 95-99.
164. **LIQUIDO N J and IRWIN M E., 1986** - Longevity, fecundity, change in degree of gravidity and lipid utilization during tethered flight of alates of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis*. Ann. Appl. Biol. 108, pp: 449-459.
165. **VIDANO C., ARNO C & ALMA A., 1987** - On the *Empoasca vitis* intervention threshold on (Rhynchota Auchenorrhyncha). *Proceedings of the 6th Auchenorrhyncha Meeting Turin*. Italy.pp: 525-537.
166. **FOX A., DELBAC L., LECHARPENTIER P., LECHARPENTIER V., STOCKEL J., 1997** - Etude de la répartition spatiale d *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera, Thyphlocybinae) et apports pour l'échantillonnage. Répartition sur le cep de la vigne. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 31 (3), pp: 119-125.
167. **GENINI M., 2000** - Antagonistes de la Cicadelle verte et des vers de la grappe dans le vignoble valaisan et les milieux environnants. *Revue Suisse de viticulture, d'arboriculture et d'horticulture*.32.3, pp : 153-161.
168. **DAANE K M & WILLIAMS L E., 2003** - Manipulating vineyard irrigation amounts to reduce insect pest damage. *Ecological Applications* 13, 6, pp: 1650-1666.
169. **SPRING J L., 1999** - Indice chlorophyllien du feuillage et nutrition azotée du cépage Chasselas. *Revue Suisse de viticulture, arboriculture et horticulture*. 31, pp: 141-145.
170. **SPRING J L & ZUFFEREY V., 2000** - Intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien du feuillage en viticulture. *Revue Suisse de viticulture, arboriculture et horticulture*. 32, pp: 323-328.
171. **DECANTE D., VAN HELDEN M. 2006** - Population ecology of *Empoasca vitis* (Goethe) and *Scaphoideus titanus* (Ball) in Bordeaux vineyards: influence of migration and landscape. *Crop protection*, 25, 7, pp: 696-704.
172. **HOUGH J A et PIMENTEL D., 1978** - Influence of host foliage on

development, survival and fecundity of the gypsy moth. *Environ Entomol* 7, pp: 97-102.

- 173. SCRIBER J M et SLANSKY F., 1981** - The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology* 26, pp: 183–211.
- 174. RHOADES D F., 1983** - *Herbivore population dynamics and plant chemistry*. In: DENNO R F et MC CLURE M.S. (eds). *Variable plants and herbivores in nature and managed systems*. New-York. Academic Press, pp: 155-220.
- 175. LORENZETTI F., 1998** - Performances relatives de la livrée des forêts, *Malacosoma disstria* Hbn. sur l'érable à sucre, *Acer saccharum* Marsh. Sain et déperé et sur le peuplier faux-tremble, *Populus tremuloides* Michx., en relation avec la chimie foliaire. Mémoire de maîtrise, UQAM. 110 p.
- 176. BELL G., 1991** - The costs of reproduction and their consequences. *American Naturalist* 116, pp: 45-76.
- 177. MAHER N., 2002** - Sélection du site de ponte *Lobesia botrana* (lep. Tortricidae) influence de l'information chimique non-volatile présente sur les fruits de plants hôtes, Thèse Doc., Uni. Bordeaux 2 ; Sci. Bio. Méd., opt. œnologie et ampélogie, 204 p.
- 178. GRASSÉ P P., 1965** - Ordre des Isoptères ou Termites. in *Traité de Zoologie*, Tome IX, Ed. Masson, 580 p.
- 179. PIANKA E R., 1970** - On r. en li. selections. *Am. Nat.*, 104 '(940), pp: 592-597.
- 180. LEVINS R., 1968** - Evolution in changing environments, some theoretical explorations. *Princeton TJiziu. Press.* , Princeton, New Jersey.
- 181. JOHNSON B., 1957** - Studies on the degeneration of the flight muscles of alate aphids. - I. A comparative study of the occurrence of muscle breakdown in relation to reproduction in several species. *J. Insect physiol.*, 1, pp: 248-2156.
- 182. DINGLE H., 1972** - Migration strategies of Insects, *Science*, 175, pp: 1327- 1335.

183. **BARBAULT R., 1984** - *Ecologie des populations et des peuplements*. Ed. Masson, Paris. 200 p.
184. **ROFF D A., 1992** - *The evolution of life histories: theory and analysis*. Ed. Chapman & Hall, London. 115p.
185. **LAGADIC L., CAQUET T H et RAMADE F., 1994** - The role of biomarkers in environmental assessment: Invertebrate populations and communities. *Ecotoxicology* 3, pp: 193-208.
186. **THIBAUD J M., 1980** - Croissance pondérale et linéaire chez les insectes Collemboles. *Rev. Ecol. Biol. du Sol.* 17,3, pp: 405-418.
187. **BATESON M & KACELNIK A., 1998** - Risk-sensitive foraging : decision making in variable environments. - In: Dukas R. (ed.) *Cognitive ecology, the evolutionary ecology of information processing and decision making*. The university of Chicago press, pp : 297-342.
188. **CUTHILL I C., KACELNIK A., KREBS J R., HACCOU P. & YOH I., 1990** - Starlings exploiting patches: the effect of recent experience on foraging decisions. *Animal Behaviour* 40, pp: 625-640.
189. **DAAN S., 1981** - Adaptative daily strategies in behavior. - In: Aschoff J. (ed.) *Biological Rythms*, vol. 4. Plenum Press, pp : 275-298.
190. **CUTHILL I C & HOUSTON A I., 1997** - Managing time and energy. - In: Krebs J.R. & Davies N.B.(eds.) *Behavioural ecology. An evolutionary approach*. 4ème edn. Blackwell science, pp : 97-120.
191. **MCNAMARA J M & HOUSTON A I., 1987** - Memory and the efficient use of information. *Journal of Theoretical Biology* 117, pp : 231-249.
192. **REGELMANN K., 1984** - Competitive resource sharing: a simulation model. *Animal Behaviour* 32, pp : 226-232.
193. **MACKNEY P A & HUGHES R N., 1995** - Foraging behaviour and memory window in sticklebacks. *Behaviour* 132 (15-16), pp: 1241-1253.
194. **NONACS P., 2001** - State dependent behavior and the Marginal Value Theorem. *Behavioral Ecology* 12, (1), pp: 71-83.

195. **RIBA ET SILVY., 1989** - combattre les ravageurs des cultures. INRA, ed tec et doc Paris.230p.
196. **CALABRESE E J., 1999** - Evidence that hormesis represents an Overcompensation response to a disruption in homeostatis. *Ecotox. Environm.* 42, pp: 135-137.
197. **VAN GIJNDY S D., BIRD A F et WAI- LACE H R., 1967-** Aging and starvation in larvae of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathol.* 57, pp: 559-571.
198. **GILBERT L I et O'CONNOR J D., 1970** - Lipid metabolism and transport in arthropods. *Chemical Zool.* 5, pp: 229-253.
199. **BEENAKKERS A M T., VAN DER HORST D J et VAN MARREWIJKS W J A., 1981** - Role of lipids in energy metabolism. *Energy Metabolism in Insects*, pp: 53-100.
200. **TESTERINK J H., 1982** - Starvation in a field population of litter-inhabiting Collembola: methods for determining foods reserves in small arthropods. *Pedobiologia* 21, pp: 427-433.
201. **BEGON M., HARPER J L. et TOWNSEND C R., 1996-** *Ecology: Individuals, Populations and Communities*, Oxford University Press, Ontario. p 360.
202. **HARE P D., CRESS W A. et VAN STADEN J., 1998** – Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant Cell and Environment*, 21, 535-553.
203. **PHILLOGENE B J R., ARNASON J T., 1986** – L'influence des composés secondaires des plantes sur la biologie des insectes. *Entomol.* Vol. 3, Québec, pp : 31-41.
204. **VINCENT et BOIVIN., 1986** – Influence de quelques substances de croissances sur la sensibilité *phytophthora cactorun*, *Rev. Fruits*, n° 29, pp : 178 – 702.
205. **SCHOONHOVEN L M., JERMY T., VAN LOON J J A., 1998** - *Insect-Plant Biology*. London:Chapman & Hall. 409 p.

206. GRAYER R J., KIMMINS F M., PADGHAM D E., HARBORNE J B., RAO D V R., 1992 - Condensed tannin levels and resistance of groundnuts (*Arachis hypogaea*) against *Aphis craccivora*. *Phytochemistry* 31. P: 3795–800.
207. HOPKINS R J., EKBOM B., HENKOW L., 1998 - Glucosinolate content and susceptibility for insect attack of three populations of *Sinapis alba*. *J. Chem. Ecol.* 24. P: 1203–16.
208. GIVOVICH A., SANDSTROM J., NIEMEYER H M., PETTERSSON J., 1994 - Presence of a hydroxamic acid glucoside in wheat phloem sap, and its consequences for performance of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae). *J. Chem. Ecol.* 20. P: 1923–30.
209. MARSCHAL M., 1975 - Variations saisonnières de la composition minérale des feuilles de clémentinier greffée sur bigaradier, Citrange « troyer » et *Poncirus trifoliata* en Corse. *Revue, Fruits*, vol. 5, n° 30, pp : 329-337.
210. PRALORAN J C., 1971 - *Les agrumes*. Ed. Maisonneuve et Larousse, France, 565 p.
211. KHELIL A., 1989 - *Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne*. Office des publications universitaires, Alger, 67 p.
212. CRESPI J B et TEO R., 2002 - Comparative Phylogenetic Analysis of the evolution of semelparity and life history in Salmonid fishes. *Ecology* 56. pp: 1008-1020.
213. GALET P., 1993 - *Précis de viticulture*. Imprimerie Dehan, Montpellier, 582p.
214. REYNIER A., 2000 - *Manuel de viticulture*. 8^{ème} Edition. Tec et Doc. Lavoisier, Paris, 512p.
215. CHABOUSSOU F., 1975- Les facteurs culturaux dans la résistance des agrumes vis-à-vis de leurs ravageurs. *St. Zool. Inst. Nat. Rech. Agro.*, Bordeaux, 39 p.
216. KUMBASLI M., 2005 - Etude sur les composés polyphénoliques en

relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. *Thèse doctorat des sciences forestières. Faculté de foresterie, Québec, 176 p.*

- 217. LAMP W O., ZHAO L., 1993** - Prediction and manipulation of movement by polyphagous, highly mobile pests. *Journal of Agricultural Entomology*, 10(4), pp: 267-281.

APPENDICE A**LISTE DES SYMBOLES ET D'ABREVIATIONS**

ACP	: Analyse en Composantes Principales
Ca ²⁺	: Calcium
°C	: Degrés Celsius
Do	: Densité optique
g	: Gramme
K ⁺	: Potassium
Km	: Kilomètre
MF	: Matière fraîche
m	: Mètre
mg	: Milligramme
Mg ⁺	: Magnésium
min	: minute
ml	: Millilitre
mm	: Millimètre
Mn ⁺	: Manganèse
MS	: Matière sèche
µg	: Microgrammes (=10 ⁻⁶ grammes)
µl	: Microlitre
N°	: Numéro
P	: Pluviométrie
P ⁺	: Phosphore
RH	: Réaction hypersensible
SA	: Acide Salicylique
SDN	: Stimulation de la défense naturelle
TCA	: Tri-Chloro-Acide
Tr / mn	: Tours / minutes
Zn ⁺	: Zinc

APPENDICE B

Matériels d'étude du dosage utilisé au laboratoire

- Pipettes pasteurs, entonnoirs en Pyrex, laine de verre, verre à pied de 100 ml,
- Tubes Eppendorf Polylabo (1,5ml), pince entomologique,
- Micropipette de 20-200 μ l, et celui de 100- 1000 μ l, pipette 1ml, 5ml, et 25ml,
- Loupe binoculaire OPTECH, étuve MEMMERT, centrifugeuse NÜVE,
- Balance de précision KERN 770,
- Bouteilles en verre brun, ballons en verres de petites tailles,
- Evaporateur sous flux d'azote, spectrophotomètre JENWAY,
- Bouteilles en verre brun ; broyeur en téflon pour tubes eppendorf ;
- Papiers filtres, mortier, évaporateur sous flux d'azote, bain marie,
- Tubes à essais, spatule, vortex.

APPENDICE C

	DensTEM	LipTEM	GluTEM	DensPUR	LipPUR	GluPUR	DensD5	LipD5	GluD5	DensD10	LipD10	GluD10
s1es	0,561	0,314	0,269	0,860	0,151	0,245	0,615	0,266	0,273	1,293	0,273	0,238
s2es	0,601	0,306	0,341	0,456	0,262	0,278	0,386	0,215	0,318	0,493	0,61	0,383
s3es	0,710	0,148	1,101	0,590	0,837	0,286	0,711	0,231	0,446	0,581	0,243	0,297
s4es	1,465	0,220	1,073	0,226	0,900	0,250	0,563	0,665	0,178	0	0	0
s1hi	1,340	0,484	2,113	0,411	0,329	2,003	0,320	0,182	1,762	0,525	0,149	2,62
s2hi	1,120	0,469	1,976	0,555	0,446	2,075	0,365	0,898	1,861	0,323	0,850	1,909
s3hi	1,333	0,195	2,008	0,710	0,240	2,267	0,548	0,151	1,641	0,290	0,213	2,066
s4hi	1,600	0,433	1,265	0,353	0,726	1,303	1,600	0,289	0,984	0,403	0,418	1,437

Tableau C.1. Données brut des densités d'*Aphis fabae* et leurs réserves énergétiques traités avec le lombricompost durant la saison estivale et hivernale.

s1es : 1^{ère} semaine de la saison estivale ; s2es : 2^{ème} semaine de la saison estivale ; s3es : 3^{ème} semaine de la saison estivale ; s4es : 4^{ème} semaine de la saison estivale ; s1hi : 1^{ère} semaine de la saison hivernale ; s2hi : 2^{ème} semaine de la saison hivernale ; s3hi : 3^{ème} semaine de la saison hivernale ; s4hi : 4^{ème} semaine de la saison hivernale ; DensTEM : densité d'*Aphis fabae* témoin ; DensPUR : densité d'*Aphis fabae* traité avec le pure ; DensD5 : densité d'*Aphis fabae* traité avec le dilué du 5% ; DensD10 : densité d'*Aphis fabae* traité avec le dilué du 10% ; LipTEM : lipide d'*Aphis fabae* témoin ; LipPUR : lipide d'*Aphis fabae* traité avec le pure ; LipD5 : lipide d'*Aphis fabae* traité avec le dilué du 5% ; LipD10 : lipide d'*Aphis fabae* traité avec le dilué du 10% ; GluTEM : glucide d'*Aphis fabae* témoin ; GluPUR : glucide d'*Aphis fabae* traité avec le pure ; GluD5 : glucide d'*Aphis fabae* traité avec le dilué 5% ; GluD10 : glucide d'*Aphis fabae* traité avec le dilué 10%.

APPENDICE D

	PhosTEM	PhosPUR	PhoD5	PhosD10	SodTEM	SodPUR	SodD5	SodD10	PotTEM	PotPUR	PotD5	PotD10	CaITEM	CaIPUR	CaID5	CaID10	MagnTEM	MagnPUR	MagnD5	MagnD10
S1es	0,035	0,047	0,036	0,034	19,333	7,667	15	19	91	48,333	69	78	0	4,5	15,87	7,52	0	2,4	5,52	4,85
s2es	0,037	0,029	0,037	0,034	19,333	10,667	10,5	16	171	86	86	115	15,02	2,77	4,75	13,4	3,97	1,65	3,75	9,85
s3es	0,058	0,044	0,035	0,035	19,333	9,333	13,5	18	111	59	116	124	0	4,27	1,32	11,5	0	4,77	2,95	3,87
s4es	0,043	0,034	0,033	0,038	19,333	4	13,5	11	124,3	44,5	81,5	71	0	1,2	6,52	7,35	0	2,75	2,47	3,8
s1hi	0,038	0,035	0,039	0,040	15,75	18	12	9	0	111	121	93	0	23,85	10,95	7,47	0	7,87	4,72	7,9
s2hi	0,037	0,045	0,040	0,037	15,75	17	11,5	19	88,25	104	68	100	17,77	10,85	8,2	3,6	10,37	3,17	5,1	5,25
s3hi	0,038	0,040	0,041	0,037	15,75	17	13	5	0	89	73	45	0	13,47	9,52	11,52	0	1,77	3,57	3,2
s4hi	0,073	0,037	0,042	0,043	15,75	20	12	21	0	130	150	75	0	11,55	4,17	2,55	0	5,3	2,4	1,72

Tableau D.1. Données brut des éléments minéraux traités avec le lombricompost durant la saison estivale et hivernale.

s1es : 1^{ère} semaine de la saison estivale ; s2es : 2^{ème} semaine de la saison estivale ; s3es : 3^{ème} semaine de la saison estivale ; s4es : 4^{ème} semaine de la saison estivale ; s1hi : 1^{ère} semaine de la saison hivernale ; s2hi : 2^{ème} semaine de la saison hivernale ; s3hi : 3^{ème} semaine de la saison hivernale ; s4hi : 4^{ème} semaine de la saison hivernale ; PhosTEM : dosage du phosphore témoin ; PhosPUR : dosage du phosphore traité avec le pure ; PhosD5 : dosage du phosphore traité avec le dilué du 5% ; PhosD10 : dosage du phosphore traité avec le dilué du 10% ; SodTEM : dosage du sodium témoin ; SodPUR : dosage du sodium traité avec le pure ; SodD5 : dosage du sodium traité avec le dilué du 5% ; SodD10 : dosage du sodium traité avec le dilué du 10% ; PotTEM : dosage du potassium témoin ; PotPUR : dosage du potassium traité avec le pure ; PotD5 : dosage du potassium traité avec le dilué 5% ; PotD10 : dosage du potassium traité avec le dilué 10% ; Cal TEM : dosage du calcium témoin ; CaIPUR : dosage du calcium traité avec le pure ; CaID5 : dosage du calcium traité avec le dilué 5% ; CaID10 : dosage du calcium traité avec le dilué 10% ; MagnTEM : dosage du magnésium témoin ; MagnPUR : dosage du magnésium traité avec le pure ; MagnD5 : dosage du magnésium traité avec le dilué du 5% ; MagnD10 : dosage du magnésium traité avec le dilué du 10%.

APPENDICE E

	STTEM	STPUR	STD5	STD10	PROTEM	PROPUR	PROD5	PROD10	CLOROTEM	CLOROPUR	CLOROD5	CLOROD10	FLAVOTEM	FLAVOPUR	FLAVOD5	FLAVOD10
s1es	0,168	0,383	0,287	0,918	0,1	0,127	0,578	1,444	0,01	0,015	0,018	0,012	15,409	21,802	21,956	20,27
s2es	0,173	0,378	0,229	0,68	0,099	0,142	1,543	0,666	0,0029	0,003	0,015	0,0035	13,582	24,441	26,004	18,73
s3es	0,193	0,216	0,559	0,68	1,444	1,105	0,957	0,558	0,011	0,01	0,0041	0,021	18,941	22,78	27,929	18,98
s4es	0,166	0,665	0,238	1,033	0,887	1,509	0,95	0,626	0,0023	0,0082	0,014	0,0063	13,806	30,982	30,16	40,911
s1hi	0,375	0,317	0,165	0,195	0,784	1,111	0,442	0,971	0,023	0,032	0,036	0,04	14,264	20,01	20,137	30,026
s2hi	0,169	0,774	0,691	0,751	0,263	0,192	0,282	0,634	0,0046	0,01	0,022	0,0099	11,825	14,951	17,33	13,937
s3hi	0,213	0,985	0,83	0,606	0,232	0,354	0,668	0,685	0,0051	0,0076	0,021	0,006	16,01	38,118	21,931	25,063
s4hi	0,283	0,912	0,873	0,9	0,254	0,876	0,692	0,932	0,0082	0,018	0,017	0,011	28,06	19,081	27,966	29,488

Tableau E.1. Données brut de la qualité phytochimique traitées avec le lombricompost durant la saison estivale et hivernale.

s1es : 1^{ère} semaine de la saison estivale ; s2es : 2^{ème} semaine de la saison estivale ; s3es : 3^{ème} semaine de la saison estivale ; s4es : 4^{ème} semaine de la saison estivale ; s1hi : 1^{ère} semaine de la saison hivernale ; s2hi : 2^{ème} semaine de la saison hivernale ; s3hi : 3^{ème} semaine de la saison hivernale ; s4hi : 4^{ème} semaine de la saison hivernale ; STTEM : dosage des sucres totaux témoin ; STPUR : dosage des sucres totaux traité avec le pure ; STD5 : dosage des sucres totaux traité avec le dilué du 5% ; STD10 : dosage des sucres totaux traité avec le dilué du 10% ; PROTEM : dosage de la proline témoin ; PROPUR : dosage de la proline traité avec le pure ; PROD5 : dosage de la proline traité avec le dilué du 5% ; PROD10 : dosage de la proline traité avec le dilué du 10% ; CLOROTEM : dosage de la chlorophylle témoin ; CLOROPUR : dosage de la chlorophylle traité avec le pure ; CLOROD5 : dosage de la chlorophylle traité avec le dilué 5% ; CLOROD10 : dosage de la chlorophylle traité avec le dilué 10% ; FLAVOTEM : dosage des flavonoïdes témoin ; FLAVOPUR : dosage des flavonoïdes traité avec le pure ; FLAVOD5 : dosage des flavonoïdes traité avec le dilué 5% ; FLAVOD10 : dosage des flavonoïdes traité avec le dilué 10%.