

STIMULATION DES DEFENSES NATURELLES PAR L'APPLICATION D'UN LOMBRICOMPOST. EFFET SUR LES PARAMETRES POPULATIONNELS D'*APHIS FABAE* SCOP. (HOMOPTERA: APHIDIDAE) ET LA QUALITE PHYTOCHIMIQUE DE LA FEVE

Wissem Chaichi¹, Zahr-Eddine Djazouli¹, Imène Djemai¹, Soumia Hasna Abdelkader¹,
Isabelle Ribera² et Jean Michel Nancé²

¹Université Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département des
Biotechnologies, B.P. 270, route de Soumaa Blida, Algérie

²Association Labo-Junior 32, Association Labo Junior 32, La Barrière en Betestat, F-32810
Duran, France
zahro2002@gmail.com

(Received 5 Septembre 2011 – Accepted 8 Septembre 2012)

RÉSUMÉ

Chaichi, W. Djazouli, Z. Djemai, I. Abdelkader, S. Ribera, I. et Nancé, J. 2017. Stimulation des défenses naturelles par l'application d'un Lombricompost. Effet sur les paramètres populationnels d'*Aphis fabae* scop. (Homoptera: Aphididae) et la qualité Phytochimique de la fève. *Lebanese Science Journal*, 18(1): 81-97.

La production intégrée en agriculture durable vise à améliorer l'efficacité des intrants biologiques à travers des formulations prolongeant la rémanence au champ ou en incorporant des produits synergiques. Ces derniers, étant eux-mêmes non toxiques aux doses utilisées, augmentent de manière conséquente l'action protectrice de la viabilité des cultures. Dans ce contexte, la lombriculture représente une technologie appropriée qui valorise les résidus des cultures et gère durablement la santé végétale. L'utilisation de la lombriculture est récente et les résultats sont rares. L'objectif de notre étude est d'examiner l'impact des traitements avec des solutions issues de la lombriculture sur la production et la protection d'une culture de fève. Pour cela nous avons examiné l'effet de plusieurs dilutions produit en deux saisons différentes. L'effet du lombricompost a été évalué sur la densité et sur la structuration des populations d'*Aphis fabae* en relation avec la qualité phytochimique du support végétal nourricier. Des variations significatives des teneurs des molécules biochimiques 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 montré un effet positif des applications du lombricompost sur la chimie de la plante. En revanche, nous signalons un enrichissement en protéines et en proline sous l'effet de la forte dilution du lombricompost. Enfin, les résultats liés à l'effet répressif des différentes dilutions du lombricompost affichent une nette différence

<http://dx.doi.org/10.22453/LSJ-018.1.081097>

National Council for Scientific Research – Lebanon 2016©
lsj.cnrs.edu.lb/vol-18-no-1-2017/

entre les traités et le témoin, avec un effet plus accusé sur la forme ailée. Elles désignent aussi une certaine variabilité de la structure populationnelle en relation avec les enrichissements phytochimiques établis par les applications du lombricompost.

Mots Clés: *Vicia faba*, *Aphis fabae*, structuration populationnelle, formes biologiques, molécules biochimiques, fécondité, densité.

Chaichi, W. Djazouli, Z. Djemai, I. Abdelkader, S. Ribera, I. and Nancé, J. 2017. Stimulation of natural defences by the application of lombricompost. Effect on the *Aphis fabae* scop. (Homoptéra: Aphididae) population and phytochemical quality of faba bean. Lebanese Science Journal, 18(1): 81-97.

ABSTRACT

The integrated production in durable agriculture aims to improve the efficiency of biological inputs through formulations extending the remanence in the field or the incorporation of synergistic products which, being themselves nontoxic at used quantities, increase the protective action of the viable cultivations. The lombricultivation represents an appropriate technology to enhance the value of the farm residues and manage, on a long term basis, plant health. The study focused on the stimulation of natural defenses of bean through the use of a lombricompost dilutions produced in two different seasons. The effect of lombricompost has been evaluated based on the *Aphis fabae* population density in relation to the phytochemical quality of the nutritional support. Variations of biochemical molecule contents and major mineral elements during the leaf expanding phase have been noticed. These changes affect the biological performance as well as the density of *A. fabae* population. The results allowed detecting a positive effect of lombricompost on plant chemistry. On the other hand, enrichment in proteins and proline under the effect of strong dilution was noticed. Finally, results related to the repressive effect of the different forms of lombricompost showed a marked difference between treatments and the control, with a stronger effect on the winged forms. Results also indicated some variability of the *Aphis Fabae* populational structure in relation to the phytochemical enrichments established by the application of lombricompost.

Keywords: *Vicia faba*, *Aphis fabae*, population structure, biological forms, biochemical molecules, fertility, density.

INTRODUCTION

L'agriculture contemporaine a un besoin de plus en plus grand de protéger ses cultures et ses récoltes, si elle veut maintenir ses hauts rendements et ses marges déjà faibles dans certaines productions. Malheureusement, les pesticides ont une mauvaise image dans le public et sont de plus en plus sur la sellette pour des questions de toxicité et de pollution. Il se pose également le problème de l'efficacité des produits phytosanitaires qui, comme les antibiotiques utilisés en médecine humaine, voient des résistances apparaître qui les rendent inefficaces. Face à ces limitations, l'industrie agrochimique piétine et le développement de nouvelles substances actives et encore plus de nouvelles familles semblent de plus en plus difficiles. Or, il existe des voies pour sortir de cette impasse qui révisent complètement les paradigmes régissant la lutte contre les ennemis des cultures. L'une d'entre-elles consiste à donner aux plantes les moyens de se défendre elles-mêmes, ou renforcer leurs propres moyens

de défense, plutôt que de combattre directement l'agresseur. Dans cette catégorie se trouvent les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDN), une solution intéressante sur les plans scientifique et agronomique, et qui pourrait bien être une solution d'avenir (Klarzynski et Fritig, 2001).

De nombreux travaux ont montré que l'application des éliciteurs (Cole, 1999; Couderchet *et al.*, 2003), et des extraits d'algues (Lizzi *et al.*, 1998) sur une plante, peuvent activer préventivement ses réactions de défense et conduisent à l'augmentation de sa résistance aux bio-agresseurs. Toutefois, le recours à l'utilisation du lombricompost comme produit de stimulation des défenses naturelles n'est pas 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 *Vicia faba* et sur les paramètres populationnels du puceron noir de la fève *Aphis fabae*.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation de la chambre de culture

Toutes les expérimentations ont été menées au Département des Sciences Agronomiques de l'Université Saad Dahleb de Blida (à 45km au sud d'Alger, Algérie), dans une chambre de culture contrôlée. La température de l'enceinte est maintenue entre 22 et 28°C avec une hydrométrie 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.

Obtention du matériel biologique

Obtention des plantules

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 durant toute la période de l'essai.

Obtention des populations infestantes du puceron noir de la fève

Au stade 4 feuilles, les plantules de fève sont placées dans des modules en verres, puis sont infestées par des feuilles des épinards contenant le puceron noir. Le dispositif est couvert par du tulle afin de favoriser une meilleure dispersion des colonies du puceron sur les plantes de fève installées sur les différentes étagères du module.

Obtention du lombricompost

Afin d’obtenir un lombricompost, nous avons utilisé un système de casiers qu’on a superposé les uns sur les autres et en mettant de dans les lombrics et les déchets ménagers et de la terre afin qu’il puisse dégrader ses déchets en un engrais biologique et en récoltant aussi un liquide qu’on appelle le thé du lombric. Le thé de vers récupéré dans le fond du lombricomposteur, provient essentiellement de l’eau contenue dans les déchets (environ 80 % de leur masse) chargée des nutriments minéraux et oligo-éléments assimilés lors de l’écoulement dans le lombricompost (Ndegwa et Thompson, 2001).

METHODES D’ETUDES

A partir du lombricompost produit durant la saison estivale et la saison hivernale nous avons examiné l’effet des dilutions sur les paramètres populationnels du puceron et sur la chimie de la plante, pour se faire le produit pur a été dilué en deux doses selon une suite géométrique à raison de deux à savoir la dilution 5 (1 litre de jus de lombricompost : 5 litres d’eau courante) et la dilution 10 (1 litre de jus de lombricompost : 10 litres d’eau courante). Les solutions obtenues ont été laissées au repos pendant 24h avant leur utilisation (Pajot, 2011).

Afin d’estimer l’effet 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. Ces blocs comportaient : bloc traité avec les différentes dilutions du lombricompost estival, bloc traité avec les différentes dilutions du lombricompost hivernal, et enfin le bloc témoin n’ayant reçu aucun type de traitement. Les plantules sont irriguées par de l’eau courante et vaporisées par le biofertilisant pur, dilué 5 fois ou 10 fois selon le schéma directeur de l’essai (Figure 1).

L’essai a été suivi durant 2 mois à partir de la date d’application des différentes doses du biofertilisant. Les estimations des densités des formes biologiques du puceron et des taux des principes actifs sont réalisées par des prélèvements hebdomadaires.

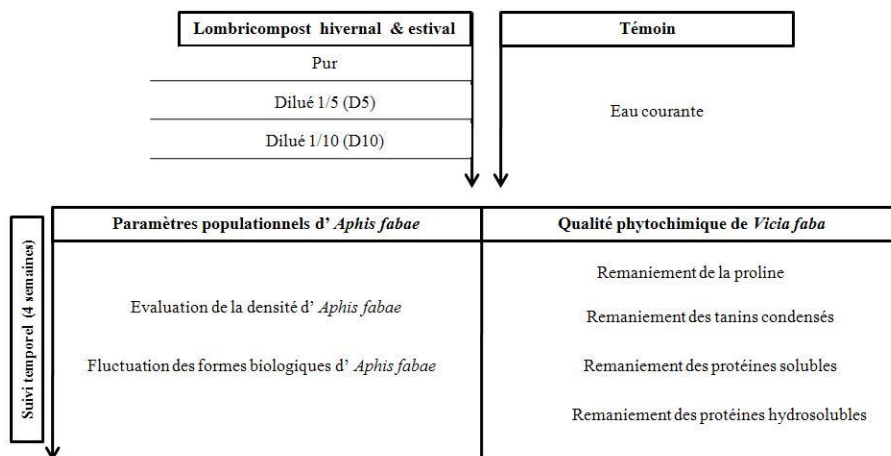


Figure 1. Schéma directeur de l’effet de la production saisonnière du lombricompost sur les paramètres populationnels d’*Aphis fabae* et la qualité phytochimique de *Vicia faba*.

Estimation de la densité d'*Aphis fabae*

Au cours de notre expérimentation, on récoltait chaque semaine quatre tiges de 20 cm de long d'où on prélève les différents stades biologiques du puceron noir à savoir : les larves les individus ailés et les individus aptères. La densité d'*A. fabae* est obtenue par le rapport du nombre d'individus sur la longueur des tiges échantillonnées.

Estimation des remaniements de la qualité phytochimique de *Vicia fabae*

Les feuilles de fève déjà échantillonnées ont été lavées, séchées et broyées pour la réalisation des extractions. L'intérêt des protéines et des tanins est primordial lorsqu'il s'agit de l'attraction et de l'installation des consommateurs primaires. Ce qui rend ce paramètre important dans la dynamique des peuplements d'insectes.

Extraction et quantification de la proline

La méthode suivie a été celle de Troll et Lindsley (1955), simplifiée et mise au point par Dreiret Goring (1974), qui à partir de la matière végétale fraîche mélangée au méthanol est chauffée à 85°C pendant 60 min. Après refroidissement, on a ajouté 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 a été porté 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. Après addition du Na₂SO₄, on procède à la lecture de l'absorbance à 528 nm. Les valeurs obtenues ont été converties en teneur de proline à partir de courbe étalon dont la relation est la suivante :

$$Y = 0,1043 X$$

Où

Y : Absorbance (nm)

X : Concentration de L-proline (mg/l.)

Extraction et quantification des protéines

Deux méthodes ont été utilisées pour l'analyse de la fraction organique, la méthode proposée par Bradford (1976) pour le dosage des protéines solubles et celle d'Ammar *et al.* (1995) pour le dosage des protéines hydrosolubles. Ainsi, 3g de matière fraîche foliaire préalablement broyées ont été mis dans 5 ml de tampon phosphate (pH=7) contenant du polyvinilpyrrolidone. La précipitation a été facilitée par une centrifugation pendant 15min à 4500tr/min à -4°C. Le surnageant contenant les protéines pariétales est récupéré dans un autre tube et le culot est dissout dans 5 ml d'eau distillée et à nouveau centrifugé pour éliminer les résidus du tampon phosphate. Le culot est récupéré et redissout dans une solution de tampon phosphate + KCl (pH=7) a été à nouveau centrifugé. Le surnageant résultant contenant les protéines cytoplasmiques a été récupéré pour le dosage de ces dernières.

Les valeurs d'absorbance ($\lambda=595$) ont permis de calculer la concentration initiale de protéines contenues dans les échantillons au moyen d'une courbe étalon standard effectuée avec une protéine de référence (Ovalbumine) de manière à réaliser une série de

dilutions à 7 points. Les valeurs obtenues sont converties en concentrations de protéines selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en protéines (mg/g·MF)} = \frac{\text{Quantité de la protéine (mg)} \times 200}{\text{Poids d'échantillon}}$$

200 : étant le coefficient de dilution.

Extraction et dosage des tanins condensés

L'extraction et le dosage des tanins condensés ont été réalisés par la méthode de Price *et al.* (1978). Une double extraction est réalisée par un mélange d'acétone et d'eau distillée (7:3) et de la poudre végétale finement broyée. Le filtrat obtenu est évaporé sous pression réduite jusqu'à dessiccation. Les résidus secs sont humectés par 5 ml de méthanol chaud. Un mélange de tanins méthanolique et de solution vanilline-Hcl (1:5) est chauffé au bain marie pendant 20 min à 30°C, puis l'absorbance est lu à 535 nm. Le blanc est obtenu à partir d'une série de concentrations de catéchol mélangé à l'eau distillée (1mg/ml). Les valeurs obtenues sont converties en concentrations de tanins condensés selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en tanins (mg/g·MF)} = \frac{\text{Quantité de tanin (mg)}}{\text{Poids d'échantillon (g)}}$$

Analyses statistiques

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

Les analyses de la variance (ANOVA) ont été réalisées à l'aide du test F pour les moyennes des variables quantitatives représentées par les principes actifs de la fève et la densité du puceron noire de la fève. Ce type d'analyse 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 toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.). Parmi les variables participant le plus souvent à la variance totale, celles dont la contribution est significative au seuil de 0,05 ont été retenues.

Corrélations-régressions (Logiciel PAST vers. 1.37, Hammer et al., 2001)

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.

RÉSULTATS

Les variations des densités, et de la structuration des différentes formes biologiques d'*Aphis fabae* ont été évaluées selon la variation de la qualité phytochimique de *Vicia faba* sous l'effet de la production saisonnière d'un lombricompost.

Effet du lombricompost sur la qualité phytochimique de la fève

La fluctuation des molécules de stress (Proline) et des molécules de défenses protéines solubles (Pro.sol.), protéines hydrosolubles (Pro.hyd.) et tanins a été étudiée sous l'effet de différentes doses (pure, dilution 1/5 (D5) et dilution 1/10 (D10)) de la production saisonnière (estivale et hivernale) d'un lombricompost.

Effet du lombricompost sur l'évolution temporelle de la qualité phytochimique de la fève

L'application du lombricompost a montré que la dilution D5 a un effet sur l'accumulation des protéines solubles pendant les deux premières semaines du traitement. Mais cet effet est éphémère, alors que l'application du lombricompost pur et dilué au 10^{ème} ont montré une évolution temporelle progressive par rapport au témoin. L'effet de la dilution 10 s'est distingué dès la quatrième semaine (Figure 2a).

Les dilutions D5 et D10 ont eu un effet répressif sur la teneur en protéines hydrosolubles dès la deuxième semaine. Par contre, chez le témoin, la diminution d'accumulation ne s'est manifestée qu'à partir de la 3^{ème} semaine (Figure 2b).

L'évolution temporelle des tanins a révélé une augmentation des taux sous l'effet de D10. D5 et le pur ont montré une réduction remarquable du taux des tanins qui s'est maintenu au-dessous du témoin (Figure 2c).

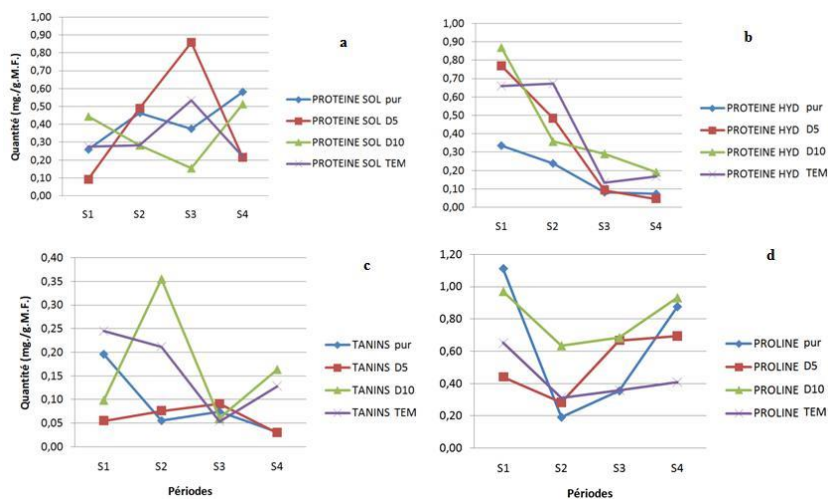


Figure 2. Evolution temporelle de la qualité phytochimique de la fève sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost.

Les modulations du taux de la proline sous l'effet des différentes formes du lombricompost ont subi une forte diminution pendant la première semaine du suivi. A partir de la deuxième semaine, cette diminution est revue à la hausse vers la fin du suivi. Les applications par D5 et D10 ont provoqué une variation positive du taux de proline par rapport au témoin, où la D10 a exprimé le taux le plus élevé (Figure 2d).

Effet de la production saisonnière du lombricompost sur la qualité phytochimique de la fève

Les résultats d'analyses de la variance type GLM touchant à la variabilité temporelle des molécules de défense et des molécules de stress sous l'effet du lombricompost, et des dilutions sont consignés dans la figure 3. La qualité phytochimique des feuilles de la fève sous l'effet de la production saisonnière du lombricompost ne présente pas de différences significatives respectivement pour la saison et la période. On constate que le changement saisonnier (estival et hivernal) n'a pas d'influence sur l'accumulation (Figure 3a), également pour la période (Figure 3b) bien qu'une légère diminution au niveau de la 2^{ème} semaine a été notée.

En revanche, l'accumulation des molécules a exhibé un véritable changement, dont la proline est considérée comme une molécule dominante, suivie par les protéines hydrosolubles et solubles, excepté par les tanins qui sont les plus faibles (Figure 3c). L'effet des traitements par les différentes dilutions fait apparaître une différence d'accumulation des molécules très apparentes comparée au témoin (Figure 3d).

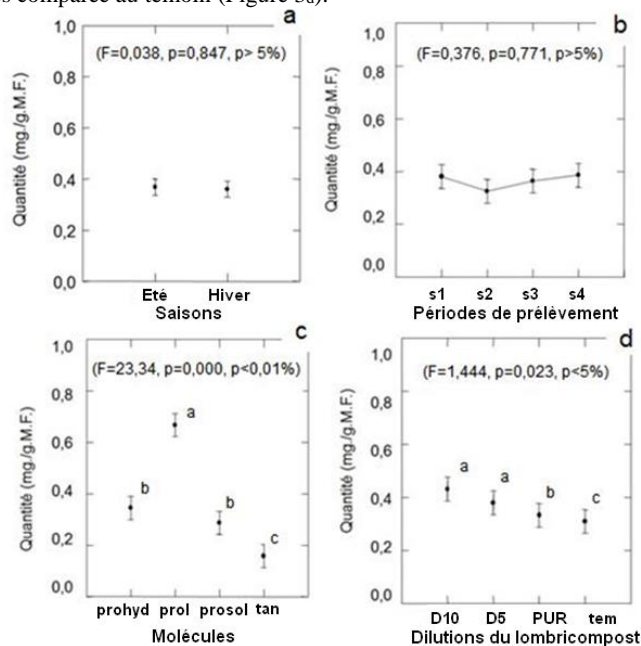


Figure 3. Variation de la quantité et de la qualité phytochimique sous l'effet du lombricompost.

Effet de la production saisonnière du lombricompost sur la fluctuation des populations d'*Aphis fabae*

La fluctuation des densités des populations et la structuration des formes biologiques (larves, formes ailées et aptères) ont été étudiée sous l'effet de différentes doses (pur, D5 et D10) de la production saisonnière (estivale et hivernale) d'un lombricompost en comparaison avec le témoin.

Effet du lombricompost sur l'évolution temporelle de la densité d'*Aphis fabae*

L'évolution temporelle des densités des populations d'*Aphis fabae* sous l'effet du lombricompost ont montré la dominance des effectifs chez le témoin en comparaison avec les densités générées sous l'effet des traitements au lombricompost. Bien que D5 et le pur ont montré une excitation des populations mais cette activation est revue à la baisse vers la fin de la quatrième semaine, alors que D10 a pu contenir la stabilité des densités à un niveau assez bas durant toute la période de l'essai (Figure 4).

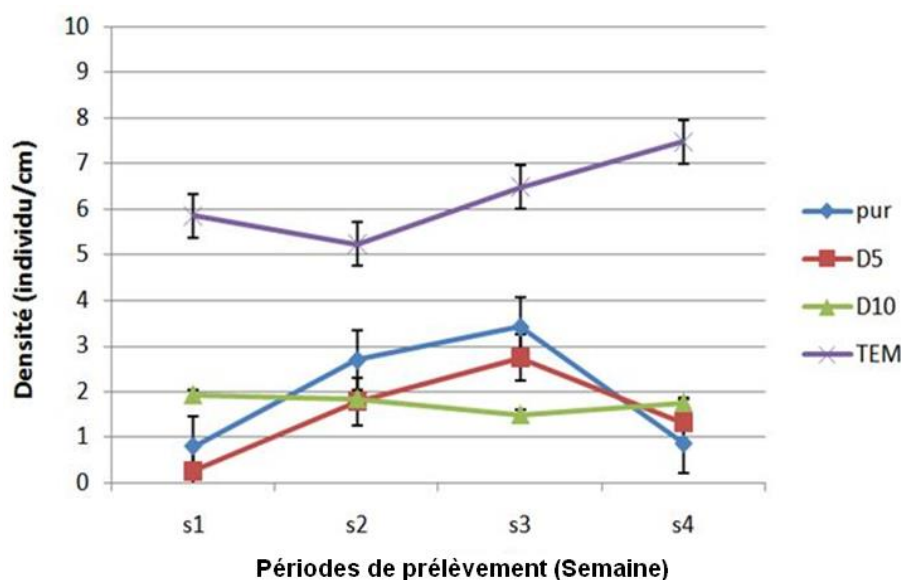


Figure 4. Evolution temporelle de la densité globale d'*Aphis fabae* sous l'effet du lombricompost.

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

Bien qu'il y'ait un petit changement entre la saison estivale et hivernale, et une légère variation temporelle durant les quatre semaines, mais ils ne sont pas aussi importants, puisqu'elles désignent une différence non significative respectivement pour la saison et la période (F-ratio=1,298, p=0,256, F-ratio=0,402, p=0,751, p>0,05) (Figure 5a et b). En revanche,

une différence hautement significative est signalée au niveau des différentes doses (pur, D5, D10), comparée au témoin (F-ratio=14,949, $p=0,000$, $p<0,01$) (Figure 5c).

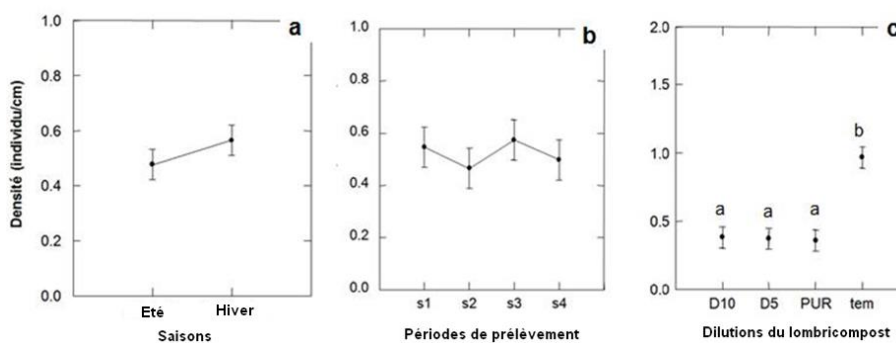


Figure 5. Variation des densités d'*Aphis fabae* sous l'effet du lombricompost.

Effet de la qualité phytochimique de la fève traitée par le lombricompost sur la structuration populationnelle d'*Aphis fabae*

Le tableau 1 montre les corrélations qui existent entre la qualité phytochimique de la fève et la densité des formes biologiques du puceron noir sous l'effet des applications des différentes dilutions du lombricompost par le calcul des valeurs du coefficient de Pearson (r).

Il apparait une gradation ascendante d'établissement de certaines affinités entre la qualité phytochimique et l'évolution des densités des formes biologiques. Cette progression s'installe depuis le lombricompost pur vers la forte dilution du lombricompost D10.

Sous l'influence de l'application du lombricompost pur, s'installe une corrélation positive entre le taux des protéines hydrosolubles et la densité de la forme ailée ($r=0,99$, $p=0,04$, $p<0,05$), et une corrélation négative entre le taux de proline et la densité de la forme aptère ($r=-1$, $p=0,016$, $p<0,05$).

Sous l'influence de la dilution 5 du lombricompost, une corrélation négative est signalée entre le taux de proline et la densité de la plus part des formes biologiques dont la plus importante et celle qui concerne le stade larvaire ($r=-1$, $p=0,002$, $p<0,05$). Le taux des protéines solubles sont corrélées négativement avec la densité de la forme ailée ($r=-0,993$, $p=0,076$, $p>0,05$).

Sous l'influence de la dilution 10 du lombricompost, les corrélations enregistrées touchent la densité des différentes formes biologiques et les taux des composés protéiques, avec des corrélations négatives signalées d'une part, entre le stade larvaire et la forme aptère et les protéines hydrosolubles ($r=-0,804$, $p=0,046$, $p<0,05$) ($r=-0,963$, $p=0,029$, $p<0,05$), d'autres part, entre la forme ailée et les protéines solubles ($r=-0,875$, $p=0,051$, $p<0,05$).

TABLEAU 1

Corrélations entre Densité des Formes Biologiques et Quantités des Principes Actifs

Lombricompost pur		Larves	Forme ailée	Forme aptère	Prot.sol.	Pro.hyd.	Tanins	Proline
	Larves	-	0,348	0,388	0,825	0,304	0,700	0,372
	Forme ailée	0,854	-	0,736	0,477	0,044	0,352	0,720
	Forme aptère	0,820	0,403	-	0,787	0,692	0,912	0,016
	Pro.sol.	-0,271	-0,732	0,329	-	0,521	0,125	0,803
	Pro.hyd.	0,888	0,998	0,466	-0,683	-	0,396	0,676
	Tanins	0,454	0,851	-0,138	-0,981	0,812	-	0,928
	Proline	-0,834	-0,425	-1,000	-0,305	-0,487	0,114	-
Lombricompost dilution 5		Larves	Forme ailée	Forme aptère	Prot.sol.	Pro.hyd.	Tanins	Proline
	Larves	-	0,026	0,049	0,102	0,426	0,579	0,002
	Forme ailée	0,999	-	0,075	0,076	0,400	0,605	0,025
	Forme aptère	0,997	0,993	-	0,151	0,475	0,530	0,051
	Pro.sol.	-0,987	-0,993	-0,972	-	0,324	0,681	0,101
	Pro.hyd.	0,784	-0,809	-0,734	0,874	-	0,995	0,424
	Tanins	0,614	0,582	0,673	-0,480	0,008	-	0,580
	Proline	1,000	-0,999	-0,997	0,987	0,786	0,612	-
Lombricompost dilution 10		Larves	Forme ailée	Forme aptère	Prot.sol.	Pro.hyd.	Tanins	Proline
	Larves	-	0,098	0,083	0,587	0,046	0,726	0,730
	Forme ailée	0,988	-	0,015	0,051	0,544	0,824	0,633
	Forme aptère	0,991	1,000	-	0,670	0,029	0,809	0,647
	Pro.sol.	0,533	-0,875	0,656	-	0,771	0,139	0,683
	Pro.hyd.	0,804	-0,495	-0,963	0,352	-	0,632	0,088
	Tanins	0,417	0,273	0,295	-0,976	-0,547	-	0,543
	Proline	0,411	-0,546	-0,526	-0,478	-0,990	0,657	-

En dessous de la diagonale, sont indiqués les coefficients r de Pearson, au-dessus le risque associé. En gris foncé, ce sont les valeurs du coefficient de Pearson et en gris claire, ce sont les probabilités associées aux corrélations entre chaque variable de la qualité phytochimique de la fève et les densités des formes biologiques du puceron noir de la fève.

DISCUSSION

Les impératifs de rentabilité, qui imposent des rendements élevés en produits végétaux de qualité, 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 biologie comportementale (dynamique des populations, analyse des écosystèmes, théorie et pratique de la lutte biologique, biotechnologie) et en chimie (analytique et de synthèse).

Le recours aux biostimulants constitue une des voies qui pourrait réviser complètement les patrons régissant la lutte contre les ennemis des cultures. 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.

Les résultats obtenus dans notre travail en traitant l'évaluation de l'efficacité de la production saisonnière et des dilutions du lombricompost sur la qualité phytochimique du support nourricier et sur les paramètres populationnels du bio-agresseur de la fève, nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes :

Effet du lombricompost sur la qualité phytochimique de la fève

Les plantules de fèves soumises à l'effet des variantes saisonnières du lombricompost ont présenté un profil phytochimique contrasté par rapport aux plantules prises comme témoin. Les résultats montrent que la production saisonnière (estivale, hivernale) du lombricompost exerce le même effet sur le remaniement des molécules à quelques exceptions près, alors que les taux restent toujours sans différence. Les mêmes résultats font ressortir un impact considérable des différentes dilutions du lombricompost sur l'évolution des molécules étudiées. Une intention particulière est à signaler quant à l'effet de la forte dilution du lombricompost (D10).

La fluctuation des concentrations des protéines et de la proline ont montré une tendance à l'augmentation sous l'effet de la faible dilution du lombricompost (D5) et de la forte dilution du lombricompost (D10). Tandis que les taux des tanins condensés ont affiché une certaine stabilité à l'encontre des différentes dilutions du lombricompost appliquées. Si on considère les différents taux des molécules phytochimiques, nous distinguons une gradation descendante allant de la proline, les protéines hydrosolubles, les protéines solubles et enfin les tanins condensés.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées à ce stade. Les résultats suggèrent que les vers de terre assurent la stabilisation du jus même si les déchets organiques mises à leurs dispositions appartiennent à des familles botaniques différentes. C'est dans cet optique, que l'animal est responsable de la standardisation des caractéristiques intrinsèques du lombricompost, ce qui rejoint la masse d'étude réalisé par Bachelier (1978), qui indique que les

grumeaux transitant par le tube digestif des lombrics sont constitués par un mélange intime de matière organique et de matière minérale fine, consolidé par des oxydes de Fer et de Manganèse, des gommes et des mucus bactériens, ainsi que par le mycélium des champignons. Cette formulation biologique confère au sol et même aux plantes une certaine activité biologique assez conséquente.

Sous l’hypothèse de la possibilité d’enrichissement des plantes par les apports phytopharmaceutiques, nous estimons que les différentes dilutions du lombricompost apportées ont conduit à la modification de l’équilibre des molécules biochimiques à l’intérieur des tissus parenchymateux, ce qui est vérifié par les conclusions de Chaboussou (1985). Cet auteur signale que l’utilisation de diverses hormones, herbicides tout comme l’emploi des engrais foliaires suffiraient à montrer que les tissus végétaux se laissent pénétrer par de nombreux produits dits "phytopharmaceutiques" Ces derniers qu’ils soient anticryptogamiques, insecticides, fongicides ou des fertilisants, sont à même de pénétrer dans les tissus de la plante, et donc d’agir sur son métabolisme et c’est ainsi que ces produits peuvent enrichir la plante.

Effet du lombricompost sur les paramètres populationnels d’*Aphis fabae*

Les résultats de l’efficacité des différentes dilutions du lombricompost ont montré un effet satisfaisant. Cet effet de répression a maintenu les mêmes tendances de structurations mais avec des dissemblances assez conséquentes au profit des traités par rapport au témoin. Les populations larvaires et les femelles aptères s’avèrent les plus touchées par la réaction défensive de la plantes hôte.

Cependant, les liens forts qui se sont installés entre la qualité phytochimique et la structure des populations après application du lombricompost pur et de la faible dilution du lombricompost (D5) font ressortir deux accommodations d’abord proline/formes biologiques, et protéines solubles et hydrosolubles/formes biologiques. Au contraire, la forte dilution du lombricompost (D10) a atténué toute interaction entre la proline et la structure populationnelles (Figure 6).

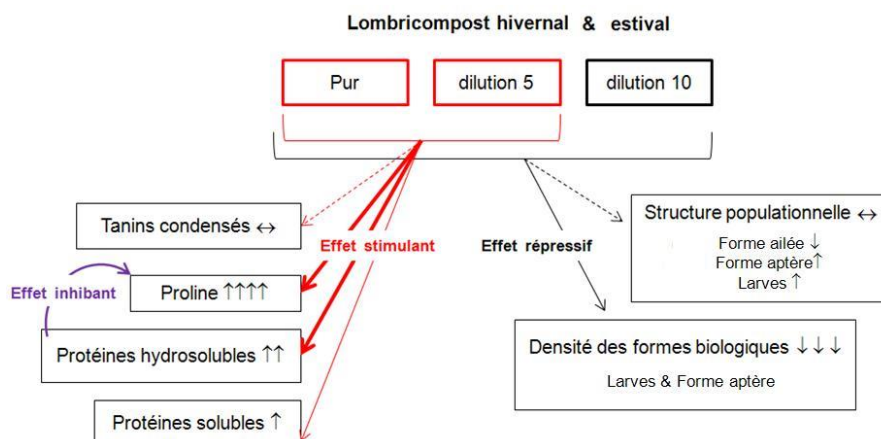


Figure 6. Schéma expliquant le model hypothétique de la stimulation des défenses naturelles par l’application d’un lombricompost.

Cela suppose que le biofertilisant sous ses différentes dilutions apportées a été capable de stimuler les défenses naturelles de la fève qui à son tour a pu synthétiser des molécules ayant agi sur le pouvoir biotique du puceron noir de la fève.

Bien que la proline soit en mesure de stimuler les activités métaboliques du puceron, on peut prédire que sa présence avec d'autres molécules toxiques (protéines hydrosolubles et solubles) a diminué voire inhibé son effet énergisant. L'importance de la proline chez les insectes a été très documentée. Plusieurs auteurs ont signalé l'implication des acides aminés, en particulier la proline dans les mécanismes biochimiques ayant une forte demande énergétique dans les activités vitales en particulier *Locusta migratoria* (Kirsten *et al.*, 1963), *L. morsitans* (Bursell, 1963), *Regina phormia* (Sacktor et Wormser-Shavit, 1966), et *Leptinotarsa decemlineata* (Weeda *et al.*, 1979). Ces activités vitales conduisent à une diminution prolongée de la concentration de proline dans l'hémolymphe, plus spécialement le triacylglycérol et l'alanine emmagasinés dans les corps adipeux qui se chargent de fournir la principale source renouvelable de proline chez les insectes (Weeda *et al.*, 1979). La solubilité de la proline donne à l'organisme l'avantage d'utilisation de la proline physiologiques plutôt que les diacylglycérols et évite la dépense métabolique des mécanismes de support des lipoprotéines (Wheeler, 1989).

Quand un manque en réserves énergétiques est installé, les insectes recherchent la ressource lipidique chez les plantes stressées ayant accumulées des taux assez conséquent de proline (molécule de stress). En revanche, la proline physiologique ou celle épuisée des plantes stressées va être stockée chez les pucerons sous forme de combustibles de vol ou toute autres action vitale (Cockbain, 1961). Chez *Aphis fabae* les résultats de recherche visant à évaluer les taux des réserves de glycogène et de lipides durant le vol ont montré que les deux molécules lipidiques sont consommées pendant le vol. Initialement, le glycogène est utilisé comme combustible de vol, mais après la première heure les graisses deviennent le substrat principal de vol et sont consommées à une vitesse moyenne de 0,005 mg/puceron/heure (Cockbain, 1961). L'auteur a montré que 90% de l'énergie de vol d'*A. fabae* est assurée par les réserves de graisse. Ceci laisse penser que l'induction de formes biologiques ailées peut être sous la dépendance étroite du stock lipidique. La littérature disponible montre que les pucerons sont polymorphes avec aptères étant généralement produites en réponse à des stimuli environnementaux (Blackman, 1981). Alors que 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 (Dixon, 1985). Le développement des ailées induits par les facteurs environnementaux ne signifie pas nécessairement que ces individus vont migrer et qu'ils vont exprimer le potentiel énergétique pour le vol migratoire (Shaw, 1970).

Les travaux de Zimmer et Cordesse (1996) ont souligné que les protéines hydrosolubles associées à de tanins peuvent modifier leur rôle biologique (inhibition de l'activité des enzymes par exemple) et générer leur précipitation. L'association tanins-protéines est principalement un phénomène de surface (Mc Manus *et al.*, 1985). Dans les conditions engendrant la précipitation des protéines, deux situations sont envisageables : si la concentration des protéines est faible, les tanins se fixent en formant une monocouche autour de chaque molécule, si elle est élevée, les tanins peuvent se fixer sur plusieurs protéines à la fois en formant un réseau. Les liaisons formées sont, dans un premier temps, réversibles mais peuvent évoluer vers des liaisons irréversibles (Haslam, 1994).

Les caractéristiques de la protéine et celle des tanins sont déterminantes sur les interactions tanins-protéines. Ainsi, les tanins ont une grande affinité pour les prolamines, le

collagène et la gélatine (Hagerman et Butler, 1981). Ces protéines contiennent toutes une forte proportion d'un acide aminé : la proline, dont la présence en quantité suffisante est responsable de la structure tridimensionnelle ouverte et flexible de la protéine, favorisant la fixation des tanins sur divers groupements. De plus, le résidu proline se lie fortement avec les tanins (Haslam, 1994). En résumé, les protéines à structure déliée et ouverte, de poids moléculaire supérieur à 20 kDa, riches en acides aminés hydrophobes (en particulier la proline) présentent une affinité plus élevée pour les tanins que les autres protéines (Leinmüller *et al.*, 1991).

A travers les résultats se rapportant à la stimulation des défenses naturelles par l'application d'un lombricompost, nous avons abouti aux conclusions suivantes:

L'étude de l'effet des dilutions de la production saisonnière du lombricompost a permis d'avoir une corrélation entre la qualité phytochimique du support nourricier et les paramètres populationnels du puceron noir de la fève. Les résultats ont montré un enrichissement certain de la fève par la fraction protéique (proline, protéines solubles et hydrosolubles) sous les différents apports du lombricompost. A travers les mêmes résultats, la forte dilution du lombricompost (D10) affiche un enrichissement très significatif comparé au témoin ce qui peut avoir un effet répressif sur la densité d'*Aphis fabae*.

L'analyse de la disponibilité des formes biologiques et de leurs densités, nous a permis de mettre en diapason l'effet répressif des différents apports du lombricompost sur leurs évolutions temporelles, dont la forme ailée est la plus touchée. Enfin les résultats font ressortir l'existence d'une gradation ascendante d'établissement de certaines affinités entre la qualité phytochimique et l'évolution des densités des formes biologiques. Cette progression s'installe depuis le lombricompost pur vers la forte dilution du lombricompost D10.

Selon les résultats obtenus dans notre étude, nous estimons que l'intégration du lombricompost dans un cadre de production végétale raisonnée nous permettra de s'ajuster aux normes d'utilisation des produits phytosanitaires, cette finalité est non seulement une assurance de qualité et d'écoulement local mais également une garantie pour la conquête des marchés extérieur.

RÉFÉRENCES

- Ammar, M., Barbouche, N. et Benhamouda, M.H. 1995. Action des extraits de composés des feuilles de *Cestrum parquii* et d'*Olea europea* sur la longévité et la croissance du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*. *Med. Fac. Landbouww Université Gent*, 60/30a: 831-863.
- Bachelier, G. 1978. *La faune des sols, son écologie et son action*. Ed. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, 391 pp.
- Blackman, R.L. 1981. Species, sex and parthenogenesis in aphids. Pp. 77-85. In: *The Evolving Biosphere*. Forey, P.L. (Ed.), Cambridge University Press. New York.
- Bradford, M.M. 1976. A rapide and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principale of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Bursell, E. 1963. Aspects of the metabolism of amino acids in the tsetse fly *Glossina* (Diptera). *Journal of Insect Physiology*, 9: 439-452.
- Chaboussou, F. 1985. *Santé des cultures: une révolution agronomique*. Ed. Flammarion, la maison rustique, 270p.

- Cockbain, A. J. 1961. Fuel Utilization and duration of tethered flight in *Aphis fabae* Scop. *Journal of Experimental Biology*, 38: 163-174.
- Cole, D.L. 1999. The efficacy of acibenzolar-S-methyl, an inducer of systemic acquired resistance, against bacterial and fungal diseases of tobacco. *Crop Protection*, 18: 267-273.
- Couderchet, M., Le Floch, G., Rey, P. et Tirilly, Y. 2003. Effet du flumioxazine sur l'attaque de feuilles de tomate par *Botrytis cinerea*. In AFPP, éd. : 7^{ème} Conférence internationale sur les maladies des plantes, Tours,
- Dixon, A. F. G. 1985. *Aphid ecology*. Ed. Blackie and Son. New York, 175p.
- Dreier, W. et Goring, M. 1974. Der einflussboher. Salzkonzentrationen auf physiologische parameter von aisuwurzeln. *Wiss. Der H. V. Berlin, Nath. Naturwiss*, 23: 641-646.
- Hagerman, A.E., Butler, L.G. 1981. Specificity of proanthocyanidin-protein interactions. *Journal of Biological Chemistry*, 256: 494-497.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T. et Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 4-9.
- Haslam, E. 1994. Complexation and oxidative transformation of polyphénols. In: Brouillard, R., Jay, M. et Scalbert, A. (eds), Polyphénols 94, 17th International Conférences, Palma de Mallorca, 23-27 Mai 1994, pp. 45-55. INRA Edition, Versailles.
- Kirsten, E., Kirsten, R. and Arese, P. 1963. The content of free amino acids, energy-rich phosphoric acid and glycolytic and three-carbon acid substrates in the muscle of *Locusta migratoria* during work. *Biochem Z*, 337: 167-177.
- Klarzynski, O. et Fritig, B. 2001. Stimulation des défenses naturelles des plantes. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Paris, Sciences de la vie*, 324: 953-963.
- Leinmuller, E., Steingass, H. et Menke, K.H. 1991. Tanins in ruminant feed stuffs. *Animal Reasearch and development*, 33: 9-62.
- Lizzi, Y., Coulomb, C., Polian, C., Coulomb, J.P. et Olivier, P. 1998. La Défense des Végétaux. *Phytoma*, 508: 29-30.
- Mc Manus, J.P., Davis, K.G., Beart, J.E., Gaffney, S.H. and Lilley, T.H. 1985. Polyphenol interaction. Part 1. Introduction, some observations on the reversible complexation of polyphénols with proteins and polysaccharides. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions*, 2: 1429-1438.
- Ndegwa, P.M. et Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology*, 76: 107-112.
- Pajot, E. 2011. Stimulateurs des défenses naturelles des plantes : Etat des lieux et perspectives de recherche et développement pour sécuriser leur efficacité sur le terrain, pp.342-352. AFPP-Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures. 8, 9 et 10 mars, Lille (France).
- Price, M.L., Van Scoyoc, S. et Butler, L.G. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in *Sorghum* grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26: 1214-1218.
- Sacktor, B. et Wormser-Shavit, E. 1966. Regulation of metabolism in working muscle in vivo. Concentrations of some glycolytic, tricarboxylic acid cycle, and amino acid intermediates in insect flight muscle during flight. *Journal of Biological Chemistry*, 241: 624-631.
- 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. *Annals of Applied Biology*, 65: 197-203.
- S.P.S.S. Inc., 2009- SYSTAT 7.0 for Windows, statistics and graphics.

- Troll, W. et Lindsley, J. 1955. A photometric method for the determination of proline. *Journal of Biological Chemistry*, 216: 655-660.
- Weeda, E., Dekort, C. et Beenackers, A. M. T. 1979. Fuels for energy metabolism in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say. *Journal of Insect Physiology*, 25: 951-955.
- Wheeler, C. H. 1989. Mobilization and transport of fuels to the flight muscles. *In Insect Flight*. Goldsworthy, G. J. and Wheeler, C. H. Ed. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida. Pp. 273-303.
- Zimmer, N. et Cordesse, R. 1996. Influence des tanins sur la valeur nutritive des aliments des ruminants. *INRA Productions Animales*, 9(3): 167-179.