



HAL
open science

Caractérisation des prédateurs et/ou parasitoïdes de mouches du genre *Delia* en cultures de brassicacées et influence des abords de parcelle sur les processus de régulation naturelle

Sébastien Picault, Anne Marie Cortesero, Anne Le Ralec

► To cite this version:

Sébastien Picault, Anne Marie Cortesero, Anne Le Ralec. Caractérisation des prédateurs et/ou parasitoïdes de mouches du genre *Delia* en cultures de brassicacées et influence des abords de parcelle sur les processus de régulation naturelle. *Innovations Agronomiques*, 2013, 28, pp.169-185. 10.17180/vcz5-za36 . hal-04649401

HAL Id: hal-04649401

<https://hal.inrae.fr/hal-04649401>

Submitted on 16 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Caractérisation des prédateurs et/ou parasitoïdes de mouches du genre *Delia* en cultures de brassicacées et influence des abords de parcelle sur les processus de régulation naturelle

Picault S.¹, Cortesero A.M.², Le Ralec A.²

¹ Ctifl – Centre de Carquefou – ZI Belle Etoile – Antarès, 35 allées des sapins 44483 Carquefou Cedex : coordination du projet, analyse des données et rédaction de l'article.

² UMR 1349 IGEPP (Institut de Génétique, Environnement et Protection des Plantes : INRA – Agrocampus Ouest – Université de Rennes1, 35042 Rennes) : appui à la conception du protocole expérimental et à l'analyse des données.

Les travaux présentés dans cet article ont été réalisés avec la participation de L. Bonnot (CA 45), V. Estorgues (CA 29), M. Sandrone (UNILET), C. Milleville (FREDON Nord-Pas-de-Calais), M. Legrand (FREDON Nord-Pas-de-Calais), R. Boucherie (UNILET), B. Lepaumier (SILEBAN), E. Vigot (SILEBAN) J.M. Collet (Ctifl/CATE), J. Lambion (GRAB), D. Bouvard (ACPEL), T. Massias (CA 17), L. Fouyer (Ctifl), V. Demoisson (Ctifl).

Correspondance : picault@ctifl.fr

Résumé

L'influence des abords de parcelle sur la régulation naturelle des populations de mouches du genre *Delia* en cultures de brassicacées a été étudiée dans le cadre du projet Biodivleg en comparant différentes variables biologiques et agronomiques entre des parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte et de faible densité. Les résultats obtenus montrent que l'action de certaines espèces de staphylins et de carabidés vis-à-vis de ces mouches est significative mais que, dans les conditions de production des parcelles échantillonnées, celle-ci demeure insuffisante pour limiter significativement l'incidence des dégâts à la récolte. L'effet de cette action pourrait toutefois être amplifié par la mise en place de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de culture, à condition d'adapter en parallèle certaines pratiques culturales.

Mots-clés : *Delia radicum*, *Delia platura*, *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Aleochara*, *Brassicaceae*, haie, biodiversité fonctionnelle, contrôle biologique, lutte biologique par conservation, régulation naturelle.

Abstract : Characterization of predators and parasitoids of *Delia* flies within Brassica crops and analyse of the crop edge effect on natural biocontrol

The Biodivleg project studied the influence of different border environments of Brassicaceae crops on the natural control of fly populations of the *Delia* genus. The study compared various biological and agronomic variables in plots surrounded by both high-density and low-density semi-natural environments. The results of the study indicate that some species of rove beetle (*Staphylinus* genus) and ground beetle (*Carabidae*) have significant action on the flies but showed that in the production conditions of the sampled plots, their action is not sufficient to significantly limit the extent of crop damage. However, the efficacy of their action could be enhanced by implementing high-density semi-natural environments at the edges of the plots, but also by using crop management practices adapted.

Keywords : *Delia radicum*, *Delia platura*, *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Aleochara*, *Brassicaceae*, hedge, functional biodiversity, biocontrol through habitat management.

Introduction

La mouche du chou, *Delia radicum* et la mouche des semis, *D. platura*, sont deux diptères de la famille des *Anthomyiidae* dont les larves peuvent provoquer de graves pertes économiques en cultures légumières. *Delia radicum* est inféodée aux plantes de la famille des brassicacées (choux, navets, radis...) dans lesquelles elle creuse, au stade larvaire, des galeries au niveau des racines ou parfois de l'inflorescence. En plus de ralentir la croissance des plantes et de compromettre leur qualité commerciale, ces galeries constituent des sites privilégiés pour le développement de parasites secondaires provoquant le plus souvent la pourriture des organes attaqués. *D. platura*, très polyphage, s'attaque quant à elle à de nombreuses plantes hôtes telles que les haricots, les épinards, la mâche, les choux, les radis et les navets dont elle détruit les plantules au moment de la levée. Dans certaines régions de production, les pullulations de ces mouches peuvent s'avérer très préoccupantes et remettre en cause la viabilité économique des exploitations voire favoriser la délocalisation des cultures à l'étranger. En Bretagne par exemple, la production de brocoli est difficile sans une bonne maîtrise des populations de *D. radicum*. Les attaques de ce ravageur sont aussi particulièrement délicates à gérer en fin de cycle en ce qui concerne les cultures de chou romanesco, même avec une protection chimique, car les mouches pondent directement au niveau de la pomme. Enfin, *D. platura* peut provoquer d'importants dégâts en cultures de radis ou de navets, notamment en région nantaise où ces cultures sont relativement développées.

Le contrôle des populations de mouches du genre *Delia* constitue ainsi un enjeu majeur pour de nombreux bassins de production maraîchers et/ou légumiers. Cependant, dans un contexte de remise en cause de nombreuses substances actives et de contraintes environnementales de plus en plus fortes (révision des anciennes substances actives dans le cadre du règlement européen 1107/2009), la protection des cultures à l'aide de produits phytosanitaires est de plus en plus délicate à mettre en œuvre. De la même façon, les mesures prophylactiques (élimination des déchets, éloignement des sources potentielles d'infestation...), bien que nécessaires, sont souvent insuffisantes à elles seules pour contrôler efficacement les populations de mouches. Plusieurs techniques de protection alternatives telles que l'utilisation de filets (horizontaux ou verticaux), l'utilisation de moyens de biocontrôle (acariens prédateurs), voire la mise en place de cultures associées ont également été testées mais la plupart d'entre elles n'offrent aujourd'hui qu'une solution partielle aux producteurs. L'efficacité de ces techniques, souvent limitée en cas de forte pullulation des ravageurs, pourrait toutefois être améliorée par la mise en œuvre de pratiques particulières permettant de maintenir les populations de mouches à des niveaux relativement bas et de contenir les pics d'infestation. Une des pratiques possibles est l'implantation en bordure de parcelle de milieux semi-naturels hébergeant des arthropodes prédateurs et/ou parasitoïdes susceptibles d'exercer une action de régulation naturelle (Langlet, 1997 ; Le Roux et al., 2008 ; Tschamtké et al., 2007 ; Altieri et Nicholls, 2004 ; Schmidt et al., 2003 ; Meek et al., 2002 ; Marshall et Moonen, 2002 ; Altieri et Letourneau, 1982 ; Van Emden, 1965).

1. La lutte biologique par conservation appliquée aux brassicacées

L'effet de milieux semi-naturels potentiellement attractifs pour les auxiliaires sur le processus de colonisation des cultures de brassicacées par les mouches du genre *Delia* ainsi que par leurs ennemis naturels potentiels ou avérés (araignées, staphylins du genre *Aleochara* et plusieurs espèces de carabidés) a été étudié dans le cadre du projet Biodivleg piloté par le Ctifl. Ce projet, qui s'est déroulé sur trois ans, s'est également intéressé à la mouche de la carotte *Psila rosae* qui ne sera pas traitée dans cet article. Labellisé par le GIS PicLég, ce projet a reçu le soutien du Ministère de l'agriculture et de la pêche (AAP Casdar) et a impliqué de nombreux partenaires de la recherche (Agrocampus Ouest, Université de Rennes I), de l'expérimentation (FREDON Nord-Pas-de-Calais, UNILET et CATE pour les travaux concernant les mouches du genre *Delia* ; ACPEL, UNILET, SILEBAN et GRAB pour ceux concernant *P. rosae*) et du développement (chambres d'agriculture du Finistère et du Loiret pour les travaux concernant les mouches du genre *Delia* ; chambres d'agriculture du Loiret et de Charente-

Maritime pour ceux concernant *P. rosae*). A travers un dispositif original reposant sur la mise en place d'un réseau de parcelles appariées deux à deux et la multiplicité des observations, les travaux menés ont consisté à comparer différentes variables biologiques et agronomiques (abondance des pontes de mouches, incidence des dégâts à la récolte, niveau d'infestation des cultures, densité d'activité des populations de staphylins, de carabidés et d'araignées, taux de parasitisme...) entre des parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité (haie bocagère par exemple) et des parcelles bordées par des milieux semi-naturels de très faible densité (chemin de terre battue, chemin enherbé...) considérées comme parcelles « témoins ». Les résultats obtenus ont permis d'une part de caractériser les populations de prédateurs et de parasitoïdes des mouches du genre *Delia* dans les cultures de brassicacées, et d'autre part d'étudier l'effet des abords de parcelle sur la régulation naturelle de leurs populations ainsi que sur les dégâts occasionnés.

2. Le projet Biodivleg

2.1 Un dispositif d'étude de grande ampleur

L'interaction des populations de mouches du genre *Delia* avec celles de leurs principaux ennemis naturels, ainsi que l'influence des abords parcellaires sur les processus de régulation naturelle, ont été étudiées dans le projet Biodivleg via la collecte de données techniques, agronomiques et biologiques dans un grand nombre de parcelles de brassicacées du Finistère et du Morbihan (brocoli) de Loire-Atlantique et du Loiret (radis et/ou navet) ainsi que du Pas-de-Calais (chou pommé et chou de Bruxelles). Chacune de ces parcelles rassemblées en réseau a été décrite par un ensemble de critères biophysiques (localisation géographique, type de sol, surface, climat etc.) et cultureux (espèce cultivée, mode de culture, date de semis ou de plantation, moyens de protection contre les ravageurs, mode de gestion des adventices, type de fertilisation, précédent cultural etc.). Les abords de chacune d'elles ont également été décrits (nature, densité végétale, composition spécifique etc.) puis caractérisés par une note de 0 à 10 élaborée à l'aide du logiciel DEXI, la note 0 correspondant à des abords de très faible densité (grande étendue de terre battue par exemple) et la note 10 à des abords de forte densité (lisière de bois ou vieille haie bocagère adjacente à la culture). Dans chacune de ces parcelles, une zone d'observation de 5x5m a été définie à 20m du bord de la culture en place. Les pontes de mouches du genre *Delia* y ont été suivies du semis (ou de la plantation) à la récolte en collectant les œufs une fois par semaine autour du collet de 10 plantes. Ces prélèvements ont été effectués par carottage (prélèvement de sol sur un rayon de 5cm autour du pivot racinaire et une profondeur de 2cm) ou bien à l'aide de pièges à feutrine. Les larves et/ou pupes de mouches y ont également été échantillonnées par carottage autour du collet de 30 plantes (prélèvement de sol sur un rayon de 5cm autour du pivot racinaire et une profondeur de 15cm) 3 à 5 semaines après le pic de pontes. Après avoir été dénombrées, ces larves et/ou pupes ont été mises en élevage ou disséquées au laboratoire afin de déterminer un taux de parasitisme. De la même façon, la densité d'activité (nombre total d'individus collectés sur une période donnée) des populations de carabidés, de staphylins et d'araignées a été suivie dans chaque zone d'observation à l'aide de 2 pièges à fosse relevés une fois par semaine du semis (ou de la plantation) à la récolte. Enfin, l'incidence des dégâts occasionnés par les mouches du genre *Delia* (pourcentage de plantes présentant au moins une galerie de mouche à l'intérieur du pivot racinaire) a été mesurée à la récolte sur un effectif total de 30 plantes en ce qui concerne les cultures de brocoli et autres choux ou de 100 plantes en ce qui concerne celles de radis et de navet. Au total, 164 parcelles de brassicacées ont été suivies en 3 ans dans le cadre du projet Biodivleg : 54 dans le Finistère nord (brocoli), 24 dans le Finistère Sud et le Morbihan (brocoli), 22 dans le Pas-de-Calais (chou pommé et chou de Bruxelles), 32 en Loire-Atlantique (radis et navet) et 32 dans le Loiret (radis).

2.2 Analyse des données

Dans un premier temps, les populations de carabidés et de staphylins ont été caractérisées par leur densité d'activité moyenne (Φ_{moy} : nombre moyen d'individus/piège/semaine \pm erreur-type) et leur

structure spécifique (pourcentage d'individus d'une sous-famille ou d'une espèce donnée par rapport à la population totale). Dans un second temps, les corrélations entre les différentes variables biologiques et agronomiques suivies dans les cultures ont été analysées à l'aide du test de comparaison de deux coefficients de corrélation de Pearson au seuil de 5%, après une éventuelle transformation logarithmique des données. Au total, trois analyses de corrélations ont été effectuées :

- Analyse des corrélations entre l'abondance des pontes de mouches (nombre moyen d'œufs/plante/semaine) et la densité d'activité de leurs principaux ennemis naturels (nombre total d'individus piégés) mesurés pendant la principale période d'oviposition ;
- Analyse des corrélations entre l'abondance des pontes de mouches mesurée pendant la période d'oviposition et l'incidence des dégâts mesurée à la récolte ;
- Analyse des corrélations entre le niveau d'infestation des cultures par les mouches (nombre moyen de larves et/ou de pupes par plante) et la densité d'activité de leurs ennemis naturels mesurés au moment du pic d'infestation.

Dans un troisième temps enfin, l'influence des abords de parcelle sur l'abondance des pontes de mouches, le niveau d'infestation des cultures et la densité d'activité des populations de carabidés, de staphylinés et d'araignées a été évaluée à l'aide du test de Wilcoxon pour deux échantillons appariés au seuil de 5%, après avoir apparié les parcelles échantillonnées selon leurs caractéristiques biophysiques et culturales (recherche du maximum de similitude) et la note DEXI caractérisant la nature de leurs abords parcellaire (recherche du minimum de similitude, Figure 1). Des paires de parcelles fortement contrastées en terme d'abords parcellaire mais homogènes en terme d'itinéraire technique (appariement de parcelles caractérisées par une note DEXI égale à 10 et de parcelles caractérisées par une note DEXI égale à 0 par exemple) ont ainsi été constituées et soumises à l'analyse. Cette méthode originale, inspirée en partie par les travaux de Piffner et Luka (2003), permet d'une part d'éliminer un maximum de sources de variation non reliées au facteur étudié et d'autre part d'augmenter la précision des résultats en démultipliant le nombre d'observations dans l'espace et dans le temps (Scherrer, 1984).

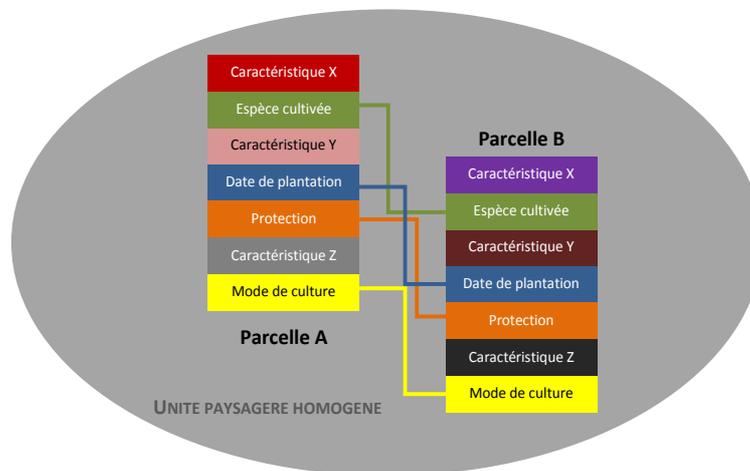


Figure 1 : Schéma illustrant l'appariement des parcelles deux à deux selon des critères de similitude prédéfinis (mode de culture, type de protection contre les ravageurs, date de plantation ou espèce cultivée par exemple). La parcelle A est bordée par une haie bocagère adjacente à la culture (note DEXI : 9) et la parcelle B par une surface de terre battue et des bâtiments agricoles (note DEXI : 0).

3. Activité et diversité des populations de staphylinés et de carabidés

3.1 Populations de staphylinés

Les populations de staphylinés les plus actives ont été observées dans les parcelles de radis et de navet de Loire-Atlantique ($\Phi_{\text{moy};2010}=28\pm 5$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=32\pm 4$; Figure 2). Dans ces parcelles, les staphylinés du genre *Aleochara* représentent environ un tiers de la population totale tout au long du printemps puis leur

proportion augmente rapidement pour atteindre 60% en période estivale. Cette augmentation est essentiellement due à un fort accroissement des populations d'*A. bipustulata* début juin (semaine n°22). L'activité des staphylins est également importante dans les parcelles de radis du Loiret ($\Phi_{\text{moy};2011}=25\pm 8$) dans lesquelles *A. bilineata* et *A. bipustulata* représentent respectivement 33 et 26% de la population totale. Elle est par contre plus modérée dans le Finistère sud ($\Phi_{\text{moy};2010}=18\pm 3$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=15\pm 2$), le Morbihan ($\Phi_{\text{moy};2010}=16\pm 3$), le Finistère nord ($\Phi_{\text{moy};2009}=8\pm 1$, $\Phi_{\text{moy};2010}=8\pm 2$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=10\pm 4$) et le Pas-de-Calais ($\Phi_{\text{moy};2009}=13\pm 2$, $\Phi_{\text{moy};2010}=17\pm 4$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=10\pm 2$). Les staphylins du genre *Aleochara* représentent environ 20% de la population totale dans le Finistère nord et le Finistère sud mais sont relativement peu présents dans le Morbihan où leur proportion ne dépasse pas 7%. Dans le Pas-de-Calais, les espèces de ce genre (70% d'*A. bilineata* et 30% d'*A. bipustulata*) représentent près de 80% de la population totale.

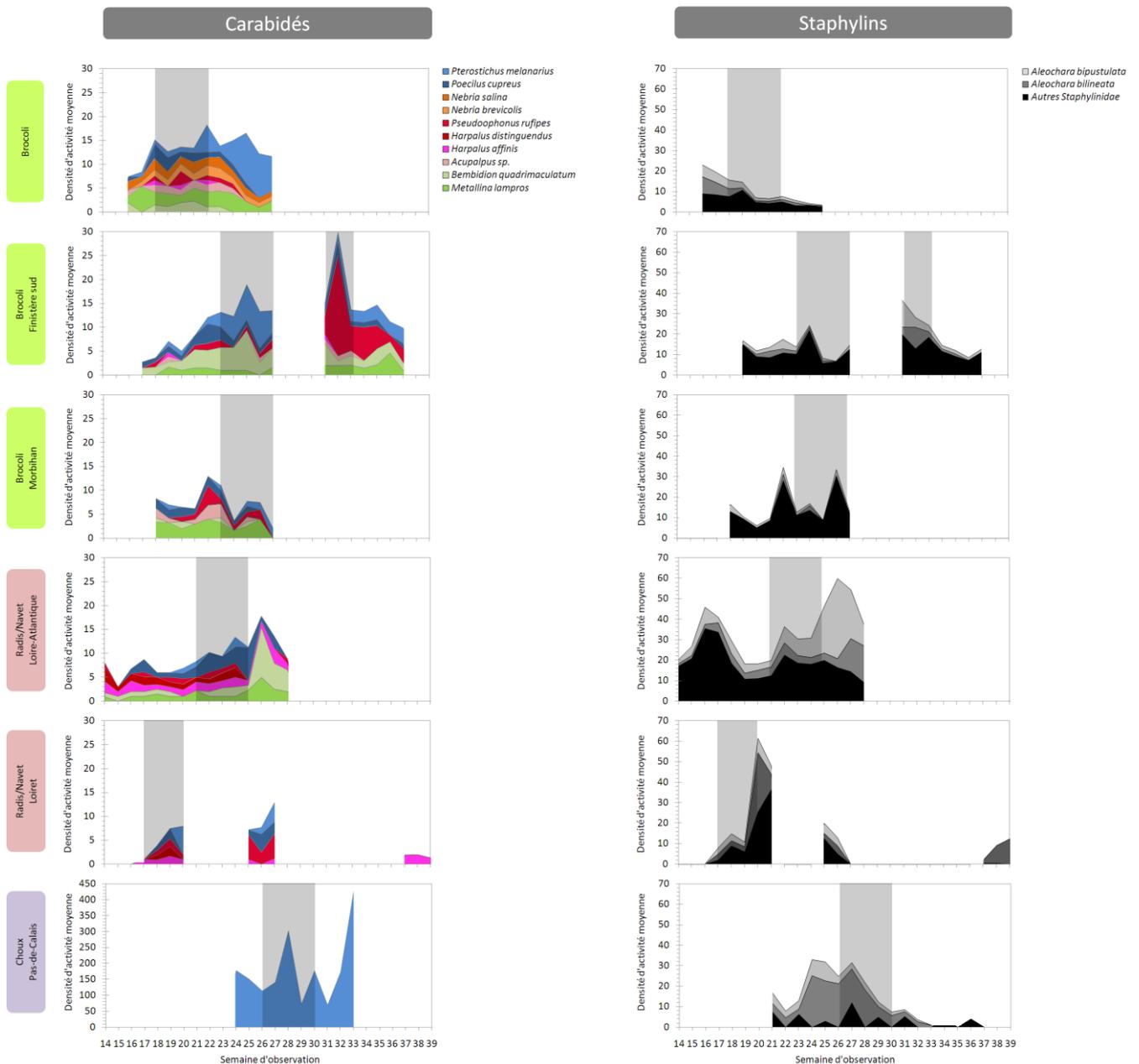


Figure 2 : Cinétique et structure spécifique des populations de carabidés et de staphylins observées dans les cultures de brassicacées suivies en 2010 et 2011 dans les parcelles du réseau Biodivleg (moyenne/parcelle/an).

Zone grisée : périodes d'oviposition des mouches du genre *Delia*. Pour des raisons techniques, les carabidés n'ont pas été identifiés en 2009.

La variabilité observée d'une zone de production à l'autre, aussi bien en ce qui concerne l'activité des populations de staphylins que leur structure spécifique, pourrait s'expliquer en partie par des facteurs climatiques (les conditions de température, d'humidité et de pluviométrie peuvent fortement varier d'une région à l'autre), botaniques (les espèces cultivées ne sont pas les mêmes d'une zone de production à l'autre) et/ou cultureux (les cultures de radis et de navet de Loire-Atlantique et du Loiret n'ont quasiment pas été traitées contrairement aux cultures de choux de Bretagne et du Pas-de-Calais). Dans l'ensemble de ces bassins de production, la structure spécifique des populations de staphylins est enfin relativement stable d'une année sur l'autre et n'est pas affectée de manière significative par la nature des abords parcellaires.

3.2 Populations de carabidés

3.2.1 Densité d'activité

Les densités d'activité des populations de carabidés mesurées de fin mars à fin septembre dans le Finistère nord ($\Phi_{\text{moy};2009}=3\pm 0$, $\Phi_{\text{moy};2010}=11\pm 1$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=12\pm 2$), le Finistère sud ($\Phi_{\text{moy};2009}=4\pm 1$, $\Phi_{\text{moy};2010}=6\pm 1$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=4\pm 1$), le Morbihan ($\Phi_{\text{moy};2010}=7\pm 1$), en Loire-Atlantique ($\Phi_{\text{moy};2009}=2\pm 1$, $\Phi_{\text{moy};2010}=12\pm 2$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=9\pm 1$) et le Loiret ($\Phi_{\text{moy};2009}=2\pm 0$, $\Phi_{\text{moy};2010}=5\pm 2$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=4\pm 1$) sont similaires entre elles (Figure 2). L'activité des populations de carabidés mesurée sur la même période dans les parcelles de choux du Pas-de-Calais est quant à elle particulièrement forte ($\Phi_{\text{moy};2009}=43\pm 8$, $\Phi_{\text{moy};2010}=204\pm 37$ et $\Phi_{\text{moy};2011}=14\pm 2$).

3.2.2 Structure spécifique

La structure spécifique des populations de carabidés suivies dans les parcelles de brassicacées du réseau Biodivleg est relativement stable d'une année sur l'autre et n'est pas affectée de manière significative par la nature des abords parcellaires. Elle est en revanche beaucoup plus variable d'une région de production à l'autre. Dans les cultures de brocoli du Finistère nord, du Finistère sud et du Morbihan, les populations de carabidés sont essentiellement représentées par la sous-famille des *Trechinae* (respectivement 39%, 31% et 57% des individus collectés) et par celle des *Pterostichinae* (respectivement 28%, 51% et 20% des individus collectés). Le reste des populations appartient en grande majorité à la sous-famille des *Nebriinae* dans le Finistère nord (17% des individus collectés) ou à celle des *Harpalinae* dans le Finistère sud et le Morbihan (respectivement 13% et 15% des individus collectés). Dans les cultures de radis et de navet de Loire-Atlantique, la structure des populations de carabidés est plus équilibrée, avec 33% des individus collectés appartenant à la sous-famille des *Trechinae*, 28% à celle des *Harpalinae* et 21% à celle des *Pterostichinae*. Dans les cultures de radis du Loiret, seule région de production caractérisée par une forte densité de bois et de forêts à proximité des parcelles agricoles, la sous-famille des *Harpalinae* est particulièrement bien représentée tout comme celle des *Pterostichinae* (respectivement 46% et 43% des individus collectés). Dans les cultures de choux du Pas-de-Calais, les populations de carabidés sont constituées à plus de 90% par la sous-famille des *Pterostichinae*, elle-même composée d'une seule espèce : *Pterostichus melanarius*. Il est probable que la présence hégémonique de cette espèce soit le résultat d'une pression de sélection importante et liée aux modes de production mis en œuvre dans la région. *Pterostichus melanarius* est également une espèce bien implantée dans le Finistère nord et le Finistère sud où elle représente respectivement 50% et 53% des populations de *Pterostichinae*, le reste des individus de la sous-famille appartenant essentiellement à l'espèce *Poecilus cupreus* (respectivement 16% et 32% des populations). Cette dernière est quant à elle fortement présente en Loire-Atlantique et dans le Loiret, régions de production où elle représente respectivement 70% et 44% de la sous-famille des

Pterostichinae. D'une façon générale, l'activité de *P. cupreus* est plutôt printanière alors que celle de *P. melanarius* est plus intense en période estivale.

Dans toutes les régions où elle est observée (Finistère, Morbihan et Loire-Atlantique) la sous-famille des *Trechinae* est essentiellement composée de deux espèces, *Metallina* (anc. *Bembidion*) *lampros* et *Bembidion quadrimaculatum*, dont l'activité est relativement stable du début du printemps à la fin de l'été. Dans le Finistère nord et le Morbihan où elle est largement majoritaire, *M. lampros* représente respectivement 61% et 75% des populations de *Trechinae*. Dans le Finistère sud et en Loire-Atlantique en revanche, les deux espèces sont présentes dans des proportions équivalentes (respectivement 47% et 29% pour *M. lampros* et 33% et 32% pour *B. quadrimaculatum*). La sous-famille des *Harpalinae* est quant à elle composée de quatre espèces principales : *Pseudoophonus rufipes*, *Acupalpus meridianus* et deux espèces du genre *Harpalus* (*H. distinguendus* et *H. affinis*). La première, dont l'activité est particulièrement intense en fin d'été et tout au long de l'automne, est la seule espèce d'*Harpalinae* retrouvée de façon significative dans le Finistère sud. Elle est également présente dans les autres régions de production, mais dans des proportions équivalentes à celles des autres espèces d'*Harpalinae*. L'espèce *A. meridianus* n'a été retrouvée que dans le Finistère nord et le Morbihan (respectivement 74% et 55% des populations d'*Harpalinae*) tandis que les espèces du genre *Harpalus* sont présentes surtout en Loire-Atlantique et dans le Loiret (respectivement 70% et 31% des populations d'*Harpalinae*). Enfin, seules deux espèces, *Nebria salina* et *N. brevicolis*, composent dans des proportions équivalentes la sous-famille des *Nebriinae*, qui n'est présente de façon significative que dans le Finistère nord.

4. Des populations de mouches et d'ennemis naturels en interactions

4.1 Des comportements de prédation et/ou de parasitisme variés

L'analyse des corrélations entre les différentes variables biologiques mesurées sur le terrain montre que parmi toutes les espèces d'araignées, de staphylins et de carabidés retrouvées dans les parcelles de brassicacées, certaines interagissent de façon significative avec les populations de mouches du genre *Delia*.

4.1.2 Araignées

L'activité des araignées, est corrélée négativement avec l'abondance des pontes de mouches pendant la période d'oviposition ($P < 0,05$) mais pas avec le niveau d'infestation des cultures au moment du pic d'infestation (Tableau 1). Ce résultat suggère que les araignées exercent une action de prédation significative vis-à-vis des œufs de mouches du genre *Delia* (le nombre d'œufs pondus par plante diminue lorsque l'activité des araignées augmente et inversement) mais pas vis-à-vis de leurs larves et/ou de leurs pupes (ou alors de façon beaucoup plus modérée).

Tableau 1 : Coefficients de corrélation de Pearson entre la densité d'activité des auxiliaires ciblés et (i) l'abondance moyenne des pontes pendant la période d'oviposition et (ii) le nombre moyen de larves/pupes par plante pendant le pic d'infestation.

Prédateurs et/ou parasitoïdes	Œufs	Larves/pupes
<i>Aleochara bilineata</i>	- 0,19 (NS)	+ 0,52 (**)
<i>Aleochara bipustulata</i>	- 0,31 (**)	+ 0,51 (**)
Autres staphylins	- 0,08 (NS)	+ 0,23 (NS)
<i>Harpalinae</i>	+ 0,30 (*)	- 0,08 (NS)
<i>Pterostichinae</i>	+ 0,14 (NS)	+ 0,31 (*)
<i>Trechinae</i>	+ 0,68 (**)	- 0,17 (NS)
Araignées	- 0,32 (**)	+ 0,11 (NS)

4.1.3 Staphylins

L'activité du staphylin *A. bilineata* est en revanche corrélée positivement avec le niveau d'infestation des cultures ($P < 0,01$) mais pas avec celui des pontes pendant la période d'oviposition. Ce résultat suggère que cette espèce est davantage attirée par la présence de larves et/ou de pupes de mouches dans (ou à proximité) de la racine des plantes que par leurs œufs (l'activité du staphylin *A. bilineata* augmente avec le nombre moyen de larves et/ou de pupes par plante) vis-à-vis desquelles elle est susceptible d'exercer une action de prédation et/ou de parasitisme. L'activité du staphylin *A. bipustulata* est quant à elle corrélée négativement avec l'abondance des pontes pendant la principale période d'oviposition ($P < 0,01$) et positivement avec le niveau d'infestation des cultures ($P < 0,01$) ce qui suggère que cette espèce exerce à la fois une action de prédation vis-à-vis des œufs de mouches et une action de prédation et/ou de parasitisme vis-à-vis de leurs larves et/ou de leurs pupes (Figure 3A). Enfin, il n'existe aucune corrélation entre l'activité des autres espèces de staphylins et l'abondance des pontes de mouches du genre *Delia* ou le niveau d'infestation des cultures.

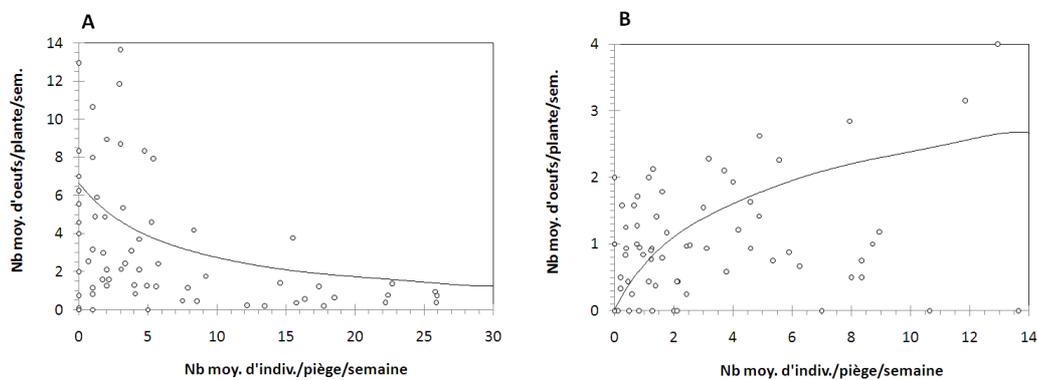


Figure 3 : Corrélations entre l'abondance des pontes de mouches du genre *Delia* et l'activité des populations d'*A. bipustulata* (A) et de *Trechinae* (B) mesurées pendant la période d'oviposition.

4.1.4 Carabidés

Le comportement des carabidés vis-à-vis des populations de mouches du genre *Delia* varie également d'une espèce à l'autre. L'activité des carabidés de la sous-famille des *Trechinae* (*B. quadrimaculatum* et *M. lampros* pour l'essentiel) et en moindre mesure celle des carabidés de la sous-famille des *Harpalinae* (*P. rufipes* et *Harpalus* sp.) sont ainsi corrélées significativement avec l'abondance des pontes de mouches pendant la période d'oviposition ($P < 0,01$ et $P < 0,05$ respectivement) mais pas avec le niveau d'infestation des cultures au moment du pic d'infestation (Tableau 1). Ce résultat suggère que ces carabidés exercent, de la même façon que les araignées et le staphylin *A. bipustulata*, une action de prédation dirigée vers les œufs de mouches plutôt que vers leurs larves et/ou leurs pupes. Cependant, les corrélations observées étant positives (l'activité des individus augmentent avec le nombre d'œufs pondus par plante), il est probable que les *Trechinae* et les *Harpalinae* ne soient attirés par les œufs de mouches qu'à partir d'un certain niveau de ponte (Figure 3B). Cette hypothèse est renforcée par les résultats de plusieurs travaux menés en laboratoire qui montrent que la plupart des espèces d'*Harpalinae* et beaucoup d'espèces de *Trechinae*, ont un régime alimentaire varié pouvant inclure aussi bien des œufs et/ou des larves d'arthropodes (homoptères, lépidoptères, diptères, collembolés...) que des graines ou des débris végétaux (Holland, 2002). En situation de choix et de faible pression de ravageurs, les carabidés de ces deux sous-familles ne montreraient pas de préférence particulière ou spécifique pour les œufs de mouches du genre *Delia*, qu'ils ne consommeraient finalement que de façon ponctuelle et opportuniste. Enfin, l'activité des carabidés appartenant à la sous-famille des *Pterostichinae* est corrélée positivement avec le niveau d'infestation des cultures ($P < 0,05$) mais pas avec l'abondance des pontes pendant la période d'oviposition, ce qui

suggère qu'ils exercent une action de prédation vis-à-vis des larves et/ou des pupes de mouches principalement.

Il est possible que le comportement alimentaire des différentes espèces de carabidés retrouvées dans les cultures de brassicacées soit en partie lié à la taille des individus, les espèces de petite taille (comme *M. lampros* dont la longueur moyenne est généralement comprise entre 3 et 4mm) consommant plutôt les œufs de mouches et les espèces de grande taille (comme *P. melanarius* dont la longueur moyenne oscille entre 17 et 21mm) consommant plutôt les larves et/ou les pupes de ce ravageur (Dajoz, 2002 ; Holland, 2002, Pollard, 1968).

4.2 Des taux de parasitisme pouvant atteindre 25%

L'analyse des taux de parasitisme mesurés dans quelques parcelles de brassicacées du réseau Biodivleg montre qu'en conditions réelles de production, les larves et/ou les pupes de mouches du genre *Delia* peuvent être parasitées dans des proportions plus ou moins fortes selon l'espèce cultivée et/ou la région de production, voire le créneau de culture (Figure 4).

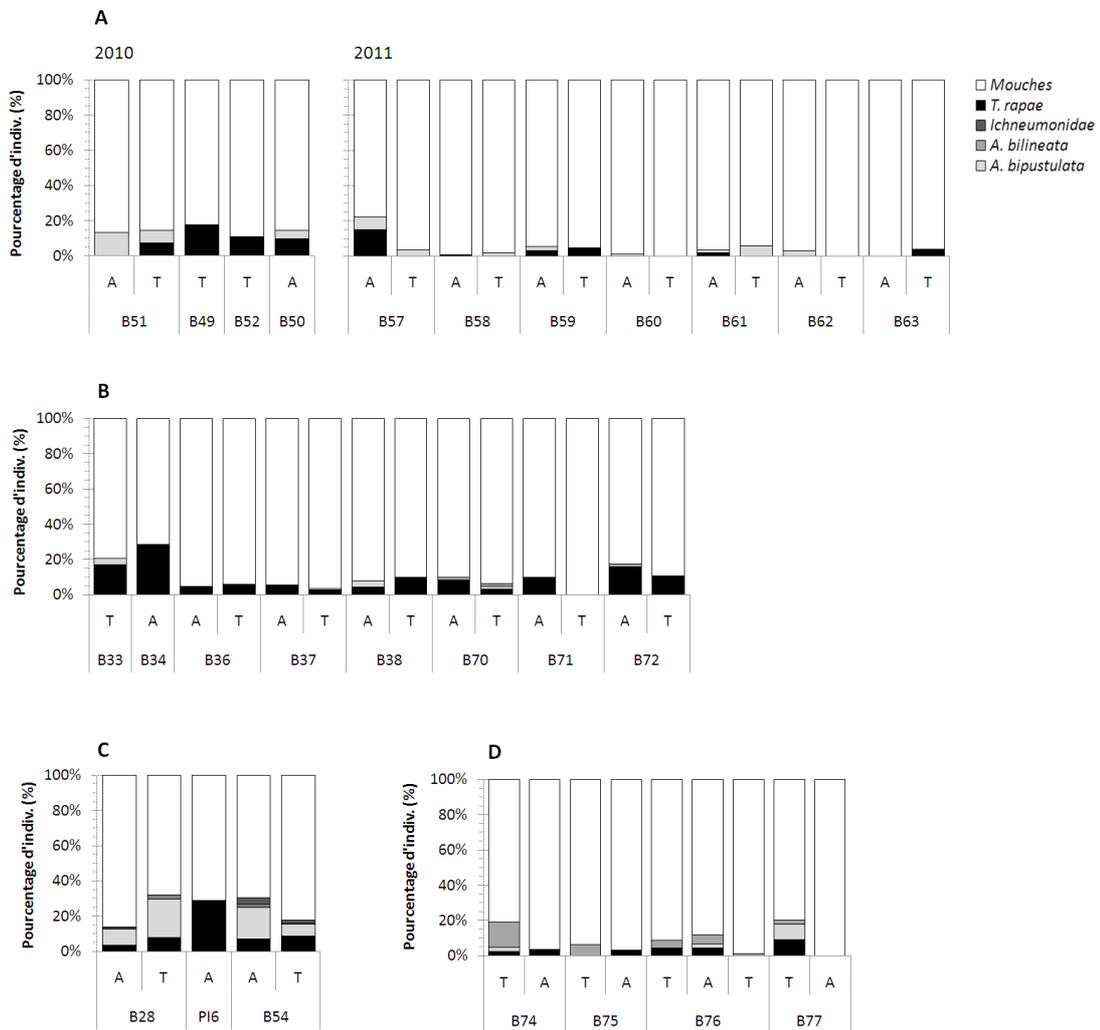


Figure 4 : Parasitisme des larves et/ou pupes de mouches du genre *Delia* dans les cultures de brassicacées suivies en 2010 et 2011 dans le Finistère nord (A), et en 2011 dans le Finistère sud (B), en Loire-Atlantique (C) et dans le Pas-de-Calais (D). Bn : N° d'identification des couples de parcelles ; A : parcelle bordée par des milieux semi-naturels de forte ou moyenne densité (note DEXI comprise entre 5 et 10) ; T : parcelle bordée par des milieux semi-naturels de faible ou très faible densité (note DEXI comprise entre 0 et 5).

Les taux de parasitisme les plus importants, pouvant aller jusqu'à 25%, ont été observés dans les cultures de radis ou de navet suivies en Loire-Atlantique. Le parasitisme des larves et/ou des pupes de mouches du genre *Delia* est globalement plus faible dans les cultures de brocoli du Finistère sud tout comme dans celles de choux du Nord-Pas-de-Calais où le taux de parasitisme est respectivement de $10\pm 2\%$ et $8\pm 2\%$ en moyenne. Enfin, l'intensité du parasitisme est assez variable d'une année à l'autre dans les cultures de brocoli du Finistère nord, avec un pourcentage moyen de larves et/ou de pupes parasitées de $14\pm 1\%$ en 2010 et de $4\pm 2\%$ seulement en 2011. Il est possible que la différence observée d'une région à l'autre soit en partie dû aux moyens de protection utilisés contre les ravageurs, les parcelles suivies en Loire-Atlantique n'ayant pas été traitées contre les ravageurs contrairement à toutes les autres. Dans la majorité des cas, le parasitisme est essentiellement dû au micro-hyménoptère *Trybliographae rapae*. Il est également dû, dans des proportions non négligeables, au staphylin *A. bilineata* dans le Nord-Pas-de-Calais ou encore au staphylin *A. bipustulata* dans le Finistère nord ainsi qu'en Loire-Atlantique. Quelques larves et/ou pupes de mouches ont aussi été parasitées par des espèces du genre *Dilophus* dans quelques parcelles du Finistère sud (diptère de la famille des *Bibionidae*) ou encore par certaines espèces d'*Ichneumonidae* dans celles de Loire-Atlantique.

5. Effet des abords de parcelle sur les mouches et leurs ennemis naturels

5.1 Les abords de forte densité favorisent certaines espèces d'auxiliaires

La nature des abords de parcelle influence de manière significative l'activité de certains arthropodes prédateurs et/ou parasitoïdes des mouches du genre *Delia*. Parmi les principales espèces de carabidés retrouvées dans les cultures de brassicacées, les espèces *P. cupreus* (sous-famille des *Pterostichinae*) et *P. rufipes* (sous-famille des *Harpalinae*) sont ainsi significativement plus actives ($P < 0,05$) dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité (haie bocagère, haie composite, lisière de bois...) que dans les parcelles « témoins ». Ce phénomène est observé dans 89% des cas étudiés en ce qui concerne *P. cupreus* ($n=8$) et 78% des cas étudiés en ce qui concerne *P. rufipes* ($n=8$) avec respectivement $4,4\pm 0,7$ et $5,5\pm 2,6$ fois plus d'individus piégés en moyenne dans le premier type de parcelles que dans le second (figure 5).

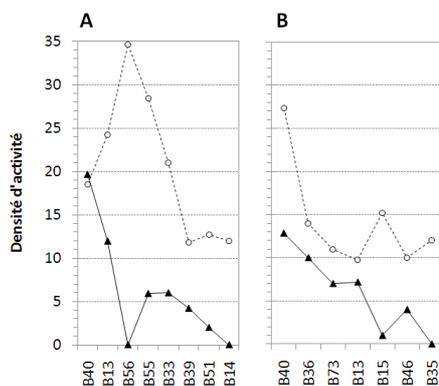


Figure 5 : Densité d'activité des populations de *Poecilus cupreus* (A) et de *Pseudoophonus rufipes* (B) mesurée à l'échelle du cycle de culture pour chaque couple de parcelle de brassicacées (seuls les couples dont la densité d'activité cumulée est supérieure à 10 ont été pris en compte). Bn : N° d'identification des couples de parcelles ; Points noirs : valeurs pour les parcelles bordées par des milieux naturels de forte densité (note DEXI comprise entre 7 et 10) ; Points blancs : valeurs pour les parcelles « témoins » (note DEXI comprise entre 0 et 3).

L'activité moyenne de *P. melanarius* (sous-famille des *Pterostichinae*) ainsi que celle des principales espèces de *Trechinae* retrouvées dans les cultures de brassicacées (*M. lampros* et *B. quadrimaculatum*) sont quant à elles respectivement $2,6\pm 1,1$ et $2,9\pm 1,0$ fois plus élevées dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité que dans les parcelles « témoins », mais la différence d'un type de parcelle à l'autre n'est pas significative (Figure 6). Ce phénomène n'est par ailleurs observé que dans 48% des cas étudiés en ce qui concerne *P. melanarius* ($n=20$) et dans 66% des cas étudiés en ce qui concerne la sous-famille des *Trechinae* ($n=24$). De la même façon, la présence de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de parcelle favorise l'activité des staphylin *A. bilineata* et *A. bipustulata* dans les cultures, mais cet effet n'est significatif que dans les

cultures de brocoli suivies dans le Finistère (nord et sud) et le Morbihan ($P < 0,05$; Figure 7). Dans ces cultures, l'activité d'*A. bilineata* et celle d'*A. bipustulata* sont respectivement $1,7 \pm 0,1$ et $3,4 \pm 0,9$ fois plus élevées en moyenne dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité que dans les parcelles « témoins ». Ce phénomène est par ailleurs observé dans 88% des cas étudiés en ce qui concerne *A. bilineata* ($n=8$) et 68% des cas étudiés en ce qui concerne *A. bipustulata* ($n=19$). Dans les cultures de radis et de navet suivies en Loire-Atlantique et dans le Loiret, l'activité de ces deux staphylinins n'est en revanche et respectivement que $1,1 \pm 0,2$ et $1,6 \pm 0,7$ fois plus élevée en moyenne dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité que dans les parcelles « témoins » et ce phénomène n'est observé que dans 30% ($n=10$) et 38% ($n=8$) des cas étudiés. Les activités d'*A. bilineata* et d'*A. bipustulata* mesurées dans les cultures de chou du Nord-Pas-de-Calais sont également équivalentes d'un type de parcelle à l'autre. Enfin, l'activité des araignées retrouvées dans les cultures de brassicacées n'est pas influencée de façon significative par la nature des abords de parcelle (Figure 8).

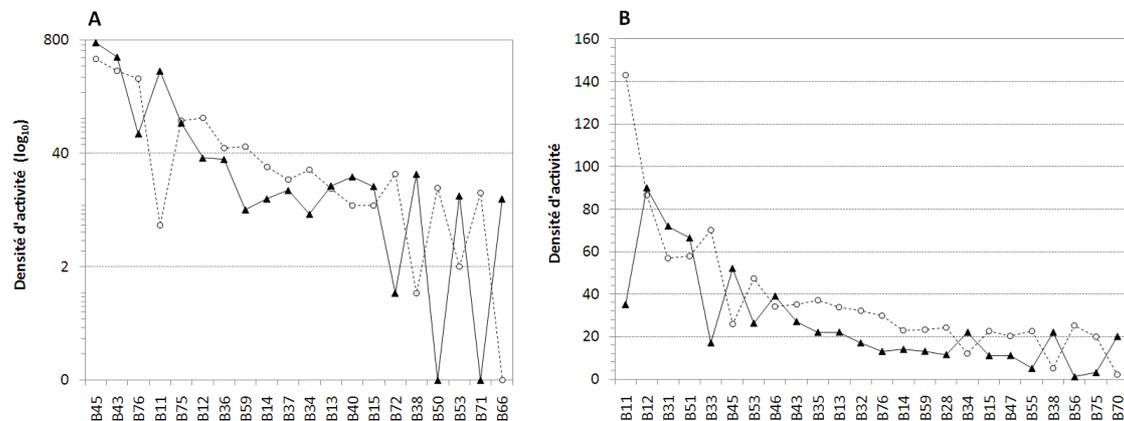


Figure 6 : Densité d'activité des populations de *Pterostichus melanarius* (A) et de *Trechinae* (B) mesurée à l'échelle du cycle de culture pour chaque couple de parcelle de brassicacées (seuls les couples dont la densité d'activité cumulée est supérieure à 10 ont été pris en compte). Bn : N° d'identification des couples de parcelles ; Points noirs : valeurs pour les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité (note DEXI comprise entre 7 et 10) ; Points blancs : valeurs pour les parcelles « témoins » (note DEXI comprise entre 0 et 3).

5.2 La nature des abords de parcelle n'influence pas significativement l'infestation des cultures par les mouches du genre *Delia*

5.2.1 Niveaux de ponte

Dans les conditions de production des cultures de brassicacées suivies dans le cadre du projet Biodivleg (itinéraire technique conventionnel), la nature des abords de parcelle n'influence pas de façon significative l'abondance des pontes de mouches du genre *Delia*, sauf peut-être en cas de forte pression de ravageurs (Figure 9A). En moyenne, le nombre d'œufs pondus par plante est toutefois $1,8 \pm 0,4$ fois plus élevé ($2,8 \pm 0,9$ fois plus dans les cas de forte pression de ravageurs) dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité que dans les parcelles « témoins » ($1,3 \pm 0,2$ fois plus dans les parcelles de chou du Nord-Pas-de-Calais, $1,8 \pm 1,4$ fois dans celles de radis ou de navet de Loire-Atlantique et du Loiret et $1,9 \pm 0,5$ fois plus dans celles de brocoli du Finistère et du Morbihan) mais ce phénomène n'est observé que dans 50% des cas étudiés ($n=22$).

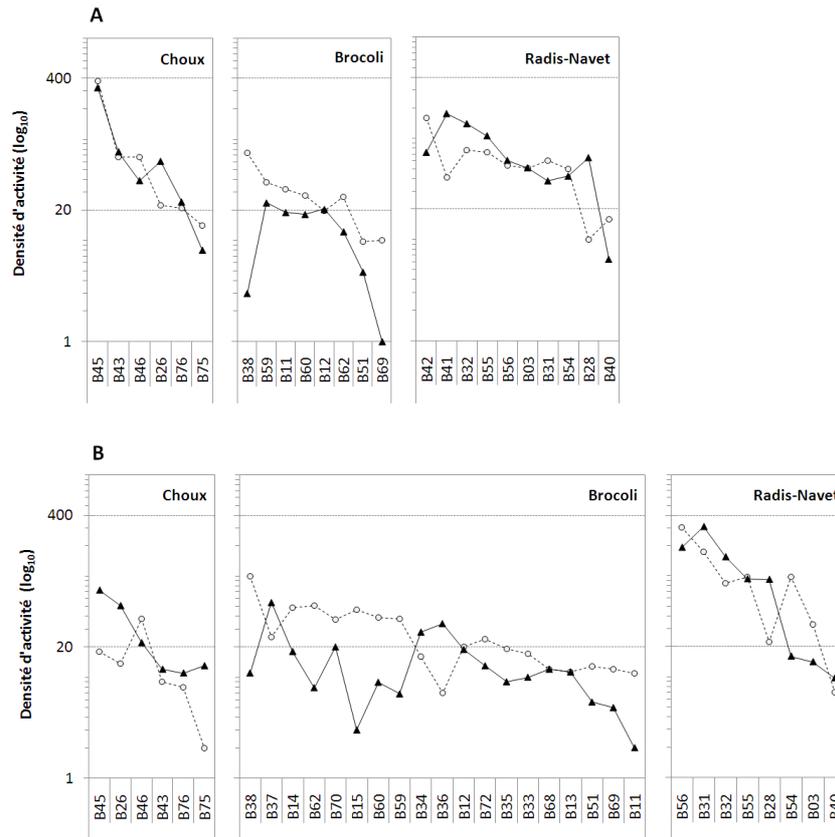


Figure 7 : Densité d'activité des populations d'*A. bilineata* (A) et d'*A. bipustulata* (B) mesurée à l'échelle du cycle de culture pour chaque couple de parcelle de brassicacées (seuls les couples dont la densité d'activité cumulée est supérieure à 10 ont été pris en compte). Bn : N° d'identification des couples de parcelles ; Points noirs : valeurs pour les parcelles bordées par des milieux naturels de forte densité (note DEXI comprise entre 7 et 10) ; Points blancs : valeurs pour les parcelles « témoins » (note DEXI comprise entre 0 et 3).

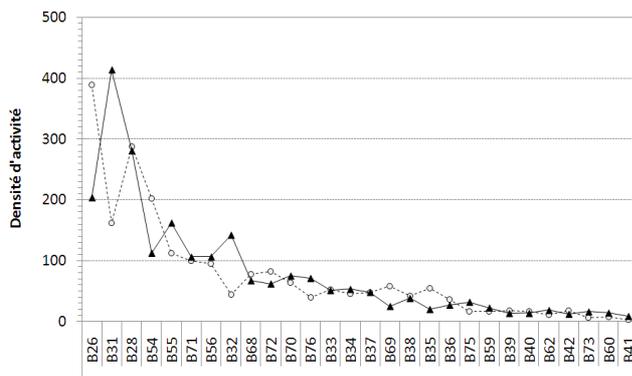


Figure 8 : Densité d'activité des populations d'araignées mesurée à l'échelle du cycle de culture pour chaque couple de parcelle de brassicacées (seuls les couples dont la densité d'activité cumulée est supérieure à 10 ont été pris en compte). Bn : N° d'identification des couples de parcelles ; Points noirs : valeurs pour les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité (note DEXI comprise entre 7 et 10) ; Points blancs : valeurs pour les parcelles « témoins » (note DEXI comprise entre 0 et 3).

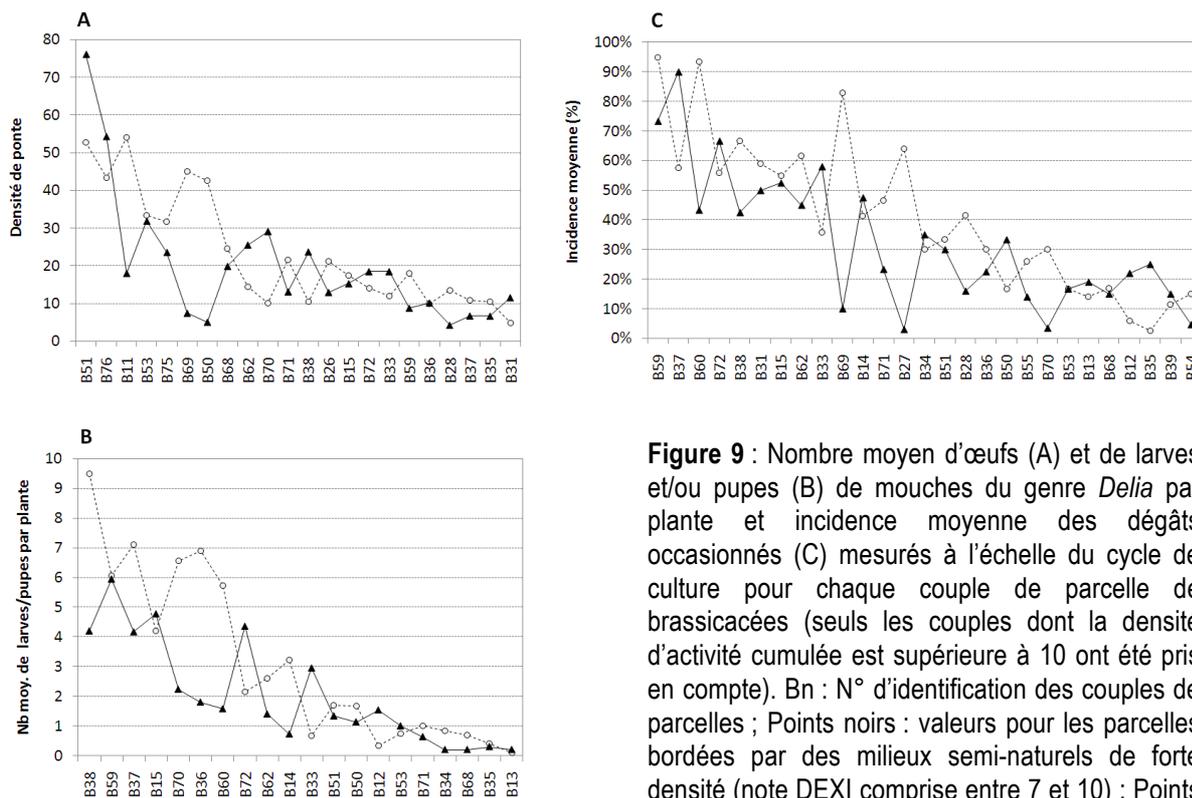


Figure 9 : Nombre moyen d'œufs (A) et de larves et/ou pupes (B) de mouches du genre *Delia* par plante et incidence moyenne des dégâts occasionnés (C) mesurés à l'échelle du cycle de culture pour chaque couple de parcelle de brassicacées (seuls les couples dont la densité d'activité cumulée est supérieure à 10 ont été pris en compte). Bn : N° d'identification des couples de parcelles ; Points noirs : valeurs pour les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité (note DEXI comprise entre 7 et 10) ; Points blancs : valeurs pour les parcelles « témoins » (note DEXI comprise entre 0 et 3).

5.2.2 Infestation des cultures

De la même façon que pour les pontes, la nature des abords de parcelle n'influence pas de façon significative le niveau d'infestation des cultures par les mouches, sauf peut-être là encore en cas de forte pression de ravageurs (Figure 9B). En moyenne, le nombre de pupes et/ou de larves par plante est ainsi $1,9 \pm 0,3$ fois plus élevé ($2,3 \pm 0,4$ fois plus dans les cas de forte pression de ravageurs) dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité que dans les parcelles « témoins » mais ce phénomène n'est observé dans 55% des cas ($n=20$).

5.2.3 Incidence des dégâts à la récolte

Comme pour les niveaux de pontes et d'infestation, la nature des abords de parcelle n'a pas d'effet significatif sur l'incidence des galeries de mouches dans la racine des plantes au moment de la récolte (Figure 9C). En moyenne, celle-ci est toutefois $2,5 \pm 0,8$ fois plus élevée dans les parcelles bordées par des milieux semi-naturels de forte densité que dans les parcelles « témoins », avec une hétérogénéité assez forte d'une culture et/ou d'un bassin de production à l'autre.

6. Agir sur les pratiques culturales pour amplifier le contrôle biologique

6.1 Des ennemis naturels mieux connus

Les travaux mis en œuvre dans le cadre du projet Biodivleg ont permis, à travers l'analyse d'un grand nombre de données collectées au sein de cultures de brassicacées (brocoli, radis, navet, chou pommé et chou de Bruxelles) réparties dans 6 régions de production différentes, d'approfondir les connaissances non seulement sur l'écologie des mouches du genre *Delia* et celle de leurs principaux ennemis naturels (carabidés, staphylins et araignées) mais aussi et surtout sur les relations qui existent entre leurs populations. Les résultats obtenus montrent ainsi que les périodes de pontes de mouches varient d'une région de production à l'autre, les plus précoces étant observées dans le Finistère nord (période généralement comprise entre les semaines n°18 et 21) et les plus tardives dans le Pas-de-Calais (période généralement comprise entre les semaines n°26 et 30). Dans chaque région de

production, les périodes de pontes tout comme par la suite les périodes d'infestation (périodes où les populations de mouches se trouvent sous forme de larves et de pupes) sont associées à des populations de carabidés plus ou moins actives dont la structure spécifique est souvent caractérisée par la présence de quelques sous-familles hégémoniques (*Pterostichinae*, *Trechinae* et/ou *Harpalinae* selon la région de production) voire de quelques espèces hégémoniques (*P. melanarius* dans les cultures de choux du Pas-de-Calais par exemple ou encore *P. rufipes* dans les cultures de brocoli d'automne du Finistère sud). Parmi celles-ci, certaines ont une activité particulièrement intense au printemps (*P. cupreus*) ou bien en été (*P. melanarius*) voire en automne (*P. rufipes*). D'autres en revanche ont une activité relativement stable du printemps à l'automne (*M. lampros*, *B. quadrimaculatum*). Les périodes de pontes de mouches sont également associées à des populations de staphylins dont l'activité et la structure spécifique varie d'une région de production à l'autre, les plus fortes proportions d'espèces du genre *Aleochara* étant observées dans les cultures de radis ou de navet de Loire-Atlantique et du Loiret ainsi que dans les cultures de choux du Pas-de-Calais. D'une façon générale, les espèces du genre *Aleochara* ont une activité plutôt estivale même si elles sont généralement présentes dans les cultures dès le début du printemps.

6.2 Des prédateurs d'œufs à favoriser

Parmi les espèces de carabidés et de staphylins retrouvées dans les cultures de brassicacées, seul le staphylin *A. bipustulata* semble se comporter comme un auxiliaire dit de « protection » vis-à-vis des mouches du genre *Delia* (tout comme les araignées dont les espèces principales n'ont pas été identifiées dans le projet). Les résultats obtenus dans le cadre du projet Biodivleg suggèrent en effet que ce staphylin exerce une action de prédation rapide et significative à l'endroit des œufs de mouches qu'il consommerait dès les premières pontes. Ce comportement présente un intérêt direct pour la production (i) dans la mesure où l'action d'*A. bipustulata* intervient avant la pénétration des larves dans la racine des plantes (et par conséquent avant l'apparition des dégâts) et (ii) dans la mesure où le nombre moyen d'œufs pondus par plante est corrélé positivement avec l'incidence des dégâts à la récolte (Figure 10). Dans une optique de contrôle biologique des populations de mouches par conservation des habitats, *A. bipustulata* est donc une espèce qu'il faut chercher à favoriser en priorité. Les carabidés de la sous-famille des *Trechinae* (*M. lampros* et *B. quadrimaculatum* essentiellement) et ceux de la sous-famille des *Harpalinae* (*P. rufipes* et *Harpalus* sp. essentiellement) exercent également une action de prédation intéressante vis-à-vis des œufs de mouches du genre *Delia*, mais les résultats obtenus suggèrent que leur intervention est relativement tardive et qu'elle n'est effective qu'à partir d'un certain niveau de ponte. Ces espèces de carabidés, qui semblent se comporter dans les cultures comme des auxiliaires de nettoyage, peuvent présenter un intérêt direct pour la production s'ils viennent en relais à l'action du staphylin *A. bipustulata*.

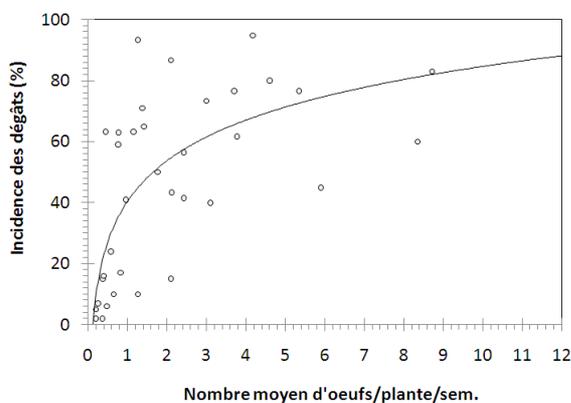


Figure 10 : Corrélations entre l'abondance des pontes de mouches du genre *Delia* mesurée pendant la période d'oviposition et l'incidence des dégâts à la récolte.

Dans les conditions culturales des parcelles suivies dans le projet Biodivleg (itinéraire technique conventionnel), l'action de ces prédateurs d'œufs demeure toutefois insuffisante pour réduire significativement l'infestation des cultures par les mouches, l'incidence des dégâts à la récolte n'étant corrélée ni avec l'activité d'*A. bipustulata* ni avec celle des *Trechinae* ou des *Harpalinae* pendant les périodes d'oviposition. Il est possible que cette action n'ait un effet significatif sur le rendement commercial qu'à partir d'un certain équilibre entre l'abondance des œufs de mouches et celle de leurs prédateurs, qui reste à définir et qui n'est sans doute pas atteint dans le contexte des parcelles échantillonnées. Les résultats obtenus montrent que la mise en place ou la conservation de milieux semi-naturels de forte densité (haies bocagères ou composites, lisières de bois...) en bordure de parcelle permettrait d'amplifier l'activité des carabidés *P. rufipes* (sous-famille des *Harpalinae*) et en bien moindre mesure celle d'*A. bipustulata* dans les cultures, sans y favoriser en parallèle le développement des populations de mouches (sauf peut-être en cas de forte pression de ravageurs). Dans les conditions de production des parcelles échantillonnées, cette pratique agro-écologique ne semble cependant pas suffire à elle seule pour augmenter de façon significative la prédation des œufs de mouches et garantir par conséquent un rendement commercial satisfaisant. Il est très probable que la mise en place de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de parcelle jouant un rôle de « réservoir d'ennemis naturels » doit être complétée par la mise en œuvre de techniques de production favorisant d'une part la diffusion précoce des prédateurs dans les cultures (diffusion de molécules attractives, introduction de proies alternatives ou d'œufs de mouches stériles juste avant les périodes de pontes voire mise en place de cultures associées susceptibles de favoriser les flux de populations des abords vers le centre des cultures...) et permettant d'autre part un accroissement rapide et sans entrave de leurs effectifs (utilisation d'insecticides sélectifs de la faune auxiliaire, lâchers artificiels d'individus supplémentaires, adaptation des techniques de travail du sol...).

6.3 Des prédateurs et/ou parasitoïdes de larves et/ou de pupes à préserver

Le staphylin *A. bilineata* ainsi que certaines espèces de carabidés appartenant à la sous-famille des *Pterostichinae* (*P. melanarius* et en moindre mesure *P. cupreus*) exercent une action de prédation et/ou de parasitisme significative vis-à-vis de leurs larves et/ou de leurs pupes. C'est également le cas du staphylin *A. bipustulata*, déjà prédateur d'œufs de mouches du genre *Delia*. Bien qu'ils n'interviennent qu'après la formation des dégâts dans la racine des plantes, tous ces auxiliaires présentent un intérêt indirect et à long terme pour la production, dans la mesure où ils contribuent à réduire le potentiel d'infestation d'une année sur l'autre (en limitant l'émergence de nouveaux individus, ils contiennent l'accroissement interannuel des populations de mouches). L'analyse des taux de parasitisme mesurés dans quelques parcelles du réseau Biodivleg suggère que les staphylins *A. bipustulata* et en moindre mesure *A. bilineata* se comportent plutôt en parasitoïdes de larves et/ou de pupes de mouches qu'en prédateurs alors que c'est l'inverse pour les carabidés de la sous-famille des *Pterostichinae*. L'ampleur de leur action, qui vient le plus souvent en complément de celle de l'hyménoptère *Trybliographa rapae* (voire dans certains cas d'hyménoptères de la famille des *Ichneumonidae* ou de diptères de la famille des *Bibiodinae*) varie toutefois selon les régions de production.

Comme c'est le cas pour le carabidé *P. rufipes* et le staphylin *A. bipustulata*, la présence de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de parcelle favorise l'activité de *P. cupreus* et en moindre mesure celle d'*A. bilineata* mais n'a aucun effet sur les populations de *P. melanarius*. Ce regain d'activité n'a toutefois pas d'effet significatif sur l'intensité des phénomènes de prédation et par conséquent sur le niveau d'infestation des cultures, ce qui suggère là encore que le rôle de « réservoir d'ennemis naturels » joué par les abords de parcelle de forte densité doit être complété par la mise en œuvre d'actions favorisant la diffusion et le développement des prédateurs dans les cultures. Il est par contre probable que la présence de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de parcelle favorise le parasitisme des larves et/ou des pupes de mouches, mais cette hypothèse n'a pas pu être vérifiée faute de données suffisantes.

7. Nouveaux enjeux techniques et méthodologiques

Les résultats obtenus dans le cadre du projet Biodivleg pourront être mis à profit par les techniciens agricoles et les producteurs de brassicacées pour gérer les systèmes de culture de façon à limiter les pullulations de mouches du genre *Delia* et améliorer par conséquent l'efficacité des moyens de protection mis en œuvre. L'action des prédateurs d'œufs de mouches doit ainsi être favorisée, l'ampleur des dégâts à la récolte étant directement corrélée avec l'intensité des pontes. L'action des prédateurs et/ou parasitoïdes de larves et/ou pupes de mouches ne doit pas non plus être négligée dans la mesure où elle contribue à réguler les populations de mouches sur le long terme. Si la conservation ou la mise en place de milieux semi-naturels de forte densité en bordure de parcelle favorise l'activité de certains prédateurs et/ou parasitoïdes, cette pratique ne suffit néanmoins pas à elle seule pour amplifier de façon significative les processus de régulation naturelle des populations de mouches dans les cultures. Elle doit ainsi et nécessairement être complétée par la mise en œuvre de techniques culturales favorisant la diffusion et l'action des ennemis naturels au sein-même des cultures. Ces techniques, dont la mise au point et l'évaluation pourront faire l'objet de projets ultérieurs, pourront faire appel à l'écologie chimique (diffusion de molécules attirant des prédateurs et/ou parasitoïdes ciblés), à l'entomologie (épandage d'œufs de mouches stériles, lâchers d'auxiliaires) ou encore à l'agronomie (association de cultures). Enfin, le développement de méthodologies reposant sur l'utilisation de technologies innovantes et performantes (biologie moléculaire) permettrait d'étudier de façon plus approfondie les phénomènes de prédation observés dans les cultures, dont l'intensité influence directement la qualité du produit final et le rendement commercial. C'est dans cette étape méthodologique cruciale que réside l'enjeu, majeur, des travaux à venir.

Références bibliographiques

- Altieri M.A., Letourneau D.K., 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- Altieri M.A., Nicholls C.I., 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Food Products Press, 236 p.
- Dajoz R., 2002. Les Coléoptères Carabidés et Ténébrionidés : écologie et biologie. Ed. TecDoc, 522p.
- Holland J.M., 2002. The agroecology of carabids beetles. Intercept, Andover, 356 p.
- Langlet X., 1997. Les *Aleochara* prédateurs et parasitoïdes associés à *Delia radicum*. Caractérisation des espèces, biologie et prédation. Thèse de doctorat, 130 p.
- Le Roux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.P., Trommetter M. (éditeurs), 2008. Agriculture et biodiversité, valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA, 113 p.
- Marshall E.J.P., Moonen A.C., 2002. Fields margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89, 5-21.
- Meek B., Loxton D., Sparks T., Pywell R., Pickett H., Nowakowski M., 2002. The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. *Biological Conservation* 106, 259-271.
- Pfiffner L., Luka H., 2003. Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders - A paired farm approach. *Basic Appl. Ecol.*, 4, 1117-127.
- Pollard E., 1968. Hedges IV. A comparison between the carabidae of a hedge and field site and those of a woodland glade. *Journal of Applied Ecology* 5, 649-657.
- Scherrer B., 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin Editeur, 850p.
- Schmidt M.H., Lauer A., Purtauf T., Thies C., Schaefer M., Tschardtke T., 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the royal society of London, Series B, Biological Sciences* 270, 1905-1909.

Tscharntke T., Bommarco R., Clough Y., Crist T.O., Kleijn D., Rand T.A., Tylianakis J.M., Nouhuys S. van, Vidal, S., 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 43, 294-309.

Van Emden H.F., 1965. The effect of uncultivated land on the distribution of cabbage aphid on an adjacent crop. *Journal of Applied Ecology* 2, 171-196.