

ECOLE SUPERIEURE D'AGRICULTURE
55, rue Rabelais - B.P. 748 ADRESSE
49007 ANGERS CEDEX 01
TEL. : 02.41.23.55.55

ARVALIS INSTITUT DU VEGETAL
Station expérimentale
91 720 BOIGNEVILLE
Maître de stage : Delphine Bouttet

Suivi des auxiliaires invertébrés épigés :

Comparaisons de protocoles sur l'essai système longue durée du site de la Motte
(Chaussy, Val d'Oise)



Mémoire de Fin d'Etudes
Promotion 111

Date : 06/09/2013

PLESSIX Ségolène
Elève Ingénieur ESA

Patron du mémoire : Joséphine Pithon

MOTS clefs : « Auxiliaires des cultures, lutte biologique, Carabidae, Araneae, Staphylinidae»

Résumé d'auteur

Bibliographical note

AUTHOR : PLESSIX Sérolène

CLASS : 111

Reporting report : Monitoring beneficial epigaeic invertebrates:

Comparisons of protocols on long term test of the site “La Motte” (Chaussy, Val d’Oise)

Keys words : Beneficial ground invertebrates, biocontrol, Carabidae, Aranea, Staphylinidae

INDICATIVE PLAN	<p>Introduction</p> <p>Problematic and objectives</p> <p>Methodology</p> <p>Results and discussion</p> <p>Conclusion</p>
GOALS OF THE STUDY	The aim of this project, integrated into the programm AuxiMORE (2012-2014) was to get some answers about the possible loss of information caused by simplifying monitoring methods. More specifically, the objective was to evaluate the ability of plank to recreate tendency of responses of soil-dwelling invertebrates communities comparable to those sampled in pitfall traps. The implementation of these monitoring protocols allowed making a point of beneficial and pest invertebrates on the long-term test of “La Motte”.
METHODOLOGY	Several methodologies for monitoring auxiliary field crops have been tested and evaluated on eight fields of the long term test of “La Motte” (Northwest Paris) and six fields in Boigneville (South Paris).
RESULTS	Ground beetles, spiders, rove beetles and click beetles showed higher abundances ¹ in the pitfall traps than in plank. Only slugs showed similar abundances between the two types of traps tested. Group richness of ground beetles ² was higher in pitfall traps than in plank. Finally, analyses testing results from planks and pitfall traps separately led to different conclusions in most cases.
CONCLUSIONS	Barber traps and plank don't discriminate same way sites and position of traps in the field in most cases. Plank doesn't seem suitable to follow biodiversity in agricultural areas.

¹ The abundance identifies the number of individuals of a species at a given spatial and temporal scale. A strongly identified species will be strongly present and / or highly mobile, also known activity-density.

² It's the number of groups of ground beetles identified in a given spatial and temporal scale. Groups of ground beetles are those of the simplified classification proposed in the CASDAR AuxiMORE.

Notice Bibliographique

AUTEUR : PLESSIX Ségolène

PROMOTION : 111

Signalement du rapport :

Suivi des auxiliaires invertébrés épigés : comparaisons de protocoles sur l'essai système longue durée du site de la Motte (Chaussy, Val d'Oise)

MOTS clefs : « Auxiliaires des cultures, lutte biologique, Carabidae, Araneae, Staphylinidae»

PLAN	Introduction
INDICATIF	Problématique et objectifs Matériel et méthode Résultats et discussion Conclusion
BUTS DE L'ETUDE	Ce projet, intégré dans le programme AuxiMORE (Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural 2012-2014) visait à amener des éléments de réponses sur les pertes éventuelles d'informations engendrées par une simplification des protocoles. Plus spécifiquement, l'objectif était d'évaluer la capacité des planches à invertébrés terrestres à retranscrire des tendances de réponses des communautés d'invertébrés comparables à celles des pièges Barber. La mise en place de ces différents protocoles de suivi a permis de faire un point des auxiliaires et des ravageurs sur l'essai système de la Motte.
METHODES ET TECHNIQUES	Plusieurs méthodologies de suivi des auxiliaires en système de grandes cultures ont été testées et évaluées sur les 8 parcelles de l'essai système de la Motte à Villarceaux (95), ainsi que sur 6 parcelles à Boigneville (91).
RESULTATS	Les carabes, les araignées, les staphylins et les taupins ont présenté des abondances ³ plus élevées au sein des Barber que des planches à invertébrés terrestres. Seules les limaces n'ont pas présenté d'abondance différente entre les deux types de pièges testés. La richesse en groupe de carabes ⁴ a aussi été plus élevée au sein des Barber que des planches. Enfin, les analyses testant les résultats issus des planches et des Barber séparément ont abouti à des conclusions différentes dans la majorité des cas.
CONCLUSIONS	Les Barber et les planches à invertébrés ne permettent pas de discriminer de la même façon les sites et les positions des pièges au sein de la parcelle dans la majorité des cas. Les planches ne semblent donc pas adaptées pour effectuer des suivis de biodiversité en milieu agricole.

³L'abondance recense le nombre d'individus, pour une espèce, à une échelle spatiale et temporelle donnée. Une espèce fortement relevée sera fortement présente et/ou fortement mobile, on parle aussi d'activité-densité.

⁴ La richesse en groupe de carabes est le nombre de groupes de carabes recensés à une échelle spatiale et temporelle donnée. Les groupes de carabes sont ceux de la classification simplifiée proposée dans le cadre du CASDAR AuxiMORE.

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement l'ensemble des personnes qui m'ont suivi de près ou de loin tout au long de ces deux ans d'apprentissage chez Arvalis Institut du Végétal : Delphine Bouttet, Jean-François Garnier, Nathalie Chalmette, Stéphane Porrez, Fabrice Rousseau, Marion Bouviala, Clotilde Toqué, Véronique Tosser, Afsaneh Lellahi, Marion Pottier, Catherine Vacher, Patrick Retaureau, Lionel Jouy, Julie Maillet-Mezeray, Raphaël Ducerf, Pierre Taupin, Jean-Baptiste Thibord, Bruno Lauga, Florent Duyme et François Piraux. L'ensemble de connaissances apportées par ces différents intervenants m'a permis de m'améliorer dans une diversité de domaines et de réaliser cet apprentissage dans de très bonnes conditions.

Un grand merci à Françoise Lassere-Joulin (enseignant-chercheur à l'UMR INRA-ENSAIA-INPL de Nancy), Régis Wartelle (Chambre d'Agriculture régionale de Picardie et en charge du CASDAR AuxiMORE), Jean-David Chapelin-Viscardi (entomologiste au Laboratoire d'Eco-Entomologie d'Orléans) et Joséphine Pithon-Rivallain (enseignant-chercheur à l'Unité Paysage & Ecologie Agrocampus Ouest-ESA) pour leur encadrement tout au long de ce stage.

Enfin, je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe de la Bergerie de Villarceaux, et tout particulièrement Olivier Ranke, le gérant de l'exploitation agricole ainsi que les salariés de l'exploitation, Emmanuel Boucher et Maxime Douilly. Un grand merci aussi à Baptiste Sanson et Guyonne de Lépinau pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé dans les bureaux du Centre d'Ecodéveloppement de Villarceaux tout au long de ces deux ans d'apprentissage.

Table des matières

Contenu

Introduction	1
I) Un besoin en méthodologies de suivi des auxiliaires et des ravageurs des cultures en essai système	3
II) Mise en place de protocoles de suivi des ravageurs et des auxiliaires des cultures : Acquis et éléments à prendre en compte	6
A) Quels organismes suivre ?	6
B) Quels indicateurs de diversité pour les invertébrés ?	11
C) Simplifier les protocoles de suivi de la biodiversité auxiliaire : Quels acquis ? Quelles attentes ?	12
1) Voies envisageables pour alléger les protocoles	12
2) Risques associés à l'allègement des protocoles	14
III) Matériel et méthode	17
A) Protocoles de piégeage pour les terricoles épigés	20
1) Piège Barber.....	20
2) Plaques Invertébrés Terrestres de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité	21
B) Tri et identification.....	23
1) Identification « élaborée »	23
2) Identification « Simplifiée »	23
C) Analyses prévues.....	25
3) L'inventaire auxiliaire et ravageur de l'essai système de la Motte(95).....	25
4) Comparaison des résultats issus des planches et des pots Barber	25
5) Etude des résultats issus des planches et des pots Barber pris séparément	26
6) Les analyses statistiques	26
VI) Résultats et discussion.....	28
A) Espèces échantillonnées sur le site de la Motte	29
B) Comparaison des résultats issus des planches et des pots Barber	33
1) Déclinaison de l'étude pour les principaux auxiliaires et ravageurs	33
2) Déclinaison de l'étude pour chacun des groupes échantillonnés	36
C) Etude de chacun des types de pièges séparément	46
D) Perspectives.....	51
1) Pistes d'amélioration et de poursuites des travaux sur les types de pièges	51

2) Autres aspects de la simplification des protocoles	52
IV) Conclusion.....	54
Bibliographie	57

Sigles et abréviations

AGPM technique : Institut technique européen du maïs

ACP : Analyse en composantes principales

AB : Agriculture Biologique

CASDAR : Compte d’Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural

CBD : Convention sur la Diversité Biologique

ITCF : Institut Technique des Céréales et des Fourrages

MNHN : Muséum National d’Histoire Naturelle

OAB : Observatoire Agricole de la Biodiversité

OPIE : Office Pour les Insectes et leur Environnement

RBA : Rapid Biodiversity Assesment

RS: Richesse spécifique

Introduction

En plus de constituer notre patrimoine naturel vivant, la biodiversité⁵ apporte de nombreux services écologiques (Altieri, 1999) ou écosystémiques (tels que la pollinisation ou le contrôle biologique). La spécialisation des productions agricoles enclenchée le siècle dernier a contribué à diminuer les services fournis par la biodiversité fonctionnelle⁶ au profit de la productivité (Duelli, 1997 ; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Ce constat a favorisé l'émergence et le développement d'actions visant à mieux prendre en compte la biodiversité fonctionnelle dans les systèmes de productions agricoles. Plus spécifiquement, la biodiversité auxiliaire intéresse le monde agricole pour son action régulatrice (Dron, 2002). Elle comprend les prédateurs et les parasitoïdes⁷ des ravageurs des cultures, c'est-à-dire des espèces qui s'attaquent aux plantes cultivées ou qui sont vectrices de maladies pour ces dernières (INRA - HYPPZ). Cette partie de la biodiversité pourrait participer à trouver des solutions complémentaires et/ou alternatives aux insecticides pour gérer les bioagresseurs des cultures. C'est la voie explorée par la méthode de la lutte biologique, qui se base sur l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs (Boller *et al.*, 2004). Elle repose sur trois stratégies majeures : l'introduction-acclimatation d'espèces auxiliaires exotiques, les lâchers inondatifs et/ou répétitifs et la préservation et la valorisation d'auxiliaires indigènes (Ferron, 1999). En plein champ, c'est préférentiellement la dernière option qui est visée.

Cette méthode, appelée lutte biologique par conservation, passe par une meilleure connaissance des ravageurs, des auxiliaires et de leurs interactions. Ces informations s'acquièrent par des suivis de terrain, souvent longs et coûteux. Pour ces raisons, l'idée de proposer des suivis simplifiés séduit, notamment les organismes de recherche et de développement agricole. Plusieurs d'entre eux se sont réunis autour d'un projet commun : le programme AuxiMORE (Compte d'Affectation Spécial pour le Développement Agricole et Rural 2012-2014), qui vise à optimiser le contrôle biologique des bioagresseurs en système de grandes cultures. Ce programme souhaite, entre autres, apporter des éléments de réponse sur les pertes éventuelles d'informations engendrées par une simplification des protocoles de suivis des auxiliaires des cultures. C'est sur ce volet qu'Arvalis Institut du Végétal s'est impliqué pour cette saison de suivi. L'essai système de la Motte (Chaussy, Val d'Oise) suivi

⁵ La biodiversité comprend la variabilité des organismes vivants de toutes origines y compris les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie. Cette notion englobe la diversité génétique au sein des espèces, entre espèces ainsi que celle des écosystèmes (Johnson, 1993). La biodiversité peut ensuite être décomposée selon sa composition, sa structure ou encore sa fonctionnalité (Noss, 1990).

⁶ Partie de la biodiversité qui est d'une utilité immédiate pour l'agriculteur (Boller *et al.*, 2004)

⁷ Les insectes parasitoïdes sont des organismes dont les larves se développent en se nourrissant d'autres arthropodes (leurs hôtes), en général des insectes. L'activité alimentaire de la larve du parasitoïde conduit à la mort de l'hôte.

au cours de ces deux ans d'apprentissage au sein de l'institut, a semblé être un support intéressant pour avancer sur ces questions. Plusieurs méthodologies de suivi des auxiliaires en système de grandes cultures ont donc été testées et évaluées sur les 8 parcelles de l'essai, ainsi que sur 6 parcelles à la station expérimentale (Boigneville, Essonne). Ce suivi a permis d'effectuer un premier point sur les ravageurs et les auxiliaires du site de la Motte.

Le rapport va débuter par une présentation du contexte, des enjeux et des objectifs de ce projet. Une étude bibliographique permettra ensuite d'établir un état des connaissances et acquis en termes de méthodologies de suivis des auxiliaires terricoles épigés en plein champ. Ensuite, après avoir développé l'ensemble des hypothèses à traiter, la méthodologie appliquée pour cette étude sera exposée. Les résultats seront présentés puis discutés.

I) Un besoin en méthodologies de suivi des auxiliaires et des ravageurs des cultures en essai système

Un essai système produit des références techniques, économiques et environnementales en testant et en comparant des systèmes de culture⁸ conduits par des règles de décision. Il se distingue d'un essai factoriel classique : il ne teste pas un ou deux facteurs isolés toutes choses égales par ailleurs, mais un ensemble de facteurs, raisonnés en cohérence les uns avec les autres.

L'essai de la Motte est un essai de ce type. C'est un système biologique céréalier sans élevage, suivi depuis 2003 par Arvalis Institut du Végétal, un institut de recherche et de développement agricole géré et financé par des agriculteurs. L'essai de la Motte se situe à la Bergerie de Villarceaux, à Chaussy (95) (*cf. figure 1*). Ce domaine est la propriété de la Fondation Charles Léopold Meyer pour le Progrès de l'Homme (FPH⁹). L'EARL du Chemin neuf est en charge du suivi des opérations culturales sur les 8 parcelles d'environ 8 hectares de l'essai (*cf. figure 2*).

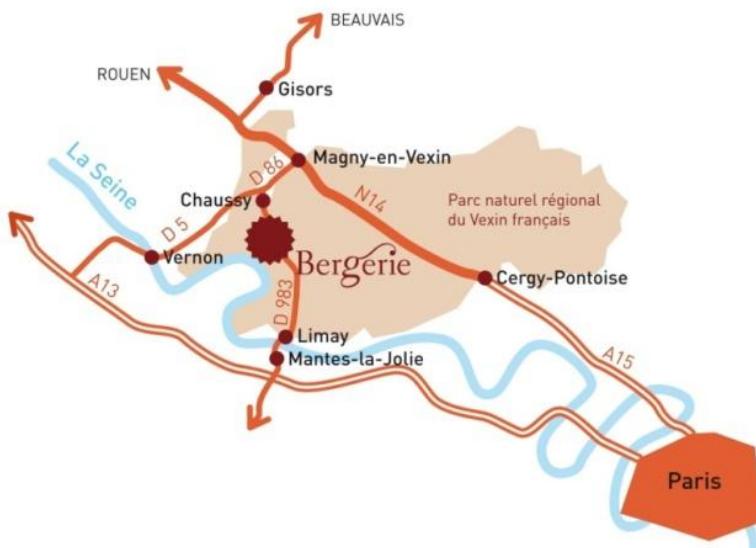


Figure 1: Plan d'accès de l'essai de la Motte à la Bergerie en Chaussy (95)

⁸Système de culture = ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur une parcelle ou un ensemble de parcelles agricoles traitées de manière identique dans un contexte pédoclimatique donné. Chaque système de culture se définit par : la nature des cultures et leur ordre de succession, les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures (Sébillote, 1993).

⁹<http://www.fph.ch/>

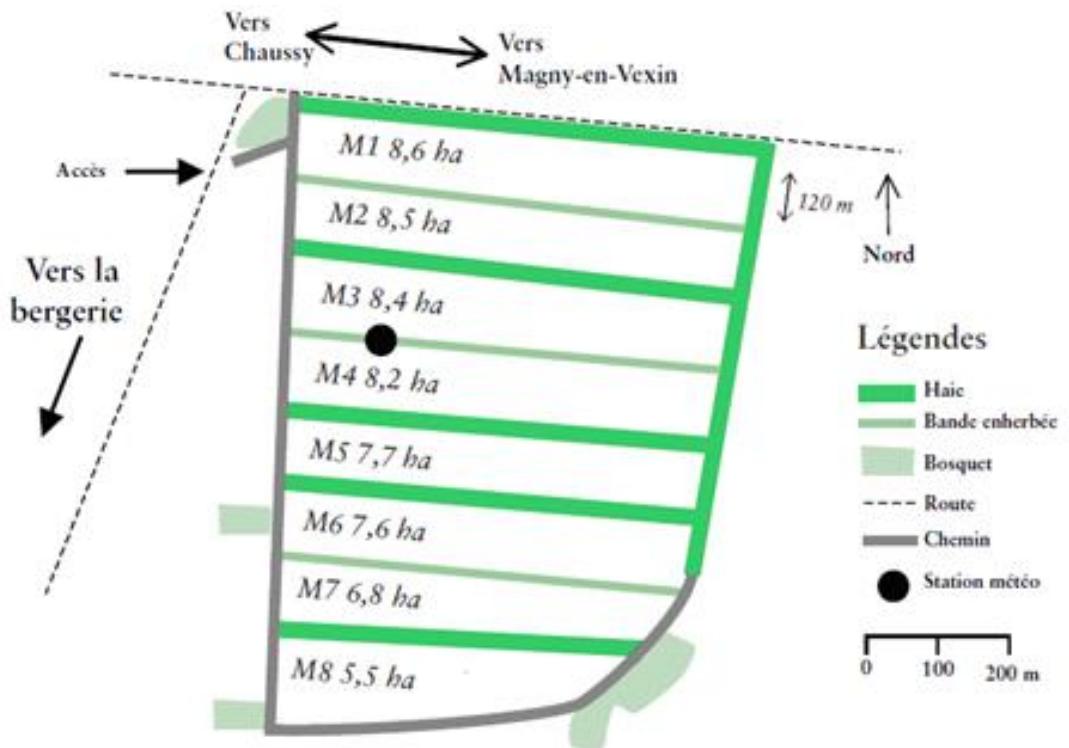


Figure 2: Plan de l'essai système de la Motte à Chaussy (95)

Les parcelles de l'essai mesurent 120 mètres de large et sont séparées par des bandes enherbées ou des haies. Une rotation de 8 ans est mise en place (*cf. figure 3*), tous les termes de la rotation sont présents chaque année. Les sols ont fait l'objet d'une caractérisation à la mise en place du dispositif. Une classification en 4 catégories de structure a pu être proposée (Lubac., 2003). Les sols des parcelles Motte 1 à Motte 5 correspondent à des limons moyens battants (environ 14% d'argile), avec une roche mère qui peut être à plus de 80 cm de profondeur. Les parcelles Motte 6 à Motte 8 présentent des types de sols allant du limon moyen au limon argileux profond avec des teneurs en argile de l'ordre de 17-18 %. Un certain nombre de relevés (météorologique¹⁰, floristiques...) et d'informations (pratiques culturales¹¹) sont compilés et exploités chaque année dans le cadre du suivi classique de l'essai.

¹⁰ Le dispositif dispose d'une station météorologique gérée par Arvalis Institut du Végétal.

¹¹ L'ensemble des pratiques culturales mises en place sont enregistrées depuis 2003 sous le logiciel SYSTERRE. SYSTERRE est un outil de saisie des pratiques culturales et de calcul d'indicateurs économiques, techniques et environnementaux. C'est aussi une base de données mise à disposition de partenaires de la recherche et du développement.

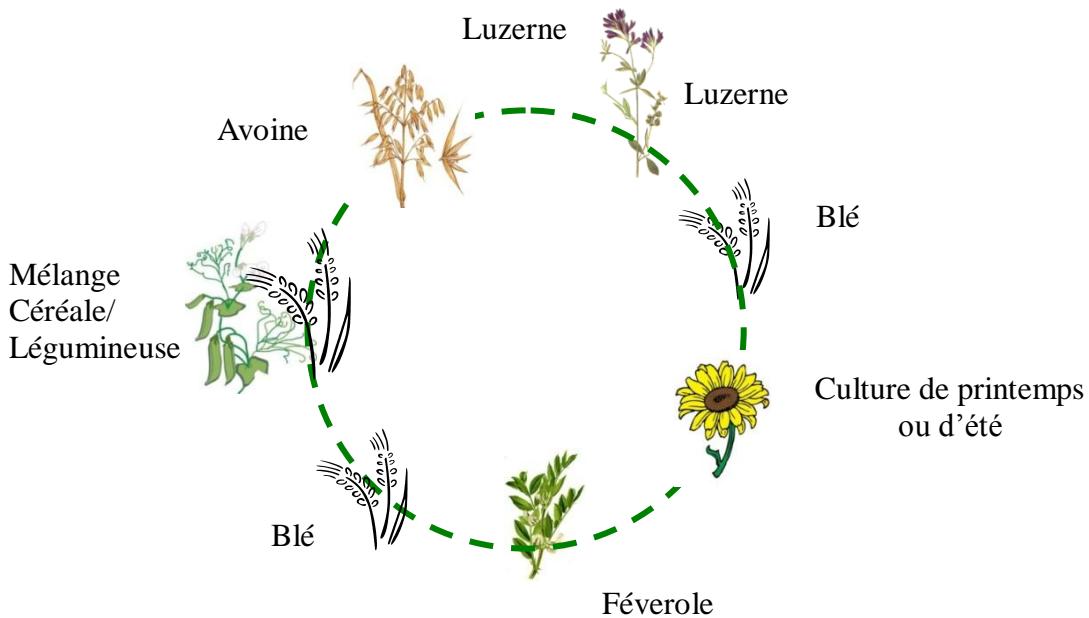


Figure 3: Rotation appliquée sur l'essai système de la Motte

L'essai fait partie du réseau RotAB, qui a fait l'objet d'un programme CASDAR (2008-2010) autour d'une problématique commune : "Peut-on construire des rotations et assolements qui limitent les impacts environnementaux tout en assurant une viabilité économique de l'exploitation?"

Dans le cadre de ce réseau, la biodiversité a été peu abordée comparativement aux questions de fertilité et d'enherbement pour lesquelles des protocoles sont déjà mis en place. Le souhait d'élargir les suivis à de nouvelles thématiques, notamment à celle de la biodiversité auxiliaire, a entraîné un besoin en méthodologies applicables à l'échelle d'un essai système sur ces questions. Très vite, il a semblé pertinent d'intégrer un projet en cours du programme CASDAR AuxiMORE (2012-2014), à savoir « Généraliser l'évaluation par des outils simplifiés ». Ce CASDAR vise à optimiser le contrôle biologique des bioagresseurs en systèmes de grandes cultures. L'objectif est d'améliorer les connaissances et les outils de suivi et de conseils à destination des agriculteurs. La Chambre Régionale d'Agriculture de Picardie, en charge du programme, est épaulée par plusieurs organismes de développement, de recherche, d'enseignement ou encore de partenaires techniques et d'experts.

De part son implication dans le programme CASDAR AuxiMORE, ce projet a été mené en synergie avec d'autres essais, dont ceux du site de Boigneville (Arvalis Institut du Végétal, Essonne) pour lequel un autre stage de fin d'étude a été effectué. L'objectif commun de ces différents suivis était **d'étudier les pertes d'informations éventuelles induites par des protocoles simplifiés**. A l'issue du programme du Casdar AuxiMORE (2014), l'objectif sera d'évaluer si les différentes voies de simplification des protocoles permettent de discriminer de la même façon que dans les suivis dits « élaborés », l'effet d'une pratique culturelle, d'un aménagement (haie, bande enherbée...) ou encore du paysage sur les communautés d'invertébrés.

La campagne de suivi a également permis de faire un point auxiliaire et ravageur sur l'essai système de la Motte. L'objectif n'était pas, à l'issue de cette année de piégeage, de faire un lien direct entre la présence d'auxiliaires et la régulation qu'ils peuvent exercer sur les populations de ravageurs, mais bien de compiler des données qui pourront, à terme, permettre d'avancer sur ces questions.

II) Mise en place de protocoles de suivi des ravageurs et des auxiliaires des cultures : Acquis et éléments à prendre en compte

Cette partie bibliographique visait à avancer sur les ravageurs potentiellement problématiques au sein de la rotation de l'essai de la Motte et les organismes auxiliaires liés. L'autre objectif était de faire un état des indicateurs de diversité des invertébrés disponibles pour comparer les communautés présentes sur différentes parcelles et/ou sites. Pour finir, l'enjeu était d'apporter des éléments sur les voies possibles de simplification des protocoles et les attentes actuelles sur le sujet.

A) Quels organismes suivre ?

Identifier les auxiliaires à suivre implique de s'être intéressé en amont aux ravageurs potentiels des cultures étudiées. Le tableau 1 fait une synthèse bibliographique des ravageurs potentiellement nuisibles sur les cultures de la rotation suivie. A ce jour, aucun suivi des ravageurs n'a été mené sur les parcelles de l'essai système de la Motte. Cependant, à dire de techniciens locaux, les limaces seraient problématiques certaines années « L'arrivée de limaces est un effet strictement annuel, lié aux conditions climatiques, comme cette année. C'est aussi lié au type de parcelles. » (Yves Moriot, technicien grandes cultures, Chambre d'Agriculture du Val d'Oise et David Herman, Bureau agronomie environnement, Chambre d'Agriculture de l'Ile de France, 2013, communications personnelles). Autre ravageur problématique, le taupin : « Depuis 3-4 ans, il semble prendre de l'ampleur de manière diffuse. Je retrouve plus de tâches dans les parcelles, bien que je ne les ai pas quantifié » (Yves Moriot, technicien grandes cultures, Chambre d'Agriculture du Val d'Oise, communication personnelle).

Tableau 1 : Ravageurs potentiellement nuisibles sur les cultures de la rotation

Culture	Ravageurs majoritaires	
Toutes cultures de la rotation	Coléoptère Diptère Mollusque Lépidoptère	-Hanneton ¹² , charançon, taupin ¹³ (larve et adulte- <i>Agriotes</i> spp. et <i>Athous</i> spp.) (Simon <i>et al.</i> , 1994) Tipules (<i>Tipula</i> spp.) Limaces (<i>Deroceras reticulatum</i> , <i>Arion hortensis</i> ...) Tordeuses polyphages (larve)
Céréales à paille (Arvalis Institut du Végétal, 2012)	Coléoptère Diptère Hémiptère Mollusque Nématodes Lépidoptère Thysanoptère Hyménoptères Myriapodes	Zabre (larve et adulte) (<i>Zabrus tenebrioides</i>) (Balachowsky, 1936 ; Simon <i>et al.</i> , 1994) Aiguillonnier des céréales (<i>Calamobius filum</i>) Altise (adulte et larve) (Balachowsky, 1936) Cécidomyies du blé (<i>Contarina tritici</i> , <i>Haplodiplosis marginata</i> , <i>Sitodiplosis mosellana</i>), Mouches : mouche des semis (<i>Delia platura</i>), oscinies (<i>Oscinella frit</i> , <i>Oscinella pusilla</i>), mouche grise (<i>Delia coarctata</i>), geomyza (<i>Geomysa tripunctata</i>), mouche jaune (<i>Opomyza florum</i>), mouches mineuses (<i>Agromyzidae</i> spp.) Pucerons du feuillage et des épis (automne et printemps) (<i>Rhopalosiphum padi</i> , <i>Sitobion avenae</i> , <i>Metopolophium dirhodum</i>), cicadelles des céréales (<i>Psammotettix alienus</i>) Léma ou cryocère des céréales (<i>Oulema melanopus</i> , <i>Oulema duftschmidi</i> , <i>Oulema gallaeciana</i> , larve et adulte) (Balachowsky ¹⁴ , 1936 ; Simon <i>et al.</i> , 1994) Nématodes (<i>Heterodera avenae</i> , <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Meloidogyne naasi</i>) Tordeuses des céréales (<i>Cnephiasia pumicana</i>) (Simon <i>et al.</i> , 1994 ; Balachowsky, 1936) Thrips des céréales (<i>Limothrips cerealium</i>) Cèphe du blé (<i>Cephus pygmaeus</i>) (Balachowsky, 1936) Scutigerelle (<i>Scutigerella immaculata</i>) Blaniules (<i>Blaniulus guttulatus</i>)

¹² Les hannetons avaient autrefois une importance économique, il n'occasionnent de nos jours des dégâts que sur pâture, pelouses et accessoirement dans les jardins des particuliers (Simon *et al.*, 1994)

¹³ Parmi les plus nuisibles à toutes sortes de cultures (Balachowsky., 1936)

Légumineuses	Coléoptère	Charançons : Apion, sitone (<i>Sitona lineatus</i>) Bruches (<i>Bruchus pisorum, rufimanus</i>) (McKinlay, 1992) Coccinelle des légumineuses (Simon <i>et al.</i> , 1994)
	Diptère	Cécidomyies du pois, de la fève et de la féverole
	Hémiptère	Puceron de la luzerne et du pois (<i>Acyrthosiphon pisum, Aphis rumicis</i>)
	Nématodes	Genre <i>Heterodera</i> , <i>Tylenchida</i> , <i>Trychodoridae</i> (Mc Kinlay, 1992)
	Lépidoptère	Tordeuse du pois (<i>Cydia nigricana</i>) (Mc Kinlay, 1992 ; Simon <i>et al.</i> , 1994)
	Thysanoptère	Thrips du pois, du lin et des céréales (<i>Thrips angusticeps</i>)
Oléagineux	Hémiptère	Pucerons vert du prunier et noir de la fève (Cetiom)
	Lépidoptère	Tordeuse terricoles et défoliatrices (Cetiom)
	Thysanoptère	Thrips du tabac et de l'oignon (INRA- Hyppz)
	Myriapode	Iules, blaniules, scutigérelles (Cetiom)

Après avoir ciblé les organismes nuisibles, la diversité spécifique de leurs prédateurs et parasitoïdes se doit d'être appréhendée (Duelli et Obrist, 2003). Un ravageur donné est en effet souvent attaqué par un petit groupe de spécialistes, et une communauté diversifiée de généralistes (Snyder et Ives., IN Radcliffe *et al.*, 2009; Symondson *et al.*, 2002).

Les parasitoïdes peuvent avoir un spectre d'hôtes plus ou moins large, selon qu'ils soient spécialistes ou non. Les spécialistes se développent sur des hôtes appartenant au même genre ou à la même espèce alors que les parasitoïdes généralistes ont des hôtes appartenant à des taxa variés. Les hôtes peuvent être parasités à tous les stades de leur développement. Il existe en effet des parasitoïdes d'œufs, de larves, de nymphes et d'adultes, bien que la plupart des parasitoïdes attaquent les stades juvéniles de leurs hôtes. Les parasitoïdes ont une croissance rapide de leur population, ce qui leur permet de répondre rapidement à une infestation de ravageurs (Snyder et Ives IN Radcliffe *et al.*, 2009). **Les prédateurs**, quant à eux, sont généralement polyphages et peuvent se nourrir de différents taxons. Ils regroupent des insectes et des arachnides. Tous les stades de développement du ravageur peuvent être touchés (œuf, larve, nymphe, adulte), mais tous les auxiliaires n'ont pas une action de prédation sur la totalité de leur cycle. Certains la développent à leurs stades larvaires et adultes (Coccinellidae par exemple), alors que d'autres ne la possède qu'à leur stade larvaire (Syrphidae par exemple). Les prédateurs généralistes ont cependant souvent un taux de reproduction plus faibles que leurs proies (Snyder et Ives IN Radcliffe *et al.*, 2009). Ils peuvent néanmoins répondre rapidement à une infestation de ravageurs, soit en étant présents sur place et en passant d'un régime de proies alternatives à un régime de ravageurs, ou bien en migrant vers des parcelles sur lesquelles les ravageurs deviennent abondants (Snyder et Ives IN Radcliffe *et al.*, 2009). Par un modèle théorique, Chang et Kareiva IN Hawkins et Cornell

(1999) ont démontré qu'une prédation précoce par des prédateurs généralistes peut réduire les populations de ravageurs autant que les immigrations plus tardives d'ennemis naturels spécialistes. Les prédateurs généralistes peuvent donc jouer le rôle de « première ligne de défense » contre une invasion de ravageurs, avant même que la première génération de parasitoïdes ait pu se développer (Settle *et al.*, 1996). Cependant, rien n'est simple avec les généralistes, et la présence de proies alternatives peut parfois diminuer plutôt qu'améliorer l'efficacité du contrôle biologique (Prasad et Snyder, 2006). Ensuite, les prédateurs ne laissent aucune preuve directe de leur activité, ce qui impose de prendre des précautions pour quantifier leur effet sur les proies. En effet, parce qu'ils se nourrissent d'une diversité d'espèces, leur densité dans une parcelle ne peut pas être entièrement reliée à la densité d'un ravageur donné (Settle *et al.*, 1996). A l'inverse, l'effet d'un parasitoïde sur son hôte est plus simple à évaluer puisqu'il est facilement prélevé sur sa population d'accueil.

Le tableau 2 propose une synthèse des proies et/ou hôtes des principaux auxiliaires des cultures, ainsi qu'une présentation des différentes catégories d'auxiliaires. Avoir une diversité d'ennemis naturels est théoriquement la manière la plus efficace d'optimiser un contrôle ; la diversité de phénologies permet d'assurer un contrôle tout au long du cycle des ravageurs (Hollandet *et al.*, 2008 ; Settle *et al.*, 1996). Néanmoins, Landis *et al.*(2000) estiment que favoriser un ou deux auxiliaires clefs du ravageur cible suffirait pour un contrôle biologique efficace.

Le choix des espèces à suivre se base aussi sur des considérations d'ordre pratique : il est plus aisé de suivre des espèces pour lesquelles les connaissances taxonomiques sont déjà bien établies, comme les carabes. Il est aussi important que les espèces suivies soient facilement identifiables à l'espèce et/ou que des spécialistes soient en mesure d'assurer leur identification. Ainsi, les carabes restent relativement facilement identifiables à l'espèce, contrairement aux staphylinés. Ces derniers seraient, dans certains cas, des bio-indicateurs plus adaptés et sensibles que les carabes. Ils ne sont néanmoins que peu utilisés à ce jour du fait des difficultés rencontrées pour les identifier (Bohac, 1999). Enfin, le facteur temps impose souvent une limitation du nombre d'espèces à suivre.

Tableau 2 : Cibles des principaux auxiliaires des cultures

Auxiliaire invertébrés : type d'organisme et stade	Mode d'action	Cibles principales
ARAIIGNEES	Prédateur	Pucerons, cochenilles, cicadelles, acariens
HYMENOPTERES Guêpes et micro-guêpes (Aphelinidae, Braconidae)	Parasitoïde	Pucerons, aleurodes, lépidoptères (piérides)
COLEOPTERES Carabiques	Prédateur (stades adulte et tout particulièrement larvaire (Chapelin– Viscardi, 2011))	Limaces, insectes (pucerons) ou larves d'autres insectes (taupins) Selon les espèces (Diwo-Allain et Bout A, 2004 ; Duelli, 1997)
Coccinelles	Prédateur (stades adulte et larvaire, sauf quelques espèces phytophages)	Pucerons ¹⁴ , mollusques, cochenilles, aleurodes, larves, acariens, taupins, œufs de nombreux insectes, selon les espèces (Suty, 2010 ; Balachowsky., 1936 ; Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008)
Staphylin	Prédateur (stade adulte), parasitoïde (état larvaire)	Nématodes, mites, acariens, collemboles, pucerons, chenilles, taupins et autres petits invertébrés (imagos et larves) hivernant dans la litière ou sur les plantes (Bohac, 1999) larves et œufs de diptères (Suty, 2010 ; Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008)
Cantharides	Prédateurs (stades adulte et larvaire)	Pucerons, chenilles et autres insectes à corps mou (INRA - encyclop'aphid)
NEVROPTERES Chrysope	Prédateur (stade larvaire, parfois adulte)	Pucerons ¹⁵ , acariens, aleurodes, cochenilles, thrips, œufs de nombreux insectes (Simon <i>et al.</i> , 1994 ; Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008)
DIPTERES Cécidomyies ¹⁶	Prédateur (stade larvaire)	Pucerons, acariens, cochenilles, aleurodes, thrips, mites (Simon <i>et al.</i> , 1994 ; Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008)
Syrphes	Prédateur (stade larvaire)	Pucerons ¹⁷ , acariens, larves (Simon <i>et al.</i> , 1994 ; Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008)
Mouches parasites (Tachinidae, Phoridae, Cryptochetidae)	Parasitoïde	Selon les espèces
HETEROPTERES/HEMIPTERE Punaises (Anthocoridae, Miridae, Nabidae)	Prédateur (stades larvaire et adulte)	Polyphage ou spécialisé (aleurodes, pucerons, acariens, mites, thrips), selon les espèces (Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008 ; Simon <i>et al.</i> , 1994)
THYSANOPTERES Thrips (Aelothripidae, Phlaeothripidae)	Prédateur	Œufs de papillon, mites, thrips (Roy Van Drieshe <i>et al.</i> , 2008)

¹⁴ La larve de coccinelle détruit jusqu'à 60 pucerons par jour (Simon *et al.*, 1994)

¹⁵ Une larve de chrysope peut consommer jusqu'à 500 pucerons au cours de sa vie (Simon *et al.*, 1994).

¹⁶ Seuls certaines larves de cécidomyies sont des auxiliaires, les autres sont des ravageurs des cultures (galles) (Suty, 2010)

¹⁷ Une larve de syrphe consomme entre 400 à 700 pucerons au cours de sa vie (Simon *et al.*, 1994).

B) Quels indicateurs de diversité pour les invertébrés ?

Après avoir fait un point sur les différents organismes à suivre, cette partie vise à présenter les indicateurs de diversité des invertébrés utiles pour évaluer les communautés présentes sur un site donné. Quelques indicateurs simples sont développés ci-dessous. Cette liste n'est pas exhaustive mais explicité certains indicateurs qui ont semblé intéressants dans le cadre de ce projet. Pour aller plus loin, d'autres indicateurs sont précisés en annexe 1.

Idéalement, un indicateur de biodiversité suit une corrélation linéaire avec l'entité ou l'aspect de la biodiversité évalué (Duelli et Obrist, 2003). Duelli (1997) estime ainsi que ce concept ne peut être réduit à une seule entité quantifiable. Il préconise d'utiliser plusieurs indicateurs ou substituts, à adapter en fonction de l'objectif poursuivi, au moins pour certains aspects ou dimensions de la biodiversité (Duelli., 1997 ; Duelli et Obrist, 2003).

L'abondance, représentée par l'activité-densité, recense le nombre d'individus, pour une espèce, à une échelle spatiale et temporelle donnée. Une espèce fortement relevée sera fortement présente et/ou fortement mobile, d'où le terme d'activité-densité.

La richesse spécifique est le nombre d'espèces différentes recensées à une échelle spatiale et temporelle donnée. C'est un indice de diversité simple, mais en pratique, il pose le problème du choix de la surface d'échantillonnage : l'échelle choisie se doit d'être clairement identifiée. Alors que la richesse spécifique est atteignable avec une précision et un effort raisonnable sur un petit espace pour les auxiliaires prédateurs, il est plus difficile de quantifier la richesse spécifique des parasitoïdes (Duelli et Obrist, 2003).

Pour aller plus loin, **la richesse spécifique cumulée** revient à calculer la richesse spécifique en ne tenant compte que des nouvelles espèces présentes d'un piège à l'autre ou d'une date à l'autre. Cet indicateur peut donc se cumuler dans le temps et/ou dans l'espace. Ce calcul permet d'avoir une approche plus juste de la diversité spécifique d'un milieu que l'utilisation de la moyenne des richesses spécifiques. A grande échelle, elle peut être utilisée pour comparer des milieux.

- ➔ Sur le court terme, l'abondance d'organismes auxiliaires peut apparaître plus importante que la richesse spécifique, parce que les proies et les hôtes sont limités par le nombre d'individus plus que par le nombre d'espèces (Duelli et Obrist, 2003). Cependant, sur une vision à long terme, maintenir une diversité importante d'espèces auxiliaires est certainement plus pertinent (Duelli et Obrist, 2003).

La distance entre communautés est une notion qui permet de prendre en compte la composition des communautés. Elle permet d'identifier des communautés qui se ressemblent (distance faible) ou bien des communautés qui ont peu de points communs (distance importante). Les données de présence/absence d'une espèce peuvent être transformées en matrice de distance. Cette démarche permet de comparer deux relevés par la liste des espèces présentes. Deux espèces peuvent aussi être comparées par la liste des relevés dans lesquels elles sont présentes.

La constance d'une espèce est un indice à prendre en compte pour déterminer des espèces indicatrices de certains milieux et/ou pratiques. Une espèce constante est une espèce qui se retrouve dans les pièges de façon régulière à un endroit donné. Cet indice se doit d'être modulé en fonction des capacités d'adaptation de l'espèce étudiée : une espèce stenoèce¹⁸ sera une meilleure espèce indicatrice d'une pratique culturelle donnée qu'une espèce euryèce¹⁹.

C) Simplifier les protocoles de suivi de la biodiversité auxiliaire : Quels acquis ? Quelles attentes ?

A ce jour, les protocoles de suivi de la biodiversité auxiliaire sont très nombreux et diversifiés, ils sont adaptés à la (ou les) question(s) posée(s) (Duelli, 1997 ; Archaux, 2010). Des **problèmes méthodologiques et des approches différentes** empêchent parfois la comparabilité et la reproductibilité des données. Duelli *et al.* (1999) mettent en avant le besoin d'études plus rigoureuses et standardisées, notamment pour amener des éléments pour la construction et l'évaluation des politiques publiques (Archaux, 2010 ; Biaggini *et al.*, 2007 ; Hole *et al.*, 2005). Les inventaires d'invertébrés restent aussi souvent **longs et coûteux**. Un échantillonnage même restreint peut entraîner des récoltes conséquentes de spécimens et d'espèces différentes. Il faut ajouter à cela que de nombreux taxons restent toujours inconnus chez les invertébrés et que le nombre de spécialistes en mesure de traiter les échantillons est réduit. Pour ces raisons, l'idée de proposer des suivis simplifiés permettant des utilisations allégées sur le terrain séduit, et depuis longtemps (Obertel, 1971; Niemelä *et al.*, 1990).

1) Voies envisageables pour alléger les protocoles

i) Alléger l'effort d'échantillonnage

Différentes pistes sont explorées pour alléger l'effort d'échantillonnage : diminuer la période d'étude et diminuer la pression d'échantillonnage (nombre de pots, fréquence des relevés). Proposer des pièges plus rapides à relever sur le terrain et/ou à mettre en place est une autre piste explorée dans cette optique.

En ce qui concerne la **période d'étude**, une période d'échantillonnage d'au moins 10 semaines au cours du printemps est optimale pour la collecte des Arthropodes (Duelli *et al.*, 1999). Cela rejoint l'étude de Biaggini *et al.* (2007) qui ont montré qu'environ quatre mois d'étude bien ciblés semblent donner des résultats très similaires à ceux obtenus sur une année entière de prélèvements. Dans l'optique de proposer des méthodes de suivi pour des projets courts et avec peu de disponibilités financières, Duelli et son équipe (1999) ont testé et proposé un « programme minimum 3+2 ». Ils ont montré qu'un échantillonnage de trois semaines au

¹⁸Espèce présentant une faible capacité d'adaptation lors de variations des facteurs écologiques propres à son habitat.

¹⁹Contraire de stenoèce, espèce peu spécialisée et n'ayant pas ou peu d'exigence particulière.

printemps et deux semaines en été est optimal (en termes d'efficacité) pour collecter un maximum d'espèces. Ils relèvent que de nombreuses enquêtes commencent trop tard dans la pratique et manquent le pic de début de printemps de la diversité des espèces. Pour éviter ce biais, Duelli (1997) propose de travailler sur les données phénologiques et météorologiques en se basant sur le fait que les arthropodes sont des organismes à sang froid. En effet, des expériences dans les conditions météorologiques suisses ont montré que pour une variété de méthodes de piégeage et pour un certain nombre de groupes d'arthropodes, le meilleur moment pour commencer la période de collecte au printemps est une semaine après l'apparition de la pleine floraison du pissenlit (*Taraxacum officinale*). Ce point de repère est en adéquation avec l'observation d'Andow et Rish (1985), qui ont montré que le pic d'apparition des prédateurs se trouve pendant la période de floraison des cultures ou des plantes avoisinantes (Andow et Risch, 1985). La date d'arrêt de la collecte peut aussi être adaptée à la culture de la parcelle d'étude, en s'alignant sur sa date de récolte. Ainsi, la collecte se termine en juillet (juste avant la récolte) sur les parcelles de colza, de blé et d'orge (Duell *et al.*, 1999).

Limiter la pression d'échantillonnage peut passer par une diminution de la fréquence des relevés ou par une diminution du nombre de pièges sur la parcelle. En ce qui concerne la **fréquence des relevés**, il est envisageable de ne relever les pièges Barber que toutes les 2 semaines, mais il est indispensable de relever les pièges pour insectes volants toutes les semaines pour empêcher l'eau de s'évaporer et les insectes de se décomposer. En effet, dans ces types de pièges, il est dans la plupart des cas déconseillé d'ajouter des produits chimiques de conservation (par exemple formaldéhyde), à l'exception de traces de détergents, en raison du risque d'intoxication pour les bovins, les cerfs et les oiseaux (Duell *et al.*, 1999). Le **nombre de pots Barber par parcelle** varie selon les études et les moyens disponibles, certaines études se sont basées sur des relevés de 18 pots par parcelle (Dor et Maillet Mezeray, 2011), alors que d'autres se sont limitées à 4 pots par parcelle (Purtauf *et al.*, 2005 ; Clough *et al.*, 2007). Ces choix dépendent aussi des questions auxquelles souhaitent répondre les expérimentateurs.

ii) Alléger le degré d'identification

L'allègement des protocoles peut aussi se matérialiser par une **simplification des méthodes d'identification des individus échantillonnes**. La méthode du Rapid Biodiversity Assessment²⁰ propose une alternative à une détermination exhaustive à l'espèce (Oliver et Beattie, 1993). Cette méthode est utile quand des résultats rapides sont requis dans un contexte financier limité (Biaggini *et al.*, 2007).

²⁰La RBA propose une alternative à une détermination exhaustive à l'espèce (Oliver et Beattie, 1993). Cette méthode ne nécessite pas d'identifier les espèces, mais s'appuie sur un classement en morpho-groupe, reposant sur la différenciation de différences morphologiques (Marshall., 2011) ou bien sur un classement taxonomique s'arrêtant à l'ordre ou la famille (Biaggini *et al.*, 2007). Un non spécialiste en entomologie peut alors identifier ces unités taxonomiques reconnaissables (RTU), de manière assez rapide.

La **classification en morpho-groupe** peut-être particulièrement intéressante chez les carabes. Une étude a démontré que l'efficience de prédation par les carabes n'est pas corrélée à leur diversité taxonomique, mais plutôt à la présence d'espèces de grande taille dans la communauté. La classification morphologique (notamment par taille) permettrait donc d'avoir une idée du pouvoir de régulation des auxiliaires capturés (Rouabah et Lassere-Joulin, 2011).

La **classification selon l'ordre**, quant à elle, permet déjà de différencier de manière intéressante les pratiques agricoles selon la composition et la diversité auxiliaire. En effet, les résultats obtenus par Biaggini *et al.* (2007) en classant les échantillons jusqu'à l'ordre ont permis de discriminer de la même façon le type de pratiques que lorsque la classification a été menée jusqu'à l'espèce. Cependant, cette équipe préconise de travailler jusqu'à l'espèce pour les Coléoptères, la famille ne permettant pas de discriminer suffisamment le type de pratiques. D'autre part, ils soulèvent que leurs résultats nécessitent d'être confirmés par d'autres études pour savoir s'ils sont spécifiques à la région (Valdera, Italie) ou généralisables à l'ensemble des agroécosystèmes (Biaggini *et al.*, 2007).

Certaines études **allient identification selon l'ordre et par morpho-groupe**, comme celle de Cotes *et al.* (2010). Ces derniers ont étudié la fiabilité d'une méthode RBA pour distinguer des différences entre systèmes de cultures (biologique et conventionnel) en agroécosystèmes d'oliveraies en Espagne, en prenant en compte 3 catégories taxonomiques : l'ordre des insectes, les familles de coléoptères et les morpho-espèces au sein des carabes. Une identification à l'ordre des communautés épigées leur semble être un compromis intéressant pour discriminer les systèmes agricoles à l'échelle régionale.

1) Risques associés à l'allègement des protocoles

Lorsque la période d'échantillonnage est réduite, Duelli *et al.* (1999) mettent en garde sur le risque de ne pas maximiser la diversité spécifique. Les programmes minimaux manquent généralement plus de la moitié des espèces et, par conséquent, ne sont pas recommandé dans des projets de conservation, dans lequel les espèces rares sont d'un intérêt particulier. D'autres critiquent les méthodes d'identification allégées pour leur manque de pertinence par rapport à une détermination classique des espèces (Ward et Stanley, 2004). Streito (2009), par exemple, estime qu'il est souvent indispensable de procéder à une identification spécifique pour comprendre et résoudre des problèmes agronomiques posés par des ravageurs des cultures. Il estime même qu'il peut être pertinent d'avoir recourt à une identification plus fine, parfois au niveau de la population, pour pouvoir prendre en compte le nombre croissant d'espèces exotiques introduites. A l'inverse, d'autres estiment que ce sont des méthodes qui permettent des gains d'argent, de temps et de moyens (Oliver et Beattie, 1993). Elles sont valables pour décrire la biodiversité quantitative (Krell, 2004) et fonctionnelle à un certain niveau (Obrist et Duelli, 2010). Le classement par morpho-groupe peut cependant poser problème lors de l'analyse d'individus présentant un dimorphisme sexuel, un polymorphisme lors du développement ou entre « castes sociales » (par exemple chez les fourmis) (Oliver et Beattie, 1993).

En conclusion de cette partie bibliographique, la mise en place d'un suivi des invertébrés en milieu agricole passe par l'identification des organismes nuisibles potentiels des cultures étudiées. Une fois ces derniers ciblés, la diversité spécifique de leurs prédateurs et parasitoïdes se doit d'être appréhendée. Les avis divergent sur l'intérêt de valoriser seulement quelques espèces d'auxiliaires indigènes, qui ciblent de manière privilégiée le ravageur visé, ou bien un assemblage d'auxiliaires complémentaires. Ensuite, le concept de biodiversité ne peut être réduit à une seule entité quantifiable. Plusieurs indicateurs ou substituts, au moins pour certains aspects ou dimensions de la biodiversité doivent être utilisés. Enfin, la simplification des protocoles fait partie des attentes des agriculteurs et des instituts. Plusieurs voies sont envisageables pour « alléger » les protocoles. Cette simplification peut passer par un allègement de l'effort d'échantillonnage et / ou du degré d'identification des individus. Ces démarches suscitent néanmoins de nombreuses interrogations.

A partir de l'analyse bibliographique et d'avis d'experts, les espèces à suivre ont été arrêtées pour cette saison de suivi, sur des critères de pertinence et de faisabilité. Le tableau 3 synthétise les choix retenus pour cette saison de piégeage sur les sites de la Motte (95) et Boigneville (91).

Tableau 3 : Taxons recensés au cours de la saison de piégeage

	Auxiliaires	Ravageurs
Epigés	Carabes	Limaces
	Araignées	Taupins
	Staphylins	Altises
		Sitones
Volants	Syrphes	Méligèthes
	Hyménoptères parasitoïdes	Charançons des siliques
	Chrysopes	Cécidomies orange du blé
		Taupins
		Pucerons

Au regard des connaissances déjà établies et des questionnements actuels sur la simplification des méthodologies de suivi des ravageurs et des auxiliaires des cultures, il a été décidé de tester différents protocoles de **piégeage passifs des auxiliaires marcheurs** (carabes, staphylins, araignées) et **volants** (micro-hyménoptères parasitoïdes) proposés dans le cadre du CASDAR AuxiMORE, sur les 8 parcelles de l'essai système de la Motte. Six autres parcelles ont été suivies par Arvalis Institut du Végétal sur un autre site (Boigneville, 91) dans le cadre d'un autre stage. Certains des protocoles testés sont dits « simplifiés » et d'autres « élaborés ». Cette distinction se fait sur l'effort d'échantillonnage et le degré d'identification des individus échantillonnes. La mise en place de ces différents protocoles a permis de remplir l'objectif d'échantillonnage du panel auxiliaire et ravageur du site de la Motte (95).

Pour tester différents protocoles de suivi, les indicateurs de diversité des invertébrés sélectionnés ont été l'abondance et la richesse en groupe de carabes. Ces indicateurs simples permettaient d'avoir une image assez complète des communautés d'invertébrés échantillonnées au sein des différents protocoles mis en place.

Pour avancer sur les questions liées à la simplification des protocoles de suivi des auxiliaires et des ravageurs des cultures, il a été choisi au sein d'Arvalis Institut du Végétal de restreindre les analyses aux invertébrés épigés pour cette année. Il a aussi été choisi de ne traiter que les questions relatives à la diminution de la pression d'échantillonnage et à la mise en place de nouveaux piège/refuge. Pour des questions de temps, ce stage s'est positionné sur le test d'un nouveau piège, alors que le stage sur Boigneville (91) s'appuie sur les questions de la diminution du nombre de pots sur la parcelle ou le site et/ou de semaines sur la saison de suivi.

L'objectif était ici d'évaluer la capacité des planches à invertébrés terrestres à retrancrire des tendances de réponses des communautés d'invertébrés épigés comparables à celles des pièges Barber de référence.

Autrement dit, peut-on aller vers une simplification des protocoles avec de nouveaux pièges ?

Est-ce que le piège/refuge mis en place influence l'abondance ou la richesse en groupe de carabes estimée ? Est-ce que les communautés d'invertébrés recensées par les plaques et les pièges Barber permettent de discriminer de la même façon les lieux d'études ?

La mise en place des différents protocoles de piégeage a aussi permis de proposer un inventaire des espèces d'invertébrés présentes sur le site de la Motte (Chaussy, 95). Ce premier travail d'inventaire sur le site visait à appréhender les taxons et les espèces de carabes et de syrphes présents sur le site.

III) Matériel et méthode

L'ensemble des protocoles mis en place ont intégré une caractérisation de la pression des ravageurs. L'objectif n'était pas, à l'issue de cette année de piégeage, de faire un lien direct entre la présence d'auxiliaire et la régulation qu'ils peuvent exercer sur les populations de ravageurs, mais bien de compiler des données qui pourront à terme permettre d'avancer sur ces questions.

Les méthodes testées sont dites passives : elles passent par la prise d'échantillons par des pièges autonomes agissant sur une période donnée entre la pose et le relevé du dispositif. Elles ont été retenues pour ce projet notamment parce que l'identification peut être vérifiée par la suite (Duelli et Obrist, 2003). Il est aussi plus facile d'homogénéiser l'effort d'échantillonnage et de limiter les biais liés aux différents expérimentateurs sur des méthodes passives qu'actives²¹. C'est notamment vrai dans les agrosystèmes pour les espèces qui restent assez discrètes en journée, tels les insectes terricoles (Chapelin-Viscardi, 2011).

Les méthodes testées sont pour certaines attractives, pour d'autres neutres. Les pièges attractifs sont par nature sélectifs et ont souvent pour objectif de capturer des insectes afin qu'ils ne nuisent pas à certaines cultures. Ces méthodes favorisent la prise de certaines espèces ou à contrario en délaissent d'autres (Chapelin-Viscardi, 2011). Ce biais peut volontairement être mis en œuvre dans la recherche d'espèces particulières, notamment lorsque l'on cherche à inventorier la diversité spécifique d'un lieu. L'objectif n'est alors pas d'échantillonner de manière la plus représentative possible l'activité-densité des communautés du lieu d'étude, comme le feraient les pièges neutres, mais bien d'avoir un inventaire des espèces présentes. Dans le cadre de l'étude, des pièges attractifs et neutres ont été testés.

L'ensemble des dispositifs mis en place sur l'essai système de la Motte (95) et de Boigneville (91) pour la saison 2013 sont présentés respectivement en figure 4 et 5.

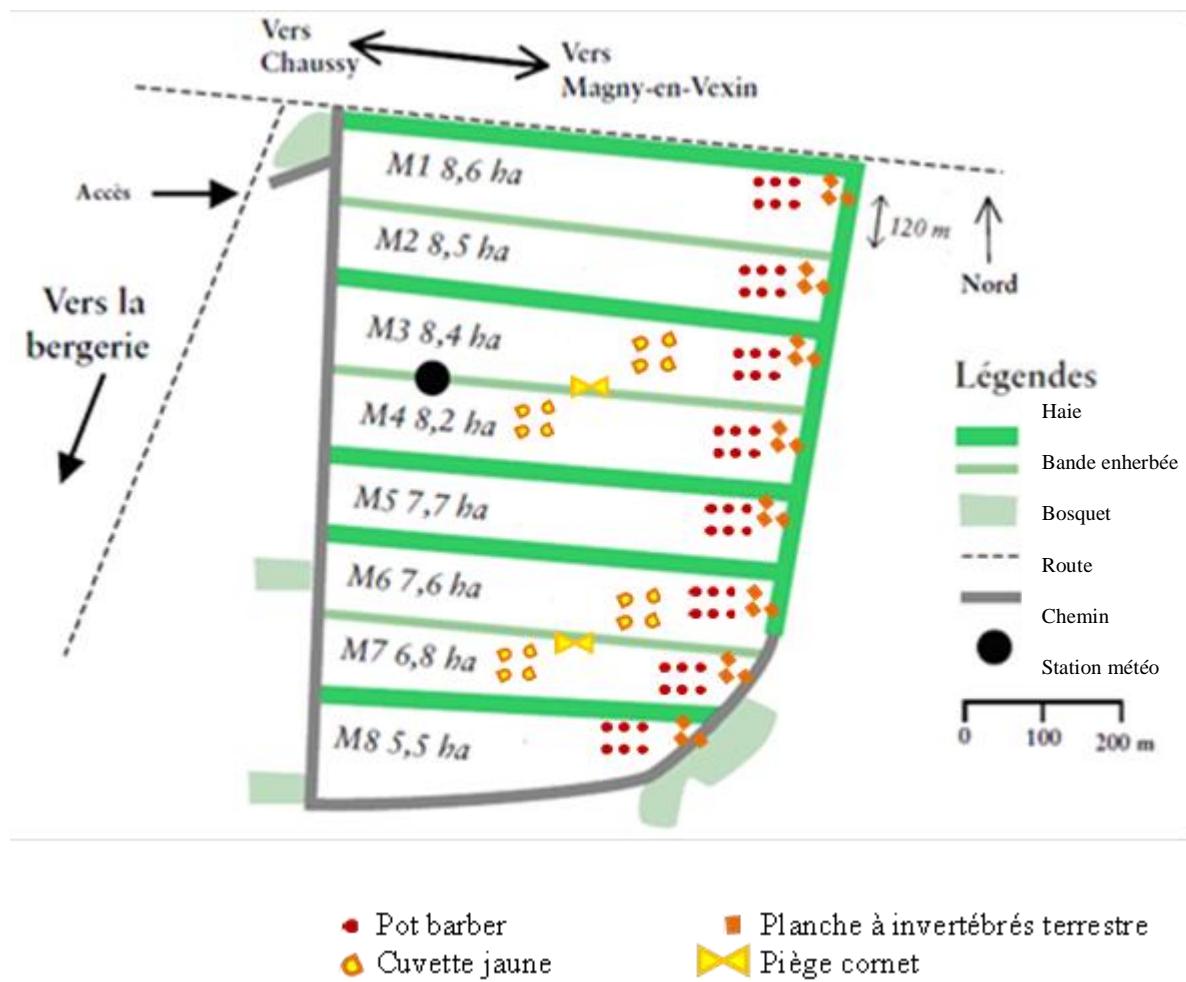


Figure 4: Dispositifs d'échantillonnage des invertébrés installés sur la Motte, Chaussy (95) pour la saison 2013

Le contexte géographique et physique de l'essai système de la Motte (Chaussy, 95) a déjà été présenté plus haut. L'autre site, la station expérimentale de Boigneville, se situe au sud du département de l'Essonne. Boigneville est une commune limitrophe des départements du Loiret (45) et de la Seine-et-Marne (77). Ce site expérimental couvre 215 ha dont 150 ha de surface agricole utile (SAU) et 65 ha de bois. Les sols sont limoneux et reposent sur une roche mère argilo-calcaire. Sur l'ensemble de la SAU, le domaine compte 2 500 micro-parcelles expérimentales ainsi que 12 ha en moyennes parcelles, qui servent pour des essais de longue durée sur le travail du sol et la protection de l'environnement. 75 ha en grandes parcelles sont aussi dédiés à des expérimentations sur différents systèmes de production, ces parcelles sont regroupées sous le terme des « Fermes de Boigneville », et sont conduites selon différents systèmes de culture : système intégré, système raisonné et système Mach II. Le système intégré repose sur une utilisation limitée des intrants de synthèse, le raisonné doit maximiser la marge brute c'est-à-dire maximiser l'efficience des intrants et le système Mach II se base sur un temps de traction moindre dans le but de maximiser la productivité du travail (marge brute / UTH). Les parcelles d'expérimentation qui font l'objet du suivi auxiliaires et ravageurs sur Boigneville sont définies au nombre de six. Trois d'entre elles sont cultivées en blé tendre d'hiver (C3-04, C3-06, C3-01), les trois autres en orge de printemps (C3-02, C3-03, C3-07). Le choix des parcelles s'est basé sur le projet CASDAR « Entomophages » et sur la présence

obligatoire d'au moins un aménagement agro-écologique. Cinq parcelles remplissant ces critères ont été reconduites cette année et l'ajout d'une parcelle supplémentaire a été décidé afin d'obtenir un jeu de données un peu plus conséquent. Chaque parcelle est délimitée par un double aménagement à savoir une bande enherbée de quatre mètres suivie d'une haie.

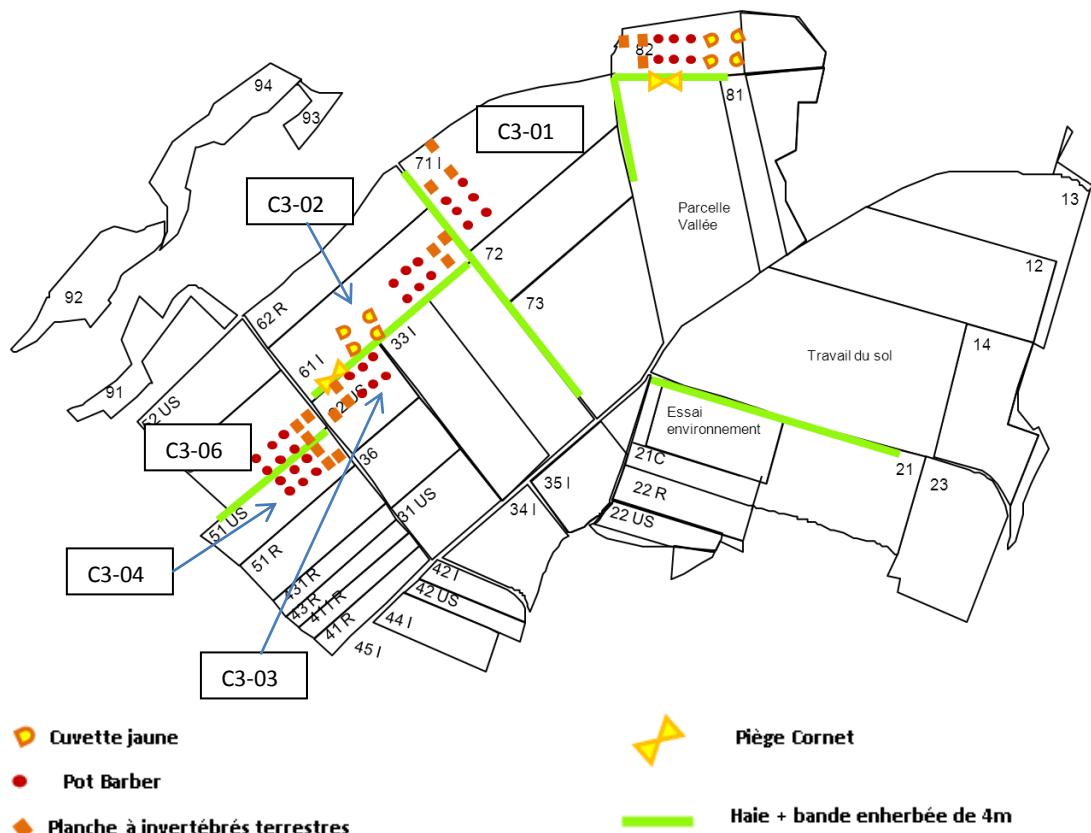


Figure 5: Dispositifs d'échantillonnage des invertébrés installés sur la station expérimentale de Boigneville (91) pour la saison 2013

Des protocoles de piégeage des auxiliaires et des ravageurs invertébrés terricoles épigés et volants ont été mis en place au cours de cette saison de piégeage. L'analyse statistique relative à ce stage ne portant que sur les protocoles de suivi des invertébrés épigés, il a été choisi de ne développer que ces protocoles dans le corps du rapport. Les différents plans d'échantillonnage relatifs à ces pièges sont repris et développés ci-dessous. Les autres protocoles sont présentés et justifiés en annexe 2.

A) Protocoles de piégeage pour les terricoles épigés

Deux pièges ont été testés : le piège Barber et la plaque à invertébrés terrestres de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité. Le choix s'est arrêté sur ces pièges pour différentes raisons.

Le piège Barber est la méthode la plus répandue et standardisée en matière de piégeage des terricoles épigés (Thomas et Marshall, 1999; Pfiffner et Luka, 2003; Duelli et Obrist, 2003). Il permet d'échantillonner une diversité d'auxiliaires épigés (carabes, staphylins, araignées) et de ravageurs des cultures (limaces, taupins, altises, sitones).

La plaque à invertébrés terrestres a été sélectionnée au niveau national dans le cadre de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité, un projet de science participative à l'initiative du Ministère en charge de l'Agriculture²². A ce jour, il n'y a que peu de recul sur ce protocole qui présente l'avantage de ne pas être destructeur pour la faune. La plaque à invertébrés terrestres peut potentiellement être un refuge pour les mêmes auxiliaires et ravageurs que le piège Barber. Une évaluation se révélait nécessaire pour statuer sur la pertinence de ce protocole dans le cadre d'études agricoles.

Le piège Barber est un piège neutre si le liquide utilisé est non attractif, alors que le refuge de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité peut être présenté comme attractif pour les limaces et les escargots, à la recherche de fraîcheur et d'humidité.

1) Piège Barber

Les pièges Barber ou pièges fosses sont des pots cylindriques de polyéthylène (diamètre = 85 mm ; hauteur = 110 mm ; volume = 0.55 L), non attractifs. Ils ont été positionnés de façon à ce que leurs bords soient au niveau de la surface du sol pour éviter tout contournement du pot par les insectes (*cf. figure 6*). Pour faciliter le relevé des pièges, deux pots ont été placés l'un dans l'autre : le piège du bas a été troué pour permettre à l'eau de s'évacuer, celui du dessus a été rempli au quart d'un liquide conservateur et mortel. Le liquide se composait d'eau, de sel et de produit vaisselle inodore (pour un litre d'eau, prévoir 350 grammes de sel et quelques gouttes de liquide vaisselle). Le produit vaisselle limitait les remontées d'insectes le long des parois du pot, le sel les conservait. Les pièges ont été recouverts d'un toit en plexiglas transparent pour éviter que la pluie ne les inondent. Le toit a été fabriqué à partir d'un carré de 20 centimètres de côté et de 3.5 millimètres d'épaisseur en plexiglas, maintenu par quatre clous de charpentier de 20 centimètres.

²² La coordination scientifique est confiée au Muséum d'histoire naturelle en partenariat avec l'Université de Rennes 1 et le laboratoire LADYSS (CNRS). Le principe de l'OAB est de proposer des protocoles d'observation de la biodiversité communs aux acteurs du monde agricole intéressés, en vue de mieux connaître l'état et l'évolution de la biodiversité ordinaire en milieu agricole. Actuellement, 4 protocoles sont proposés (transects papillons de jour, nichoirs à abeilles solitaires, planches à invertébrés terrestres et placettes vers de terre).

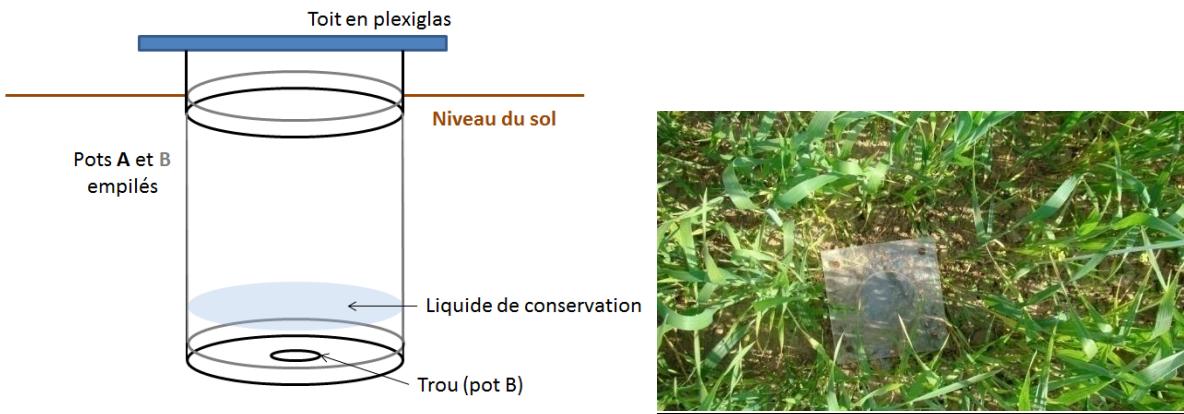


Figure 6: schéma et cliché d'un pot Barber

Deux séries de 3 pots ont été mises en place par parcelle. Les pots ont été positionnés de façon à être à des distances analogues à celles des plaques à invertébrés terrestres, pour que des comparaisons entre protocoles soient possibles. La première série de pots a été positionnée à 10 mètres du bord de parcelle, la seconde série à 50 mètres de ce même bord de parcelle. Pour cette deuxième série, il a fallu s'assurer qu'aucun autre aménagement (ou autre milieu semi-naturel) n'ait pu interférer sur les captures (*cf. figure 8*).

Les pots ont été récoltés chaque semaine, de mi-avril à mi-juillet. Les données ont été conservées par pot, de manière à pouvoir étudier la variabilité des captures et comparer les données récoltées dans les différents dispositifs.

2) Plaques Invertébrés Terrestres de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité

Ce piège a été pensé et conçu par le Muséum National d'Histoire Naturelle dans le cadre de l'Observatoire Agricole de la Biodiversité (*cf. figure 7*). L'enjeu est de proposer des pièges simples à confectionner et à utiliser pour de non spécialistes. L'objectif est double : récolter des informations à grande échelle sur la biodiversité et inciter les agriculteurs à observer leurs parcelles, pour limiter et optimiser les applications phytosanitaires.

Les plaques à invertébrés terrestres sont des planches de peuplier (ou d'un autre arbre d'essence neutre), non traitées. Les plaques doivent faire 30 sur 50 centimètres, pour une épaisseur de 2.5 centimètres. Dans le cas du stage, deux planches de 15 centimètres ont été assemblées à l'aide d'une agrafeuse murale, en s'assurant de laisser un minimum d'espace entre les planches pour conserver l'humidité sous la plaque. C'est une des options proposées par le MNHN lorsqu'il est difficile de se procurer des planches de 30 centimètres de large.



Figure 7: plaques à invertébrés terrestres

Deux plaques ont été disposées le long de la bordure à 50 mètres de part et d'autre d'un coin de la parcelle (point de référence). Une troisième planche, positionnée à 50 mètres des deux autres permettait de former un carré (point de référence, 2 plaques en bordure, une plaque en centre de parcelle) (*cf.* figure 8). Le choix a été fait de disposer les plaques à invertébrés terrestres de manière similaire à ce qui est proposé dans le cadre du protocole de l'OAB (site Observatoire Agricole de la Biodiversité). Il a précédemment été montré que les lignes de pots Barber ont été positionnées respectivement à 10 et 50 mètres du bord de parcelle. Les communautés de carabes présentent sur les 10 premiers mètres de la parcelle ne seraient pas significativement différentes (El Adouzi, 2010), c'est pourquoi il a semblé envisageable de comparer la planche P1 avec la ligne de pots à 10 mètres (P1, P2 et P3). La planche P3 pouvait quant à elle être comparée avec la ligne de pots à 50 mètres du bord de parcelle (P4, P5 et P6).

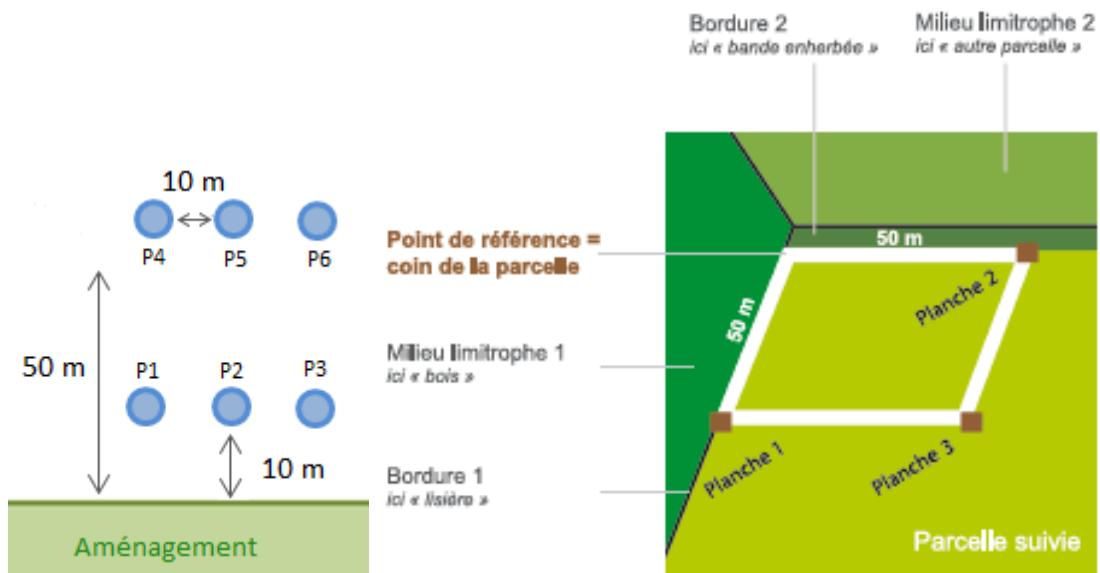


Figure 8 : Plan d'échantillonnage des pots Barber et des plaques

Tout comme les pots Barber, les notations sous les plaques ont été effectuées une fois par semaine, en matinée, de mi-avril à mi-juillet.

B) Tri et identification

Deux méthodes d'identification ont été testées. Une dite « simplifiée » et une dite « élaborée ».

1) Identification « élaborée »

Elle vise à identifier les individus récoltés à l'espèce. L'identification « élaborée », a été mise en place pour les *Carabidae* dans les relevés issus des pots Barber et pour les *Syrphidae* pour les cuvettes jaunes et les pièges cornets. Ces espèces ont été sélectionnées pour être identifiées à l'espèce soit parce qu'elles sont relativement faciles à identifier par un non spécialiste, soit parce que des experts étaient en mesure de traiter les échantillons.

Pour les pièges Barber, le contenu des pots a été passé dans un petit tamis en forme de chapeau chinois. Les carabes récupérés ont ensuite été transvasés dans un récipient avec de l'alcool à 70°C, pour être identifiés jusqu'à l'espèce en laboratoire. Une formation à l'identification des *Carabidae* a été suivie dans ce cadre. Pour l'identification des espèces moins communes, les échantillons ont été envoyés au Laboratoire d'Eco-Entomologie d'Orléans.

En parallèle de ces identifications à l'espèce des *Carabidae*, l'identification élaborée s'est accompagnée d'un comptage et d'une classification des araignées et des staphylini récoltés dans les pots Barber selon 3 à 4 grandes classes. Les staphylini ont été classés en « moins de 1,5 centimètres », « plus de 1.5 centimètres » et « *Ocypus olens* ». Cette classification s'est basée essentiellement sur la taille, elle reflète le fait que les connaissances sur les staphylini sont encore peu avancées. Seule l'espèce « *Ocypus olens* » a été identifiée, cette grande espèce de staphylini présente une morphologie facilement repérable même pour un non spécialiste. Les araignées, quant à elles, ont été regroupées en « *Thomisidae* », « *Lycosidae* » et « Autres ». Cette classification porte sur des différences de comportement de chasse. Les *Thomisidae* chassent à l'affût, les *Lycosidae* chassent à course alors que les autres espèces mettent en place des toiles.

2) Identification « Simplifiée »

L'identification simplifiée s'attache à regrouper les espèces selon des unités taxonomiques moins précises. Elle a été appliquée pour les plaques à invertébrés terrestres et les observations visuelles uniquement, sur le terrain. Pour les plaques, les planches ont été retournées d'un coup sec et les individus qui tentaient de s'échapper ont été capturés dans un pot. La terre a été légèrement grattée aux endroits où de petites anfractuosités pouvaient être visibles, et les individus accrochés à la planche ont été comptabilisés.

Ensuite, l'identification des *Carabidae* s'est basée sur une clé de détermination simplifiée élaborée sur des critères de taille et de couleur. Cette classification a été proposée à l'issue

d'un travail statistique menée par l'équipe de L'INRA-ENSAIA de Nancy sur la base de données du CASDAR « Les entomophages en grandes cultures ». Elle permet de classer les individus en groupes, ces groupes permettent d'avoir une idée du régime alimentaire des espèces collectées (par exemple, les *Amara* adultes sont plutôt phytophages) (*cf.* tableau 4).

Tableau 4 : Identification simplifiée des *Carabidae*

	<u>Sombre</u>	<u>Coloré</u>
Moins d'1 cm	Groupe de <i>Metallina lampros</i> <i>Amara</i> sp. Groupe de <i>Loricera pilicornis</i>	<i>Brachinus</i> sp. Groupe d' <i>Anchomenus dorsalis</i>
De 1 à 2 cm	<i>Nebria</i> sp. Groupe de <i>Pseudoophonus rufipes</i>	Groupe de <i>Harpalus affinis</i> <i>Poecilus</i> sp.
Plus de 2 cm	Groupe de <i>Pterostichus melanarius</i>	Groupe de <i>Carabus auratus</i>
Autre		Moins d'1 cm De 1 à 2 cm Plus de 2 cm

L'identification des carabes au sein des pièges à invertébrés terrestres a été complétée par des notations escargots, limaces, staphylins, autres invertébrés et vertébrés (*cf.* tableau 5).

Tableau 5 : Classification des limaces, escargots, staphylins

Limaces	grande limace tachetée, grande loche rouge, grande loche noire petite limace tachetée ou grise, petite limace noire autres limaces présence d'œufs
Escargots	petit gris, escargot de bourgogne, escargot des haies ou bois, maillots, clausiliés, bulimes, élégante striée, zonite peson, luisant, hélicelle, caragouille rosée autres escargots
Staphylins	Moins de 1,5 cm Plus de 1,5 cm <i>Ocypus olens</i>
Autre invertébrés	Vers, "mille-pattes", cloportes, araignées, fourmis, fourmilière autres
Vertébrés	Lézards, serpents, orvets, amphibiens, petits mammifères

Le tableau 6 propose une synthèse des différents types d'identification appliqués à chaque type de piège.

Tableau 6 : Synthèse des différentes identifications appliquées

Piège, observation ou refuge		Identification
Epigés	Barber	Elaborée (pour les carabes)
	Planche invertébré	Simplifiée sur le terrain
Volants	Piège cornet	Elaborée (pour les syrphes)
	Cuvettes jaunes	Elaborée (pour les syrphes)
Ravageurs	Observation visuelle	Simplifiée sur le terrain

3) Analyses prévues

1) L'inventaire des auxiliaires et des ravageurs de l'essai système de la Motte(95)

L'ensemble des prélèvements réalisés au cours de ce suivi contribueront à l'inventaire auxiliaire et ravageur de l'essai la Motte (95). Les espèces relevées seront comparées à la liste des espèces mentionnées ou potentiellement présentes sur le territoire du Parc naturel régional du Vexin français proposée par l'OPIE (Moulin *et al.*, 2007).

2) Comparaison des résultats issus des planches et des pots Barber

Pour rappel, l'objectif pour cette saison 2013 était **d'évaluer la capacité des planches à invertébrés terrestres à retranscrire des tendances de réponses des communautés d'invertébrés terricoles comparables à celles des pièges Barber.**

Pour comparer ces deux types de pièges, les espèces échantillonnées dans les pots Barber et identifiées à l'espèce ont été reclassées dans les catégories simplifiées proposées pour l'identification des plaques. Pour éviter tout biais, les espèces à intégrer dans chaque catégorie de l'identification simplifiée ont été définies à dire d'expert.

Le lieu d'étude et la position du piége dans la parcelle ont aussi été pris en compte dans l'analyse des données de cette année, qui portent sur deux sites (La Motte (95) et Boigneville (91)) et deux positions du piége dans la parcelle (dix premiers mètres de la parcelle et la ligne à 50 mètres du bord de parcelle). En effet, l'étude statistique de l'an passé sur les données issues du CASDAR « Les entomophages en grandes cultures » avait mis en avant des communautés de carabes différentes sur les trois régions étudiées (Rhônes-Alpes, Picardie et Centre) et sur les différentes positions des piéges dans la parcelle.

L'étude aurait aussi pu être menée à l'échelle de la parcelle cette année. Seulement, le faible nombre de pots par parcelle a limité les données pour pouvoir avancer sur ces questions. Il avait en effet aussi été montré lors du travail de l'an passé que les pratiques mises en place (culture en place, date d'implantation, travail du sol...) impactaient significativement les

communautés de carabes présentent sur la parcelle. Travailler sur ces questions nécessite néanmoins un nombre important de parcelles. Les quatorze parcelles échantillonnées au cours de cette année de suivi présentaient une diversité de pratiques culturales, chaque parcelle était en soi un cas particulier.

Les relevés sous les planches ayant été faits selon une classification simplifiée par grand groupe, l'indicateur de biodiversité qu'est la richesse spécifique n'a pu être utilisé tel quel. Néanmoins, pour les carabes, il a été envisageable de s'intéresser à la richesse en grands groupes échantillonés dans chaque type de piège.

Dans un premier temps, l'étude a tenté d'évaluer si le type de piège en place influençait l'abondance des différentes familles ou encore la richesse en groupe de carabes. L'objectif était de mettre en avant un éventuel effet du type de piège utilisé sur les communautés d'invertébrés échantillonnées. L'interaction entre la variable « type de piège » et la variable « site » ou « position du piège dans la parcelle » a systématiquement été testée. Chaque planche à invertébrés terrestres a été comparée avec chacun des trois pots se trouvant à son niveau. Comparer chacun des pots séparément a permis d'intégrer si besoin la variabilité entre pots.

3) Etude des résultats issus des planches et des pots Barber pris séparément

D'autres analyses ont ensuite visé à identifier, pour les Barber et les planches pris séparément cette fois, si des différences ou des similitudes entre sites et entre les positions des pièges dans la parcelle pouvaient être mises en avant pour chacune des variables à expliquer (abondance/ richesse en groupes). Chacun des tests a alors été mené pour les Barber puis pour les planches, et la comparaison des p-values obtenues pour chacun des pièges a permis d'appréhender la capacité des planches à retranscrire des tendances observées sous les Barber.

4) Les analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques ont été menées sous le logiciel libre R. Avant de se lancer dans l'analyse purement statistique, une analyse descriptive a permis d'appréhender la base de données.

Pour l'ensemble des tests menés, le risque alpha a été arrêté à 5 %. Dans tous les cas, la normalité des données (test de Shapiro-Wilk) et l'homogénéité des variances (test de Bartlett) ont été testées. Dans le cas où les conditions d'applications des tests paramétriques n'ont pas été remplies, les données ont été transformées pour travailler avec le logarithme, soit avec la racine carrée, avant de procéder à des comparaisons de moyennes (tests paramétriques de l'ANOVA). Même après transformation, il s'est néanmoins révélé que les conditions d'application des tests paramétriques n'étaient pas toujours remplies dans leur totalité. La taille réduite de

l'échantillon ne permettait pas d'atteindre systématiquement la normalité des résidus et/ou l'homogénéité des variances. L'échantillon présentait cependant toutes les caractéristiques pour répondre à ces conditions, s'il avait été plus conséquent. Pour ces raisons, en accord avec l'équipe statistique d'Arvalis Institut du végétal, il a été décidé de privilégier des ANOVA (test paramétrique) à des tests de Kruskal-Wallis (non paramétrique). Passer à des tests non paramétriques aurait en effet limité la puissance statistique des tests.

VII) Résultats et discussion

Cette année, 1277 pièges ont été relevés : 862 Barber et 415 planches à invertébrés. Sur 862 Barber, 324 ont été relevés à Boigneville et 538 à Chaussy. Parmi les 415 planches, 146 ont été relevées à Boigneville et 269 à Chaussy.

Le tableau 7 présente le nombre de Barber et de planches comprenant au moins un individu, pour chaque groupe échantillonné (carabe, araignée, staphylins, limace et taupin). Ainsi, plus de 98 % des Barber ont piégé au moins un carabe ou une araignée, alors que cela ne représente respectivement que 43% des planches pour les carabes et 37% des planches pour les araignées. Les carabes sont en majorité nocturnes, le début de matinée devrait donc être un moment où ils sont à la recherche d'un refuge. S'ils ne se trouvent pas sous les planches, c'est que la niche écologique créée sous ce refuge ne doit pas forcément être adaptée à leurs besoins. La même tendance se retrouve dans une moindre mesure concernant les staphylins et les taupins.

Tableau 7 : Proportion de Barber et de planches comprenant des individus pour chaque famille

	Nombre de pièges comprenant des individus			% de pièges comprenant des individus (arrondi à l'unité)		
Carabe						
Site	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)
Barber	852	529	323	99%	98%	100%
Planches	180	128	52	43%	48%	36%
Araignée						
Site	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)
Barber	842	521	321	98%	97%	99%
Planches	155	95	60	37%	35%	41%
Staphylins						
Site	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)
Barber	679	392	287	79%	73%	89%
Planches	41	29	12	10%	11%	8%
Limace						
Site	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)
Barber	203	144	59	28%	31%	18%
Planches	152	93	59	37%	35%	40%
Taupins						
Site	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)	Tous sites confondus	Chaussy (95)	Boigneville (91)
Barber	134	106	28	16%	20%	9%
Planches	9	8	1	2%	3%	1%

Au vu de ces premiers résultats, il faudrait prévoir d'échantillonner plus de planches que de pots Barber pour disposer d'un nombre identique de planches et de Barber comprenant des carabes, des araignées, des staphylin et des taupins. Par exemple, pour relever 100 pots Barber comprenant au moins un carabe, il suffirait de poser 101 ou 102 pots. Pour avoir 100 planches comprenant au moins un carabe, il faudrait positionner environ 230 planches. Les planches à invertébrés terrestres devraient permettre de gagner du temps sur la mise en place, le relevé et l'identification des individus. S'il faut en positionner un plus grand nombre pour disposer de données équivalentes, le temps gagné sur les autres étapes risque d'être rapidement perdu.

Pour essayer de limiter le nombre de planches sous lesquelles aucun individu n'est relevé et d'augmenter le nombre d'individus échantillonnés par planche, il pourrait être intéressant de réitérer l'étude en proposant de relever les planches au moment le plus chaud de la journée plutôt qu'en matinée. Lors des relevés de terrain, il a en effet semblé que les invertébrés étaient plus abondants lorsque le différentiel de température et d'humidité était important entre l'environnement extérieur et la surface sous la planche. Ces observations nécessitent néanmoins d'être vérifiées de manière plus rigoureuse.

Les taupins ont été échantillonnés de manière peu fréquente, aussi bien au sein des Barber que des planches. Soit l'espèce est en effet peu présente sur les lieux d'études, soit les deux méthodes de piégeage utilisées ne sont pas les plus adaptées pour suivre cette famille de coléoptères. D'autres préconisent d'utiliser plutôt des pièges à phéromones pour le suivi des taupins adultes, ou bien de les comptabiliser sur de petites bouteilles de luzerne positionnées sur une feuille en plastique (Groupe technique AB Franche Comté., 2013).

A l'inverse, 37% des planches comprennent des limaces, alors que cela ne représente que 28% des Barber. Dans ce cas, la niche écologique proposée sous la planche semble être adaptée à ce groupe, à la recherche d'humidité et d'ombre. Cette donnée semble intéressante dans le cadre d'une réduction des populations, car la planche aurait tendance à fixer les limaces et donc à les regrouper en un même endroit, à l'instar des pièges à limaces déjà utilisés en milieu agricole (type piège INRA-BAYER). Néanmoins, il faut noter que les pièges actuels pour le suivi des limaces fonctionnent bien et que des seuils d'intervention ont déjà pu être validés sur ces protocoles. Proposer un nouveau protocole impliquerai de travailler sur de nouveaux seuils, alors que les pièges actuels pour le suivi des limaces semblent remplir les objectifs visés par les agriculteurs et les organismes de recherche.

A) Espèces échantillonnées sur le site de la Motte

La figure 9 reprend les abondances moyennes de l'ensemble des familles d'auxiliaires et de ravageurs terricoles échantillonnées sur la Motte par pot Barber au cours de cette saison de piégeage. Il n'est pas aisé de discerner des tendances d'évolutions des abondances des auxiliaires et des ravageurs communes et/ou divergentes. On pourrait néanmoins penser que le pic d'abondance un peu plus marqué en semaine 22 des limaces pourrait avoir déclenché une augmentation de l'abondance des carabes dans les semaines suivantes.

Ce graphique permet aussi de mettre en avant la dynamique des populations d'auxiliaires : les araignées semblent présenter une courbe d'abondance avec des tendances similaires à celle de la courbe d'abondance des carabes, avec quatre semaines de décalage. Les relevés se sont arrêtés alors que l'abondance des araignées était en pleine augmentation. Pour une étude visant plus particulièrement à étudier les araignées, la période d'échantillonnage demanderait à être revue.

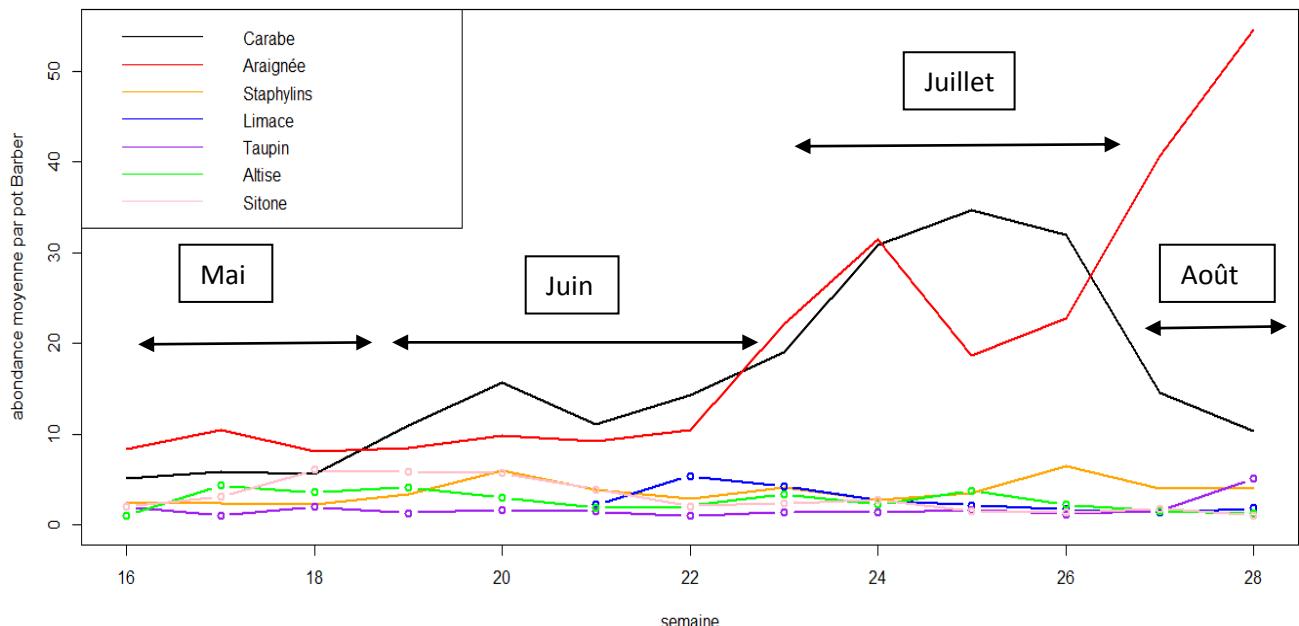


Figure 9 : Abondance moyenne des taxons échantillonnés par pot Barber sur le site de la Motte (95), au cours du temps

Pour des raisons de temps, de facilité d'identification et /ou de disponibilité en expert, seuls les carabes et les syrphes ont fait l'objet d'une identification à l'espèce. D'autres auxiliaires (araignées, staphylins, chrysopes, coccinelles, hyménoptères parasitoïdes) et des ravageurs (taupins, limaces, altises, sitones, pucerons, méligrèthes, charançon des siliques, cécidomyies orange) ont pu être recensés. Les méthodes d'échantillonnages sélectionnées n'étaient cependant pas forcément adaptées pour échantillonner toute la diversité des invertébrés épigés auxiliaires et ravageurs des cultures du lieu d'étude. L'enjeu n'était pas de proposer un inventaire exhaustif, il s'est limité aux groupes sélectionnés dans le cadre de l'étude. Ensuite, tous les individus échantillonnés n'ont pas pu être identifiés à l'espèce (araignées, staphylins...), ce qui limite considérablement la qualité de l'information dans un objectif de point auxiliaire et ravageur.

Pour les espèces identifiées à l'espèce, 59 espèces de carabes ont été recensées sur l'essai système de la Motte (95) pour cette saison de piégeage. Cet inventaire est disponible dans le tableau 8. Du point de vue de la richesse spécifique, les résultats sur la Motte sont légèrement au-dessus des moyennes annuelles européennes en milieu agricole (entre 30 et 55 taxons) calculées par Brunel *et al.* (1982). Sur les 59 espèces échantillonnées, 5

n'apparaissent pas dans la liste des espèces mentionnées ou potentiellement présentes sur le territoire du Parc naturel régional du Vexin français (Moulin *et al.*, 2007). Sur ces 5 espèces, 4 d'entre elles n'ont été recensées qu'en un ou deux spécimens. La cinquième espèce, *Nebria salina*, a été recensée plus de 50 fois avec plus de 420 spécimens. Cette espèce est inféodée aux milieux ouverts. L'étude de Moulin *et al.* (2007) s'est concentrée sur les milieux forestiers, ce qui expliquerait qu'une espèce de milieu ouvert ait pu passer inaperçue.

Six espèces recensées sont des espèces déterminantes de Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (DIREN Ile-de-France; 2002), et parmi ces espèces, trois d'entre elles semblent avoir un intérêt patrimonial (Moulin *et al.*, 2007).

Tableau 8 : Inventaire des espèces de carabes recensées sur la Motte (Chaussy, 95) classées par ordre de fréquence décroissante

Espèce	Nombre de fois où l'espèce a été comptabilisée dans un pot Barber (sur les 538 pots Barber échantillonés à Chaussy)	Abondance moyenne par pot Barber comprenant l'espèce
Espèce non présente dans l'inventaire de l'OPIE (Moulin <i>et al.</i>, 2007) et recensée dans les pots Barber au cours de la saison de piégeage sur la Motte (95)		
Espèce déterminante de ZNIEFF		
Espèce déterminante de ZNIEFF + espèce patrimoniale		
<i>Poecilus cupreus</i>	481	4
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	309	5.2
<i>Harpalus affinis</i>	257	5
<i>Pterostichus melanarius</i>	203	5.3
<i>Anchomenus dorsalis</i>	132	5.7
<i>Metallina lampros</i>	101	5.9
<i>Agonum muelleri</i>	92	8.5
<i>Amara similata</i>	69	7.2
<i>Nebria salina</i>	57	4.7
<i>Carabus violaceus purpurascens</i>	44	6.1
<i>Trechus quadristriatus</i>	32	10.9
<i>Phyla obtusa</i>	30	7.2
<i>Calathus fuscipes</i>	25	13.2
<i>Harpalus distinguendus</i>	22	11.7
<i>Acupalpus meridianus</i>	20	10.9
<i>Demetrias atricapillus</i>	17	8.7
<i>Amara aenea</i>	15	10.8
<i>Loricera pilicornis</i>	15	5.3
<i>Amara familiaris</i>	12	11.2
<i>Pterostichus vernalis</i>	10	12.5
<i>Amara bifrons</i>	9	8.6
<i>Cicindela campestris</i>	9	5.7
<i>Notiophilus aquaticus</i>	9	7.6
<i>Brachinus explodens</i>	7	9.7
<i>Notiophilus biguttatus</i>	7	5.7
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	5	7.4

<i>Notiophilus substriatus</i>	5	10.4
<i>Pterostichus madidus</i>	5	9.8
<i>Carabus monilis</i>	4	7.8
<i>Badister bullatus</i>	4	13.3
<i>Microlestes minutulus</i>	4	11
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	4	18.3
<i>Abax parallelepipedus</i>	3	3
<i>Amara lunicollis</i>	3	11.7
<i>Stomis pumicatus</i>	3	9.7
<i>Amara ovata</i>	3	2.7
<i>Badister sodalis</i>	2	10.5
<i>Paraphonus maculicornis</i>	2	4.5
<i>Amara apricaria</i>	1	12
<i>Amara aulica</i>	2	9
<i>Amara consularis</i>	1	8
<i>Amara montivaga</i>	1	5
<i>Amara plebeja</i>	1	14
<i>Anisodactylus binotatus</i>	1	8
<i>Asaphidion stierlini</i>	1	6
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1	4
<i>Brachinus sclopeta</i>	1	24
<i>Calathus gr. melanocephalus</i>	1	16
<i>Diachromus germanus</i>	1	5
<i>Drypta dentata</i>	1	10
<i>Harpalus dimidiatus</i>	1	4
<i>Harpalus rubripes</i>	1	5
<i>Harpalus rufipalpis</i>	1	7
<i>Metallina properans</i>	1	3
<i>Nebria brevicollis</i>	1	5
<i>Ocydromus deletus</i>	1	4
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	1	6
<i>Poecilus versicolor</i>	1	10
<i>Syntomus foveatus</i>	1	20

En ce qui concerne les syrphes, sur les 15 espèces recensées, 10 n'apparaissent pas dans la liste des espèces mentionnées ou potentiellement présentes sur le territoire du Parc naturel régional du Vexin français (Moulin *et al.*, 2007). Là aussi, le fait que l'étude se soit majoritairement basée sur les milieux forestiers expliquerait que ces espèces soient passées à travers l'inventaire. L'ensemble de ces espèces avaient en effet pu être recensées en région Ile de France au cours du dernier CASDAR « Les entomophages en grandes cultures », ce ne sont pas des espèces rares dans la région en milieu ouvert.

Le tableau 9 reprend les espèces de syrphes recensées sur le site de la Motte et spécifie celles qui ne font pas partie de la liste établie par Moulin *et al.* (2007).

Tableau 9 : Espèces de syrphes recensées sur la Motte (Chaussy, 95)

Présentes dans l'inventaire de l'OPIE	Absentes de l'inventaire de l'OPIE
<i>Chrysotoxum</i> sp. <i>Eristalis pertinax</i> <i>Eristalis tenax</i> <i>Platycheirus peltatus</i> <i>Sphaerophoria scripta</i>	<i>Episyrphus balteatus</i> <i>Eupeodes corollae</i> <i>Eupeodes latifasciatus</i> <i>Melanostoma scalare</i> <i>Parasyrphus tarsatus</i> <i>Pipizella</i> sp. - <i>Pipizella vidiata</i> <i>Platycheirus albimanus</i> <i>Platycheirus manicatus</i> <i>Platycheirus scutatus</i> <i>Xanthogramma pedissequum</i>

B) Comparaison des résultats issus des planches et des pots Barber

L'enjeu premier était de **tester si une différence d'abondance pouvait ou non être mise en avant entre les deux pièges testés**. L'étude s'est aussi intéressée à voir s'il pouvait y avoir un effet du site (Boigneville ou Chaussy) ou de la position du piège dans la parcelle sur cette même variable quantitative.

5) Déclinaison de l'étude pour les principaux auxiliaires et ravageurs

Lorsque l'on s'intéresse à l'abondance des principaux auxiliaires des cultures (carabes, staphylins et araignées), une interaction significative entre le type de piège et le site suivi (p value =1.070e-06) a pu être mise en avant. Néanmoins, aucune interaction significative n'a pu être démontrée entre le type de piège et la position du piège au sein de la parcelle.

Sur les deux sites (p-value < 1 e-05) et quelle que soit la position du piège dans la parcelle (p-value < 2e-16), les Barber ont échantillonné significativement plus d'auxiliaires que les planches (*cf.* figure 10 et 11). En moyenne, tous sites et toutes positions du piège dans la parcelle confondus, les Barber ont échantillonnes 19 fois plus d'auxiliaires que les planches. Il y a en moyenne eu plus d'auxiliaires d'échantillonnés à Boigneville qu'à Chaussy (p-value < 1 e-05). Par contre, aucune différence significative entre les abondances moyennes des principaux auxiliaires entre les deux positions des pièges dans la parcelle n'a pu être mise en avant (p-value = 0.9322).

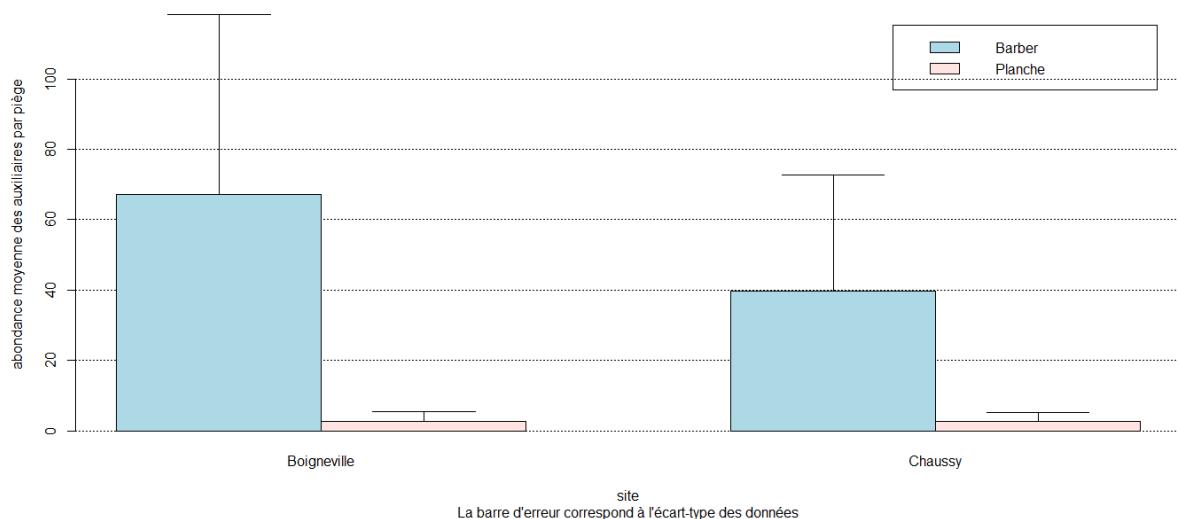


Figure 10 : Abondance moyenne des principaux auxiliaires par site en fonction du type de piège

(avec n Barber-Boigneville = 324, n Planche-Boigneville = 70, n Barber-Chaussé = 537 et n Planche-Chaussé = 132)

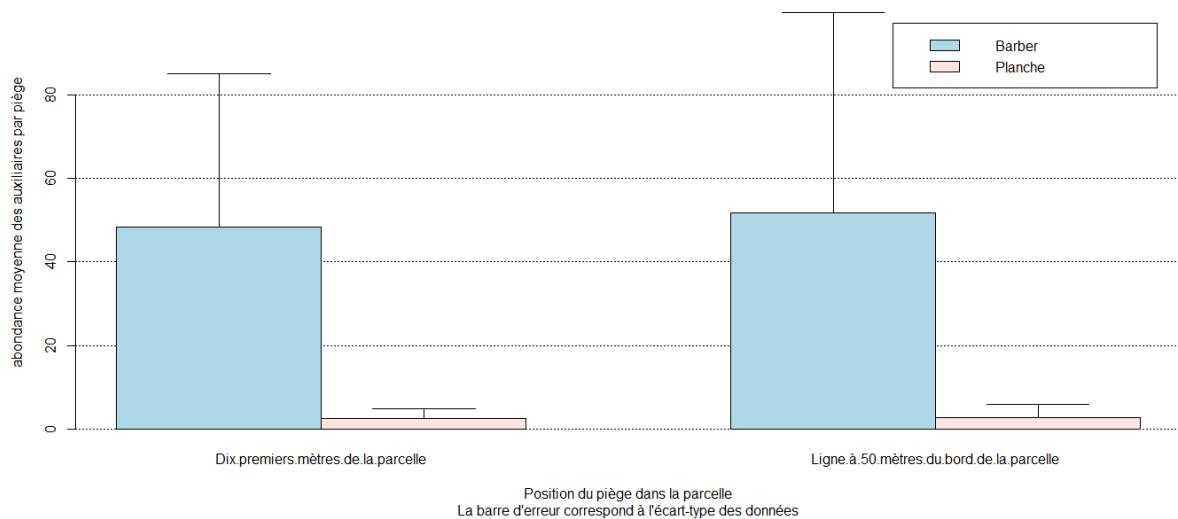


Figure 11 : Abondance moyenne des principaux auxiliaires selon la position du piége dans la parcelle et du type de piège

(avec n Barber-10m = 416, n Planche-10m = 101, n Barber-50m = 445 et n Planche-50m = 101)

Si l'on se focalise sur l'abondance des principaux ravageurs des cultures échantillonnés (Limaces et taupins), aucune interaction entre le type de piége et le site suivi ($p\text{-value} = 0.58668$), ou encore entre le type de piége et la position du piége dans la parcelle ($p\text{-value} = 0.4605$) n'a été observée. L'abondance moyenne des principaux ravageurs n'est pas significativement différente entre les deux types de piéges, que l'on soit à l'échelle du site ($p\text{-value} = 0.59796$) ou des différentes positions du piége dans la parcelle ($p\text{-value} = 0.06875$)

(cf. figure 12 et 13). Néanmoins, elle tend à être plus élevée au sein des Barber que des planches. L'abondance moyenne par pot des principaux ravageurs est significativement plus élevée à Boigneville qu'à Chaussy (p-value = 0.02066). Elle n'est par contre pas différente entre les deux positions du piège dans la parcelle (p-value = 0.9176).

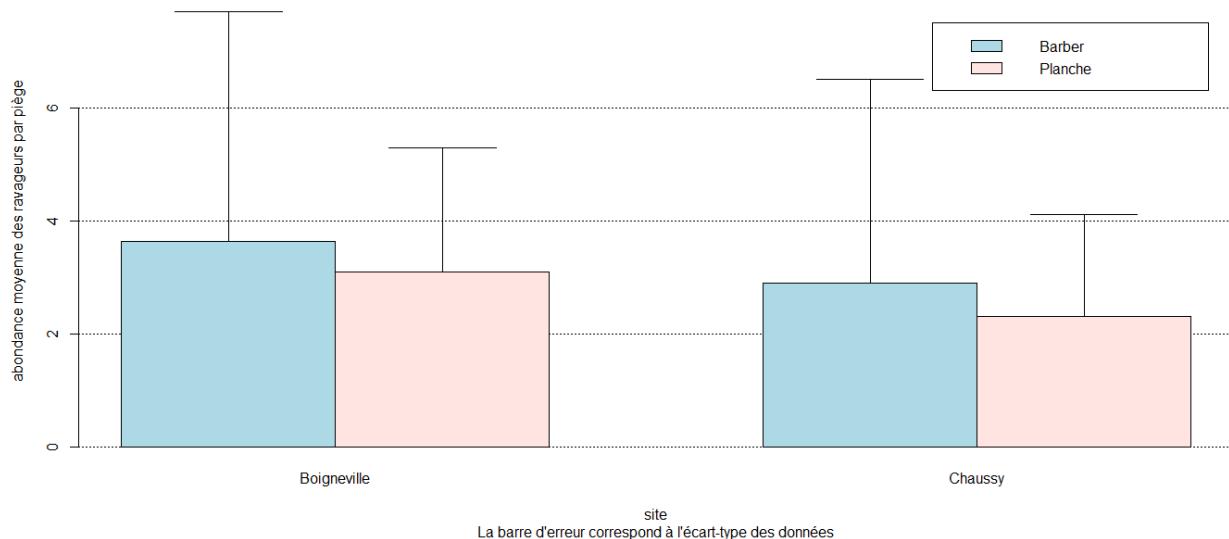


Figure 12 : Abondance moyenne des principaux ravageurs par type de piège et par site

(avec n Barber-Boigneville = 85, n Planche-Boigneville = 41, n Barber-Chaussy = 218 et n Planche-Chaussy = 62)

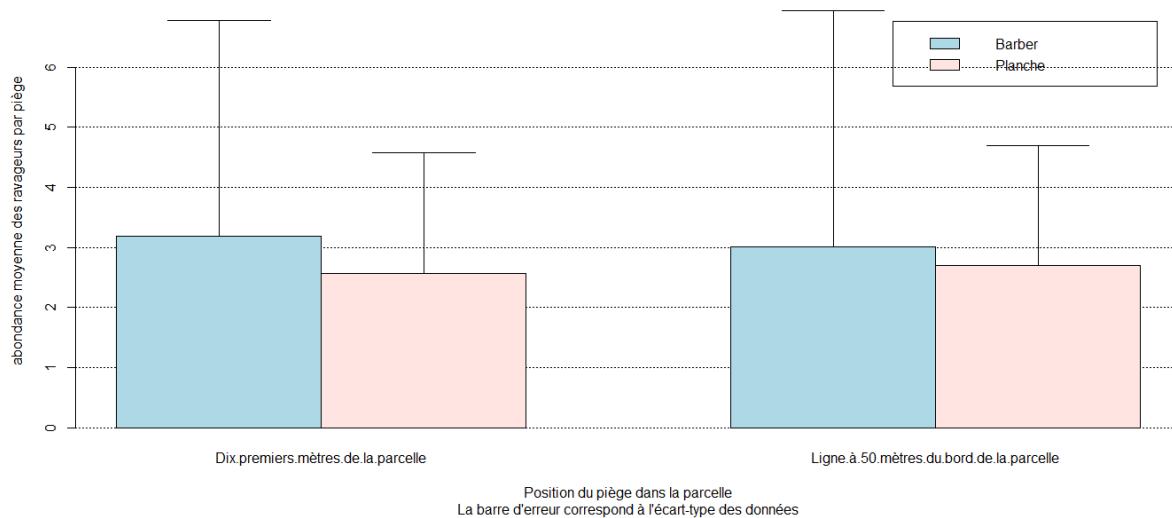


Figure 13: Abondance moyenne des différents ravageurs selon la position du piège dans la parcelle et du type de piège

(avec n Barber-10m = 150, n Planche-10m = 57, n Barber-50m = 153 et n Planche-50m = 46)

6) Déclinaison de l'étude pour chacun des groupes échantillonnés

Pour aller plus loin, l'étude a été déclinée de façon plus précise par groupes échantillonnés (carabes, staphylins, araignées, taupins et limace) et selon la distance au bord de parcelle à laquelle ont été positionnés les pièges (soit sur les 10 premiers mètres de la parcelle, soit sur une ligne à 50 mètres de ce même bord de parcelle). Pour chacune des lignes, les 3 pots ont été comparés un à un avec la planche se trouvant à leur niveau.

Quelle que soit la distance au bord de parcelle à laquelle les pots ont pu être installés, une interaction entre le type de piège installé (Barber ou planche) et les groupes échantillonnés a pu être mise en avant lorsque la variable à expliquer était l'abondance ($p\text{-value} < 2.2\text{e-}16$). Les interactions entre ces différentes variables explicatives ont été commentées ci-dessous pour chaque groupe.

a) *Les carabes*

Quelle que soit la distance des pièges au bord de parcelle, les moyennes d'abondances des carabes sont plus élevées au sein des Barber que des planches (*cf. figure 14*). Toutes distances confondues, elles sont presque 9 fois plus élevées au sein des Barber que des planches. Chacun des 3 Barber de la ligne à 10 mètres du bord de parcelle présente une $p\text{-value}$ inférieure à 1e-05 avec la planche en bord de parcelle. Il en est de même entre chacun des trois Barber de la ligne à 50 mètres du bord de parcelle et la planche qui se trouve à son niveau.

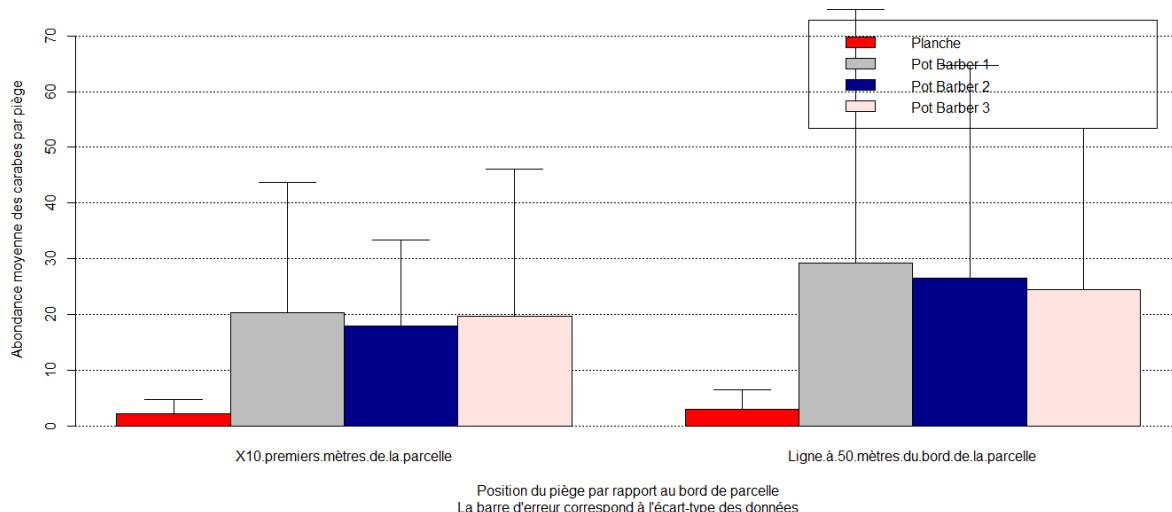


Figure 14: Abondance moyenne des carabes par piège sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus

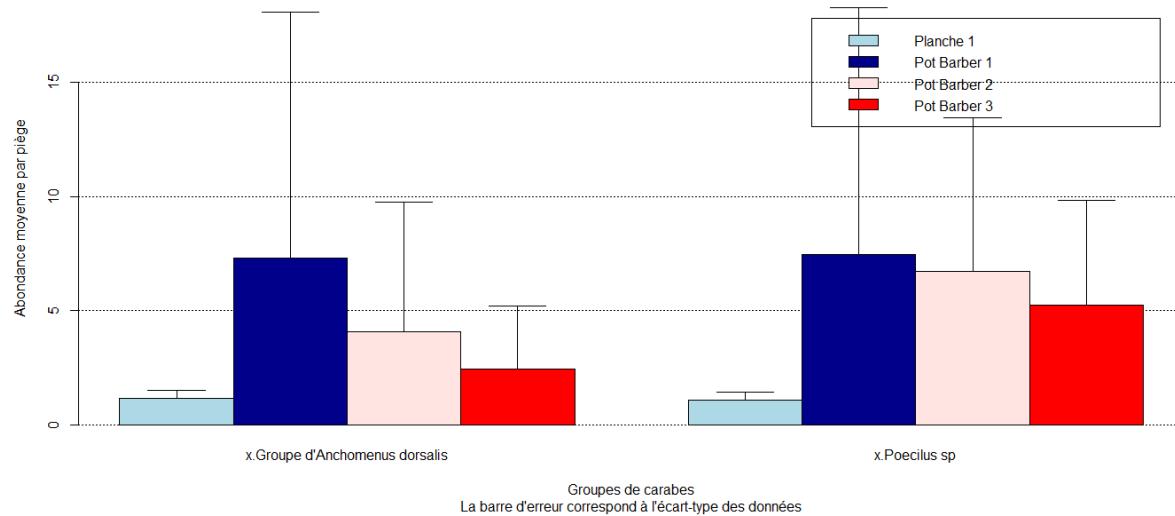
(avec n planche-10m = 56, n pot 1-10m = 138, n pot 2-10m = 137, n pot 3-10m = 138, n planche-50m = 66, n pot 1-50m = 146, n pot 2-50m = 149, n pot 3-50m = 144)

Pour aller plus loin au sein des carabes, les analyses ont été déclinées par site et menées à l'échelle des groupes de carabes proposés dans le cadre de l'identification simplifiée. L'interprétation se doit néanmoins d'être faite avec précaution compte tenu du faible nombre de planches ayant échantillonné au moins un individu pour chacun des groupes. Cette première démarche se veut exploratoire, et demandera à être retravaillé avec plus de données. L'ensemble des résultats issus de ces analyses sont disponibles dans les tableaux 10 et 11.

Tableau 10: Influence du type de piège sur l'abondance moyenne des groupes de carabes sur la Motte (95) selon la distance au bord de parcelle

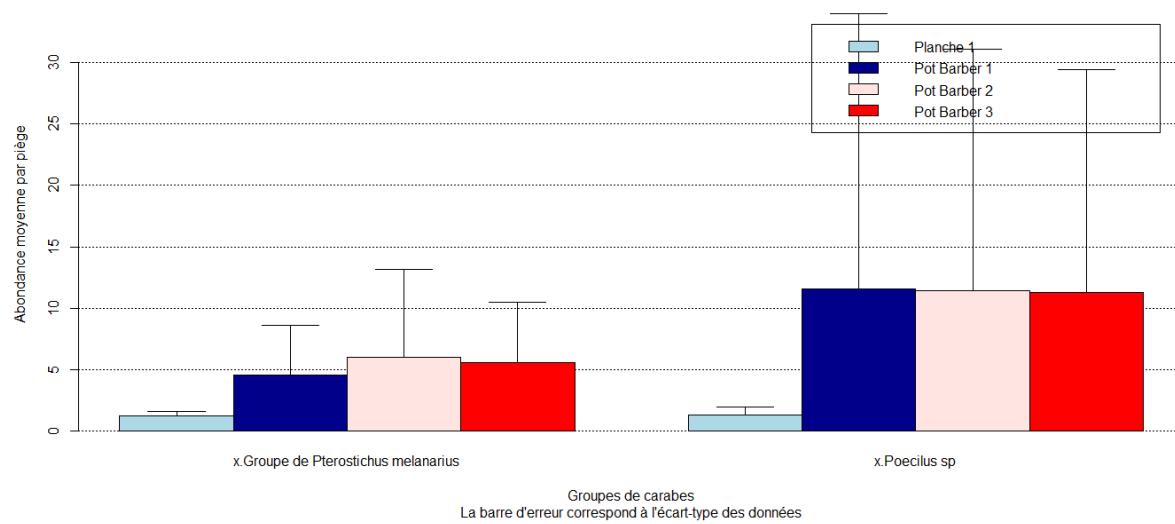
Distance au bord de parcelle	Interaction variable position du piége et type piége	Représentation graphique	Résultats	P-values (valeurs extrêmes des p-values de chacun des pots de la ligne avec la planche à son niveau)																		
La Motte, Chaussy (95)																						
Abondance																						
10 premiers mètres de la parcelle	Non	Figure 15	<p>Sur les 14 groupes échantillonnés sur les 10 premiers mètres de la parcelle, 9 sont représentés sous les planches. 2 de ces espèces présentent des abondances plus élevées au sein des Barber que des planches (a). Il s'agit des groupes de :</p> <table border="0"> <tr> <td>- <i>Poecilus sp</i></td><td>[0.00014; 0.00001]</td></tr> <tr> <td>- <i>Pseudoophonus rufipes</i> (sauf pour un pot qui ne présente pas de différence avec la planche)</td><td>[0.01872 ; 0.04062]</td></tr> </table> <p>Les 7 autres espèces ne présentent pas d'abondances significativement différentes entre la planche et les pots Barber (b):</p> <table border="0"> <tr> <td>- <i>Loricera pilicornis</i></td><td>= 0.99294</td></tr> <tr> <td>- <i>Metallina lampros</i></td><td>[0.99370;0.99913]</td></tr> <tr> <td>- <i>Harpalus affinis</i></td><td>[0.68069; 0.99421]</td></tr> <tr> <td>- "Autre" (1 à 2 cm)</td><td>[0.89638 ; 0.92791]</td></tr> <tr> <td>- « Autre » (+ de 2 cm)</td><td>[0.99691; 0.99991]</td></tr> <tr> <td>- <i>Pterostichus melanarius</i></td><td>[0.10526;0.19877]</td></tr> <tr> <td>- <i>Anchomenus dorsalis</i> (sauf pour un pot qui présente des abondances plus élevées au sein des Barber que des planches)</td><td>[0.19351 ;0.65910]</td></tr> </table> <p>Les 5 groupes non représentés sous les planches sont les groupes de <i>Carabus auratus</i>, <i>Amara sp</i>, Autre (moins de 1 cm), <i>Brachinus sp</i> et <i>Nebria sp</i>.</p>	- <i>Poecilus sp</i>	[0.00014; 0.00001]	- <i>Pseudoophonus rufipes</i> (sauf pour un pot qui ne présente pas de différence avec la planche)	[0.01872 ; 0.04062]	- <i>Loricera pilicornis</i>	= 0.99294	- <i>Metallina lampros</i>	[0.99370;0.99913]	- <i>Harpalus affinis</i>	[0.68069; 0.99421]	- "Autre" (1 à 2 cm)	[0.89638 ; 0.92791]	- « Autre » (+ de 2 cm)	[0.99691; 0.99991]	- <i>Pterostichus melanarius</i>	[0.10526;0.19877]	- <i>Anchomenus dorsalis</i> (sauf pour un pot qui présente des abondances plus élevées au sein des Barber que des planches)	[0.19351 ;0.65910]	
- <i>Poecilus sp</i>	[0.00014; 0.00001]																					
- <i>Pseudoophonus rufipes</i> (sauf pour un pot qui ne présente pas de différence avec la planche)	[0.01872 ; 0.04062]																					
- <i>Loricera pilicornis</i>	= 0.99294																					
- <i>Metallina lampros</i>	[0.99370;0.99913]																					
- <i>Harpalus affinis</i>	[0.68069; 0.99421]																					
- "Autre" (1 à 2 cm)	[0.89638 ; 0.92791]																					
- « Autre » (+ de 2 cm)	[0.99691; 0.99991]																					
- <i>Pterostichus melanarius</i>	[0.10526;0.19877]																					
- <i>Anchomenus dorsalis</i> (sauf pour un pot qui présente des abondances plus élevées au sein des Barber que des planches)	[0.19351 ;0.65910]																					
Ligne à 50 mètres du bord de parcelle	Non	Figure 16	<p>Sur les 12 groupes échantillonnés sur la ligne à 50 mètres de la parcelle, 9 sont représentés sous les planches. 2 de ces espèces présentent des abondances plus élevées au sein des Barber que des planches. Il s'agit des groupes de :</p> <table border="0"> <tr> <td>- <i>Poecilus sp</i></td><td><0.00005</td></tr> <tr> <td>- <i>Pterostichus melanarius</i></td><td>[0.00035; 0.00485]</td></tr> </table> <p>Les 7 autres espèces ne présentent pas d'abondances significativement différentes entre la planche et les pots Barber :</p> <table border="0"> <tr> <td>- <i>Loricera pilicornis</i></td><td>[0.99960;1.00000]</td></tr> <tr> <td>- <i>Metallina lampros</i></td><td>[0.92335;0.98944]</td></tr> <tr> <td>- <i>Pseudoophonus rufipes</i></td><td>[0.75080;0.94615]</td></tr> <tr> <td>- <i>Amara sp</i></td><td>[0.97823; 0.99999]</td></tr> <tr> <td>- « Autre » (- de 1 cm)</td><td>[0.83607; 0.99038]</td></tr> <tr> <td>- « Autre » (+ de 2 cm)</td><td>[0.99230; 0.99881]</td></tr> </table>	- <i>Poecilus sp</i>	<0.00005	- <i>Pterostichus melanarius</i>	[0.00035; 0.00485]	- <i>Loricera pilicornis</i>	[0.99960;1.00000]	- <i>Metallina lampros</i>	[0.92335;0.98944]	- <i>Pseudoophonus rufipes</i>	[0.75080;0.94615]	- <i>Amara sp</i>	[0.97823; 0.99999]	- « Autre » (- de 1 cm)	[0.83607; 0.99038]	- « Autre » (+ de 2 cm)	[0.99230; 0.99881]			
- <i>Poecilus sp</i>	<0.00005																					
- <i>Pterostichus melanarius</i>	[0.00035; 0.00485]																					
- <i>Loricera pilicornis</i>	[0.99960;1.00000]																					
- <i>Metallina lampros</i>	[0.92335;0.98944]																					
- <i>Pseudoophonus rufipes</i>	[0.75080;0.94615]																					
- <i>Amara sp</i>	[0.97823; 0.99999]																					
- « Autre » (- de 1 cm)	[0.83607; 0.99038]																					
- « Autre » (+ de 2 cm)	[0.99230; 0.99881]																					

			- <i>Anchomenus dorsalis</i> (sauf pour un pot qui présente une abondance plus élevée au sein des Barber que des planches)	[0.09579; 0.13439]
			Les 4 groupes non représentés sous les planches sont les groupes de <i>Harpalus affinis</i> , Autre (1 à 2 cm), <i>Nebria sp</i> et <i>Brachinus sp</i> .	



(avec n *Anchomenus dorsalis* – Planche 1 = 7, n *Anchomenus dorsalis* – Pot 1 = 19, n *Anchomenus dorsalis* – Pot 2 = 22, n *Anchomenus dorsalis* – Pot 3 = 18, n *Poecilus sp* – Planche 1 = 10, n *Poecilus sp* – Pot 1 = 74, n *Poecilus sp* – Pot 2 = 72, n *Poecilus sp* – Pot 3 = 77)

Figure 15: Abondance moyenne par piège pour les groupes d'*Anchomenus dorsalis* et de *Poecilus sp* sur la Motte sur les 10 premiers mètres de la parcelle

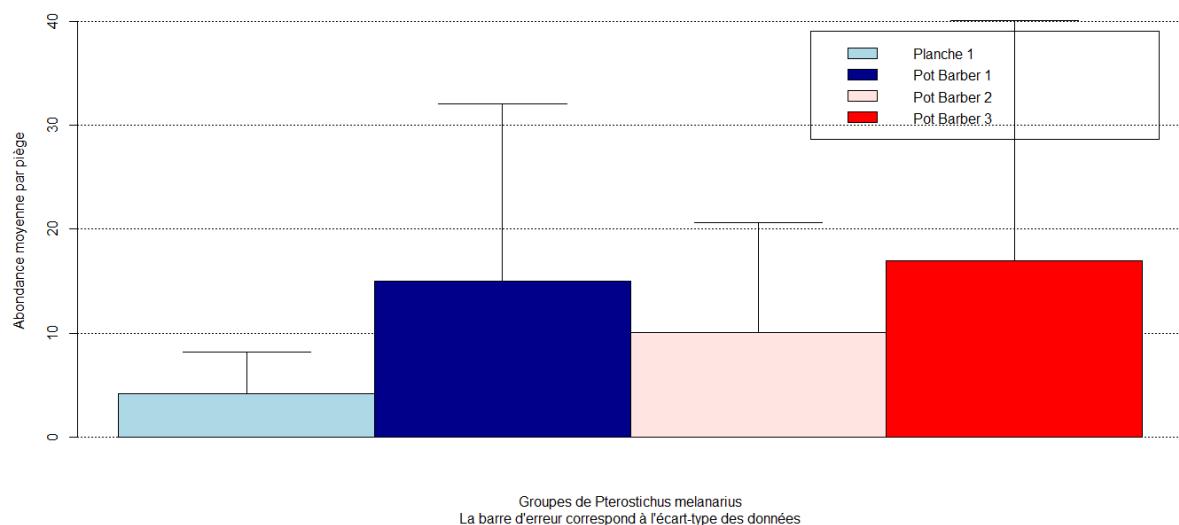


(avec n *Pterostichus melanarius* – Planche 1 = 16, n *Pterostichus melanarius* – Pot 1 = 39, n *Pterostichus melanarius* – Pot 2 = 34, n *Pterostichus melanarius* – Pot 3 = 38, n *Poecilus sp* – Planche 1 = 16, n *Poecilus sp* – Pot 1 = 90, n *Poecilus sp* – Pot 2 = 89, n *Poecilus sp* – Pot 3 = 82)

Figure 16: Abondance moyenne par type de piège et pour les groupes de *Pterostichus melanarius* et *Poecilus sp*. sur la Motte sur la ligne à 50 m du bord de parcelle

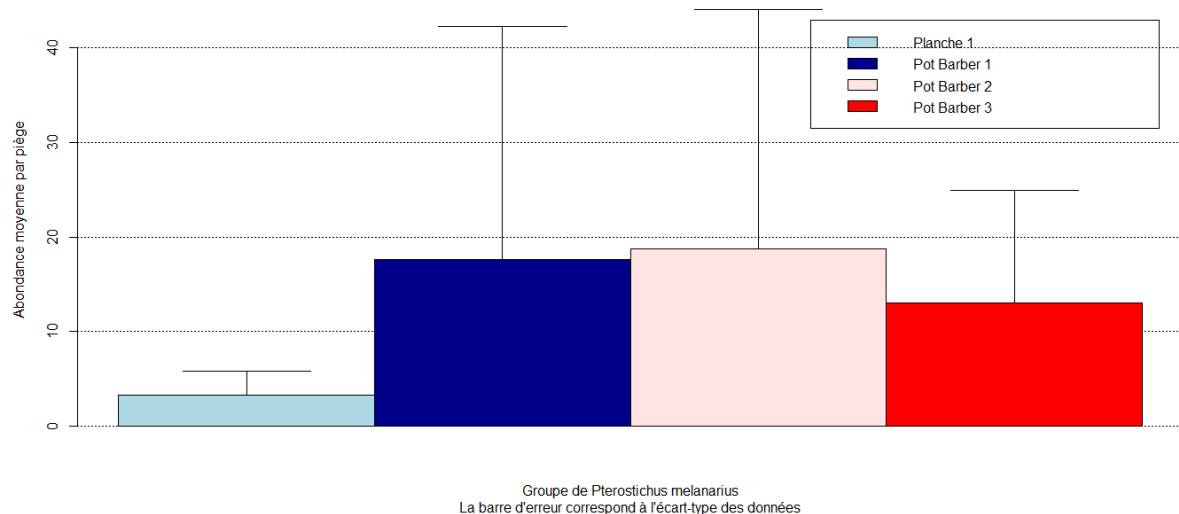
Tableau 11 : Influence du type de piège sur l'abondance moyenne des groupes de carabes sur Boigneville (91) selon la distance au bord de parcelle

Distance au bord de parcelle	Interaction variable position du piège et type piège	Représentation graphique	Résultats	P-values (valeurs extrêmes des p-values de chacun des pots de la ligne avec la planche à son niveau)												
Boigneville (91)																
Abondance																
10 premiers mètres de la parcelle	Non	Figure 17	<p>Sur les 12 groupes échantillonnés sur les 10 premiers mètres de la parcelle, 6 sont représentés sous les planches. 5 de ces groupes présentent des abondances qui ne sont pas significativement différentes au sein des Barber et des planches. Il s'agit des groupes de :</p> <table> <tr> <td>-<i>Poecilus sp</i></td><td>[0.60502; 0.77599]</td></tr> <tr> <td>-<i>Anchomenus dorsalis</i></td><td>[0.80764; 0.84879]</td></tr> <tr> <td>-<i>Harpalus affinis</i></td><td>[0.90667; 0.99336]</td></tr> <tr> <td>-<i>Pseudoophonus rufipes</i></td><td>[0.87269; 0.99807]</td></tr> <tr> <td>-Autre (moins de 1 cm)</td><td>[0.85937; 0.94475]</td></tr> </table> <p>Seuls les <i>Pterostichus melanarius</i> présentent des abondances supérieures au sein des Barber que des planches (p-value [0.00448; 0.01410]), sauf pour un des pots.</p> <p>Les 6 groupes non représentés sous les planches mais présents sous un ou plusieurs Barber de la ligne sont les groupes de <i>Metallina lampros</i>, <i>Loricera pilicornis</i>, <i>Amara</i> sp., <i>Brachinus</i> sp., <i>Nebria</i> sp. et « Autre » (1 à 2 cm). Les grandes espèces, présentent sur Chaussy, n'ont pas été échantillonnées sur Boigneville (groupe de <i>Carabus auratus</i> et « Autre » plus de 2 cm).</p>	- <i>Poecilus sp</i>	[0.60502; 0.77599]	- <i>Anchomenus dorsalis</i>	[0.80764; 0.84879]	- <i>Harpalus affinis</i>	[0.90667; 0.99336]	- <i>Pseudoophonus rufipes</i>	[0.87269; 0.99807]	-Autre (moins de 1 cm)	[0.85937; 0.94475]			
- <i>Poecilus sp</i>	[0.60502; 0.77599]															
- <i>Anchomenus dorsalis</i>	[0.80764; 0.84879]															
- <i>Harpalus affinis</i>	[0.90667; 0.99336]															
- <i>Pseudoophonus rufipes</i>	[0.87269; 0.99807]															
-Autre (moins de 1 cm)	[0.85937; 0.94475]															
Ligne à 50 mètre du bord de parcelle	Non	Figure 18	<p>Sur les 10 groupes échantillonnés sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, 6 sont représentés sous les planches. 2 de ces groupes présentent des abondances plus élevées au sein des Barber que des planches.</p> <p>Il s'agit des groupes de :</p> <table> <tr> <td>-<i>Pterostichus melanarius</i></td><td>[0.00080; 0.00279]</td></tr> <tr> <td>-<i>Poecilus sp</i> (sauf pour un pot)</td><td>[0.02494; 0.03821]</td></tr> </table> <p>Les 4 autres groupes ne présentent pas d'abondances significativement différentes entre les Barber et les planches.</p> <table> <tr> <td>-<i>Anchomenus dorsalis</i></td><td>[0.77709; 0.84949]</td></tr> <tr> <td>-<i>Metallina lampros</i></td><td>[0.84234; 0.94827]</td></tr> <tr> <td>-<i>Pseudoophonus rufipes</i></td><td>[0.37824; 0.67249]</td></tr> <tr> <td>- <i>Harpalus affinis</i></td><td>[0.99525; 0.99676]</td></tr> </table> <p>Les 4 groupes non représentés sous les planches mais présents sous un ou plusieurs Barber de la ligne sont les groupes de <i>Loricera pilicornis</i>, <i>Amara</i> sp., <i>Nebria</i> sp. et « Autre » (- de 1 cm).</p>	- <i>Pterostichus melanarius</i>	[0.00080; 0.00279]	- <i>Poecilus sp</i> (sauf pour un pot)	[0.02494; 0.03821]	- <i>Anchomenus dorsalis</i>	[0.77709; 0.84949]	- <i>Metallina lampros</i>	[0.84234; 0.94827]	- <i>Pseudoophonus rufipes</i>	[0.37824; 0.67249]	- <i>Harpalus affinis</i>	[0.99525; 0.99676]	
- <i>Pterostichus melanarius</i>	[0.00080; 0.00279]															
- <i>Poecilus sp</i> (sauf pour un pot)	[0.02494; 0.03821]															
- <i>Anchomenus dorsalis</i>	[0.77709; 0.84949]															
- <i>Metallina lampros</i>	[0.84234; 0.94827]															
- <i>Pseudoophonus rufipes</i>	[0.37824; 0.67249]															
- <i>Harpalus affinis</i>	[0.99525; 0.99676]															



(avec n *Pterostichus melanarius* – Planche 1 = 10, n *Pterostichus melanarius* – Pot 1 = 30, n *Pterostichus melanarius* – Pot 2 = 30, n *Pterostichus melanarius* – Pot 3 = 29)

Figure 17: Abondance par type de piège et pour le groupe de *Pterostichus melanarius* sur Boigneville sur les 10 premiers mètres de la parcelle



(avec n *Pterostichus melanarius* – Planche 1 = 13, n *Pterostichus melanarius* – Pot 1 = 29, n *Pterostichus melanarius* – Pot 2 = 30, n *Pterostichus melanarius* – Pot 3 = 29)

Figure 18: Abondance par type de piège pour le groupe de *Pterostichus melanarius* sur Boigneville sur la ligne à 50 m du bord de parcelle

Il ressort de l'ensemble de ces analyses que certains groupes ne sont que très rarement représentés sous les planches alors qu'ils le sont dans les Barber qui se trouvent à leur niveau : il s'agit des groupes de *Nebria* sp., *Amara* sp. et *Brachinus* sp.. Dans une moindre mesure, les groupes « Autres » (moins de 1 cm et 1 à 2 cm) présentent la même tendance. Bien qu'elles soient présentes dans les Barber, l'ensemble de ces espèces quasi-absentes des planches

restent néanmoins peu représentées au sein des pots Barber. Elles ont pu ne pas avoir été comptabilisées parce que la niche écologique que constitue le dessous de la planche ne leur convenait pas, ou parce qu'elles ont eu le temps de s'échapper avant d'avoir pu être comptabilisées. Ces espèces sont en effet majoritairement petites (*Amara* sp., *Brachinus* sp., « Autres » (moins de 1 cm)), elles pourraient de ce fait avoir une facilité à s'introduire dans les anfractuosités du sol comparativement à de plus grosses espèces.

Sur le site de Boigneville, le groupe de *Loricera pilicornis* n'a pas été comptabilisé sous les planches alors qu'il l'était au sein des Barber. Ce groupe a néanmoins été comptabilisé sur Chaussy (95) dans les deux types de pièges. Ce résultat peut être lié à un effet expérimentateur, notamment lorsque l'on est en présence d'une espèce relativement peu présente, aussi bien sous les planches que dans les Barber. Il est en effet probable que chaque personne effectuant des relevés ait plus « d'affinité » pour une espèce ou une autre. Un biais peut alors être induit, soit parce que l'expérimentateur en question va comptabiliser en priorité cette espèce lorsqu'elle sera présente (au risque que d'autres ne se sauvent avant d'avoir pu être recensées) ou à l'inverse va identifier en priorité les autres espèces.

Les groupes de *Poecilus cupreus* et de *Pterostichus melanarius* tendent à être plus abondants au sein des Barber que des planches, aussi bien sur les 10 premiers mètres de la parcelle que sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle. A l'inverse, les groupes de *Harpalus affinis*, *Metalina lampros*, *Pseudoophonus rufipes* et d'*Anchomenus dorsalis* ne présentent majoritairement pas de différence significative d'abondance entre les Barber et les planches. Les espèces qui sont aussi bien échantillonnées sous les planches que les pots Barber sont des espèces qui présentent souvent une taille (groupe de *Pseudoophonus rufipes*) et/ou une couleur (groupe d'*Anchomenus dorsalis*, *Pseudoophonus rufipes*, *Harpalus affinis*) facilement repérable. Du fait de la rapidité d'identification imposée par une identification sur le terrain, l'œil serait attiré par les espèces les plus visibles en premier. Les espèces relativement grandes et/ou les espèces colorées seraient alors prioritairement comptabilisées, les espèces plus discrètes et/ou rapides pourraient avoir le temps de s'enfuir avant d'avoir pu être identifiées.

Enfin, les richesses en groupes de carabes sont plus élevées au sein des Barber que des planches sur les deux sites (*cf.* figure 19) ($p\text{-value} < 1e-05$). Elles sont ainsi en moyenne 4.7 fois plus élevées au sein des Barber que des planches. Ces résultats permettent de conclure que le piège/refuge mis en place influence la richesse en groupes de carabes estimée.

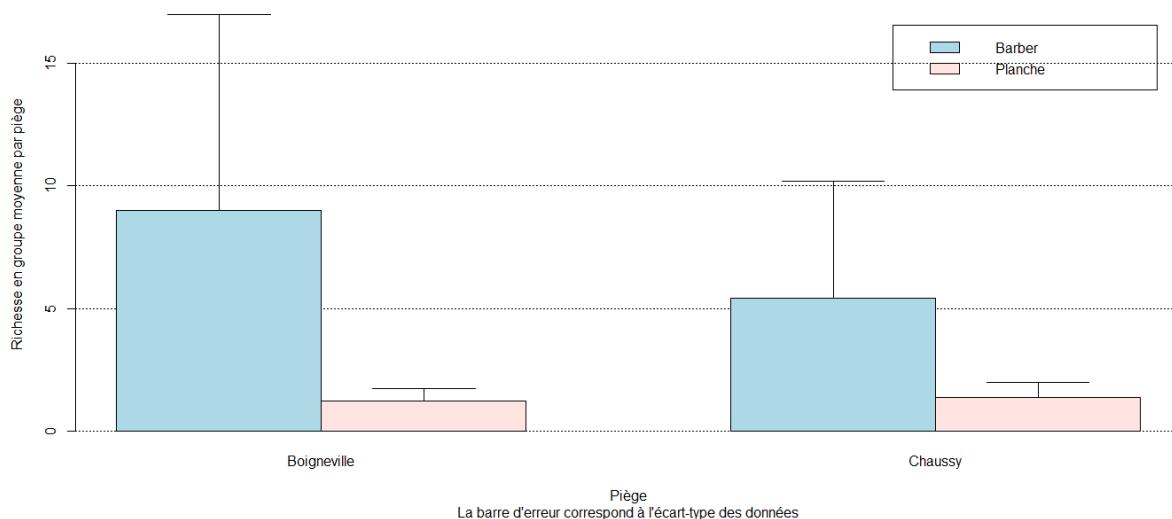


Figure 19: Richesse en groupes de carabes sous planches et au sein des Barber sur les deux sites échantillonnés

(avec n Barber-Boigneville = 529, n planche-Boigneville = 128 , n Barber-Chaussy = 323, n planche-Chaussy = 52)

b) Les araignées

Après s'être intéressé aux carabes, le même travail a été effectué pour les araignées. L'abondance moyenne des araignées est plus importante au sein des Barber que sous les planches, et ce que l'on soit sur les 10 premiers mètres de la parcelle (p -values < 1e-5 pour chacun des pots avec la planche) ou sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle (p -values = 1e-05 pour chacun des pots avec la planche) (cf. figure 20). Toutes distances confondues, l'abondance moyenne des araignées est 13 fois plus élevée au sein des pots Barber que des planches.

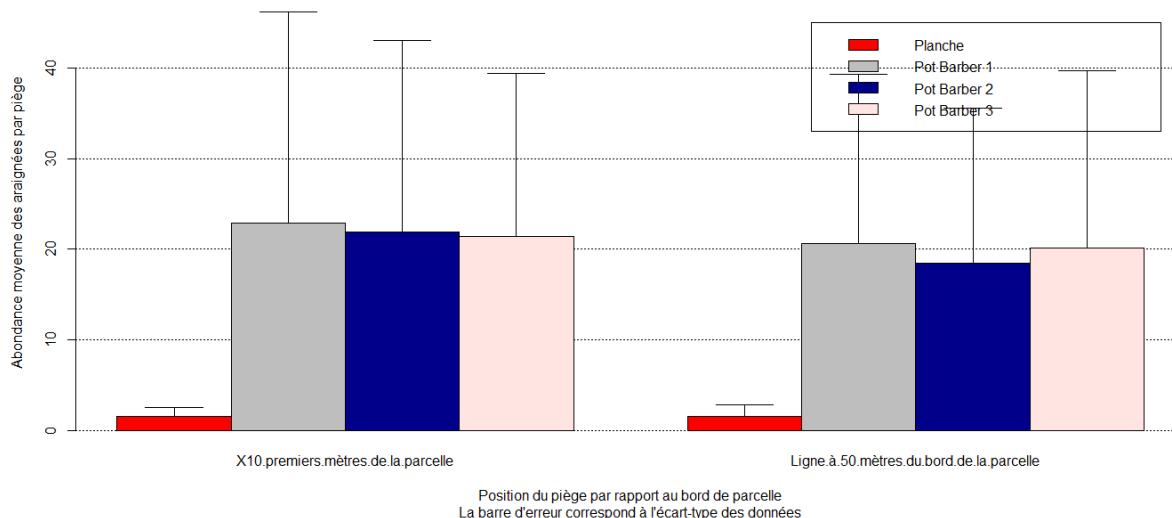


Figure 20: Abondance moyenne des araignées, par piège, sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus

(avec n planche-10m = 66, n pot 1-10m = 137, n pot 2-10m = 138, n pot 3-10m = 136, n planche-50m = 42, n pot 1-50m = 142, n pot 2-50m = 147, n pot 3-50m = 142)

c) Les staphylin

L’abondance des staphylin est significativement plus élevée au sein des Barber que des planches, et ce aussi bien sur les 10 premiers mètres de la parcelle (p-values comprises entre 0.00025 et 0.00159) que sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle (p-values comprises entre 0.01375 et 0.03495) (*cf.* figure 21). Toutes distances au bord de parcelle confondues, l’abondance des staphylin est 5 fois plus élevée au sein des pots Barber que des planches.

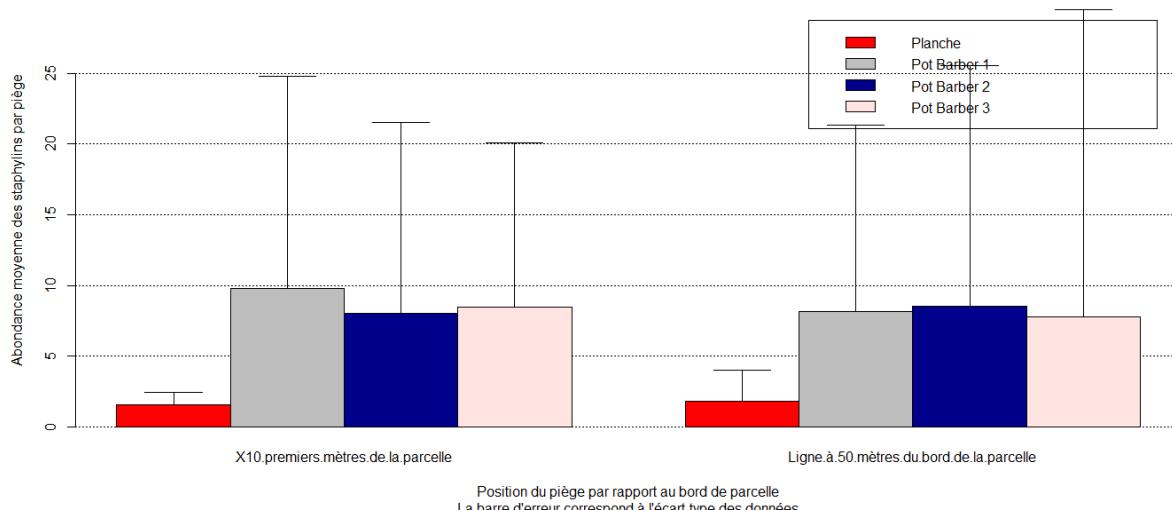


Figure 21: Abondance moyenne des staphylin, par piège, sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus

(avec n planche-10m = 15, n pot 1-10m = 110, n pot 2-10m = 122, n pot 3-10m = 110, n planche-50m = 10, n pot 1-50m = 113, n pot 2-50m = 110, n pot 3-50m = 114)

d) Les limaces

Contrairement à ce qui aurait pu être pensé, l’abondance des limaces n’est pas significativement différente dans les pièges Barber et sous les planches, que cela soit dans les 10 premiers mètres de la parcelle (p-values comprises entre 0.50954 et 0.75598) ou sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle (p-values > 0.91076) (*cf.* figure 22). En effet, d’après le site de l’Observatoire Agricole de la Biodiversité, les plaques à invertébrés terrestres créeraient un milieu sombre et humide, favorable aux limaces. De ce fait, elles seraient plus légèrement attractives pour les limaces que pour les carabes, son principal prédateur. Bien que

leur abondance ne soit pas plus élevée sous planche que dans les Barber, le groupe des limaces est néanmoins le seul à être échantillonné de manière plus fréquente sous les planches (37%) que les Barber (28%). Il faut aussi noter que la durée d'installation d'une planche doit jouer sur la génération d'humidité et sur sa capacité à attirer les limaces. Plus une planche sera installée depuis longtemps sur une parcelle, plus il y aura de chance que de la mousse ou autre végétation rase se soit installée dessous ou sur son pourtour. Cette mousse peut contribuer au maintien de l'humidité de la planche, c'est aussi un apport de nourriture et d'habitat potentiel pour les invertébrés.

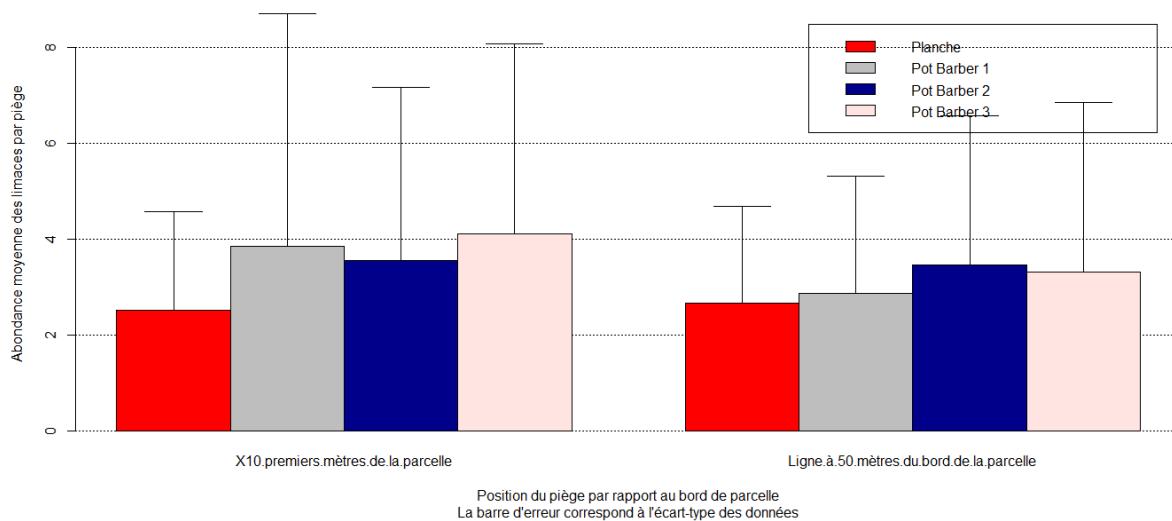


Figure 22: Abondance moyenne des limaces par piège, sur les 10 premiers de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus

(avec n planche-10m = 54, n pot 1-10m = 34, n pot 2-10m = 36, n pot 3-10m = 28, n planche-50m = 46, n pot 1-50m = 37, n pot 2-50m = 33, n pot 3-50m = 35)

e) Les taupins

L'abondance des taupins n'est pas significativement différente entre les deux types de pièges sur les 10 premiers mètres de la parcelle ($p\text{-values} < 0.99999$). L'analyse n'a pu être menée sur la ligne à 50 mètres où très peu de taupins ont été comptabilisés sous les planches au cours de la saison (*cf.* figure 23). Le très faible nombre de pièges comprenant des taupins pour cette année de suivi, aussi bien sous les planches qu'au sein des pots Barber, limite néanmoins très fortement la portée des résultats pour ce taxon.

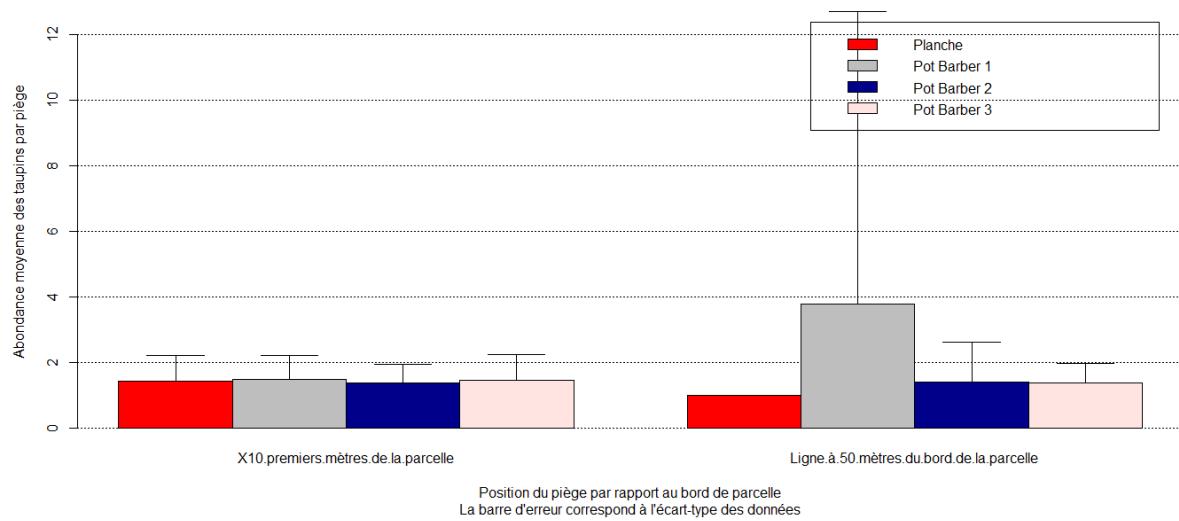


Figure 23: Abondance moyenne des taupins, par piége, sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus

(avec n planche-10m = 7 , n pot 1-10m = 31, n pot 2-10m = 24, n pot 3-10m = 18, n planche-50m = 1, n pot 1-50m = 17, n pot 2-50m = 25, n pot 3-50m = 19)

A part les limaces, tous les autres groupes (carabes, araignées, staphylin et taupins) ont présenté des abondances moyennes plus élevées au sein des Barber que des planches. Le piége/refuge mis en place influence donc l'abondance estimée.

L'ensemble des résultats obtenus se doivent cependant d'être nuancés par le nombre de piége comprenant des individus pour chaque groupe. Il a par exemple été montré que seulement 43% des planches comprenaient un ou plusieurs carabes, contre 99% des Barber. L'abondance moyenne des carabes était plus élevée au sein des Barber que des planches. Cela signifie que les 43% de planches comprenant des carabes en contenaient en moyenne moins que les Barber. Il y a donc eu peu d'individus échantillonnés sous les planches, chaque individu échantillonner pouvait alors avoir un impact non négligeable sur les variables quantitatives que sont l'abondance ou encore la richesse en groupe.

Ensuite, les résultats d'abondance se doivent d'être discutés en fonction de l'écologie des espèces. Les piéges Barber capturent l'ensemble des individus qui passent au-dessus du pot pendant une semaine : l'abondance qui est obtenue est alors une valeur de l'activité-densité des espèces. En effet, à densité égale, une espèce fortement mobile sera plus fortement piégée qu'une espèce plus sédentaire. A l'inverse, les relevés sous les planches donnent une image à un moment donné de l'abondance des espèces. Elles ont plutôt un rôle de refuge, ce ne sont ici pas les groupes les plus mobiles qui sont forcément les mieux échantillonnés. Cela pourrait expliquer pourquoi une plus grande proportion de planches que de pots a comptabilisé au moins une limace.

Il est aussi intéressant d'avoir en tête que ce travail n'a cherché à amener des éléments de réflexion que sur la capacité des planches à ressortir des tendances dans les communautés d'invertébrés similaires ou non à celles pouvant être trouvées au sein des Barber. D'autres

critères, ne faisant pas l'objet de ce stage, méritent aussi d'être pris en compte lorsqu'un choix de protocole de suivi des auxiliaires épigés est à faire. Il s'agit de critères d'ordre temporel (temps de mise en place et d'échantillonnage des différents protocoles), financier, ou encore d'ordre pratique (facilité à se fournir le matériel nécessaire pour la construction des différents pièges). Il faut aussi noter que la planche à invertébrés terrestres à un autre objectif : sa mise en place par des agriculteurs vise à les inciter à observer plus fréquemment leurs parcelles. Une meilleure observation des parcelles favoriserait à terme des interventions phytosanitaires plus ciblées et adaptées. De la même manière, cet enjeu n'est ici pas pris en compte.

Ensuite, il faut noter que l'objectif premier de cette étude visait à tester la capacité des planches à invertébrés terrestres à discriminer de manière similaire aux pièges Barber les sites et/ou les parcelles. L'enjeu était alors de maximiser le nombre de semaines échantillonnées en Barber et en planches. Seulement, le nombre de semaines échantillonnées n'a pas été identique sur les deux sites : sur la Motte, les semaines 16 à 28 ont été suivies, alors que sur Boigneville, les relevés ont commencé en semaine 20 pour terminer en semaine 28. Ce décalage n'est pas problématique pour les objectifs de l'étude, qui visaient uniquement à comparer les deux types de pièges. Les résultats de la comparaison entre site et/ou parcelle ne sont en soi pas des finalités de l'étude. Cependant, dans un objectif de comparaison stricte des deux sites, il serait nécessaire de reprendre les calculs sur des semaines identiques.

C) Etude de chacun des types de pièges séparément

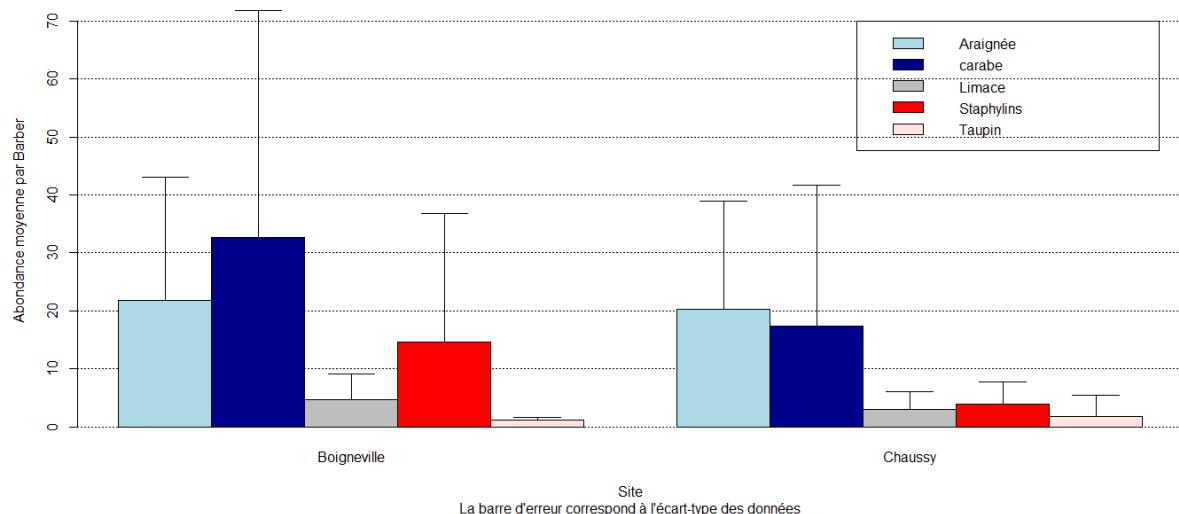
Cette partie vise à identifier si les abondances et les richesses en groupes de carabes issus des pots Barber et des planches permettent de souligner des tendances analogues entre sites, parcelles ou encore entre les positions des pièges dans la parcelle. Les analyses ont toutes été déclinées pour les Barber, puis pour les planches pris séparément. Les p-values ont ensuite été comparées.

Le tableau 12 synthétise les résultats visant à tester l'effet site sur l'abondance des différents groupes échantillonnés (carabes, araignées, staphylins, limace et taupin) et la richesse en groupe de carabes, au sein des Barber puis sous les planches.

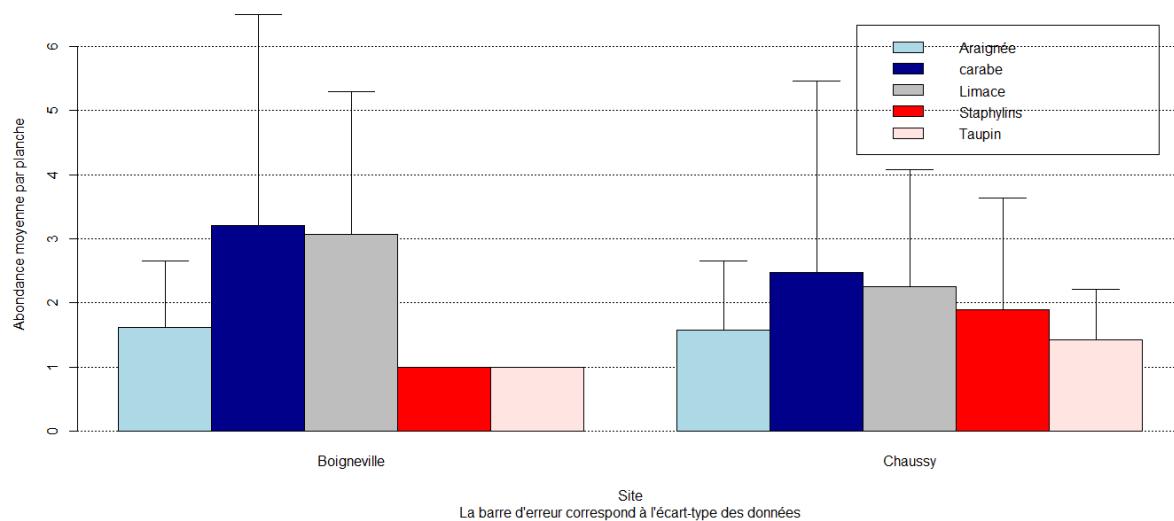
Tableau 12 : Résultats issus des Barber et des planches pour tester l'effet site

Type de piège	Interaction entre les variables «site» et «groupe échantillonné»	Représentation graphique	Résultats
Effet site			
Abondance			
Barber	Oui (p-value< 1.102e-15)	Figure 24 (a) et (b)	D'après les relevés des pièges Barber, les abondances moyennes des araignées (p-value =0.26720), des limaces (p-value =0.23745) et des taupins (p-value =0.99714) ne sont pas significativement différentes entre les 2 sites. Par contre, les moyennes d'abondances des carabes (p-value < 1e-05) et des staphylins (p-value < 1e-05) sont moins élevées sur Chaussy que sur Boigneville.

Planche	Non =0.2243	(p-value)	Les abondances ne sont pas différentes sur Boigneville et sur Chaussy (p-value = 0.9059). Néanmoins, il existe au moins une différence d'abondance entre au moins deux des groupes (p-value = 1.006e-05).
Richesse en groupe			
Barber	-	Figure 25	La richesse en groupe de carabes est plus élevée sur Boigneville que Chaussy (p-value < 2.2e-16).
Planche	-		La richesse en groupe de carabes n'est pas significativement différente entre Boigneville et Chaussy (p-value = 0.09859).



- (a) (avec n araignée-Boigneville = 321, n araignée-Chaussy = 521, n carabe-Boigneville = 323, n carabe-Chaussy = 529, n limace-Boigneville = 59, n limace-Chaussy = 144, n staphylin-Boigneville = 287, n staphylin-Chaussy = 392, n taupin-Boigneville = 28, n taupin-Chaussy = 106)



(b) (avec n araignée-Boigneville = 60, n araignée-Chaussy = 95, n carabe-Boigneville = 52, n carabe-Chaussy = 128, n limace-Boigneville = 59, n limace-Chaussy = 93, n staphylins-Boigneville = 12, n staphylins-Chaussy = 29, n taupin-Boigneville = 1, n taupin-Chaussy = 8)

Figure 24: Abondance moyenne par groupe sur les deux sites sous les pots Barber (a) et sous les planches (b)

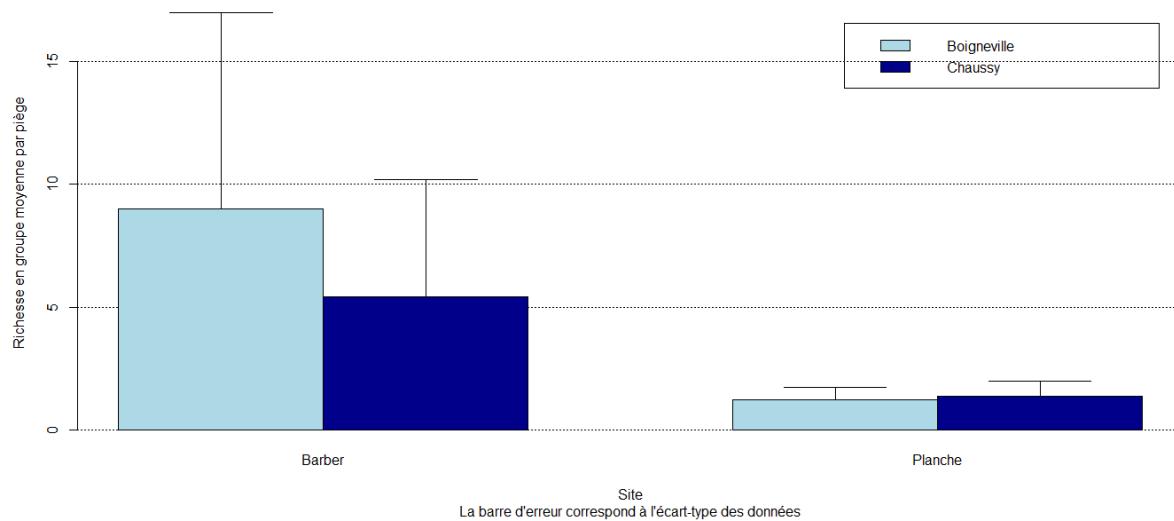


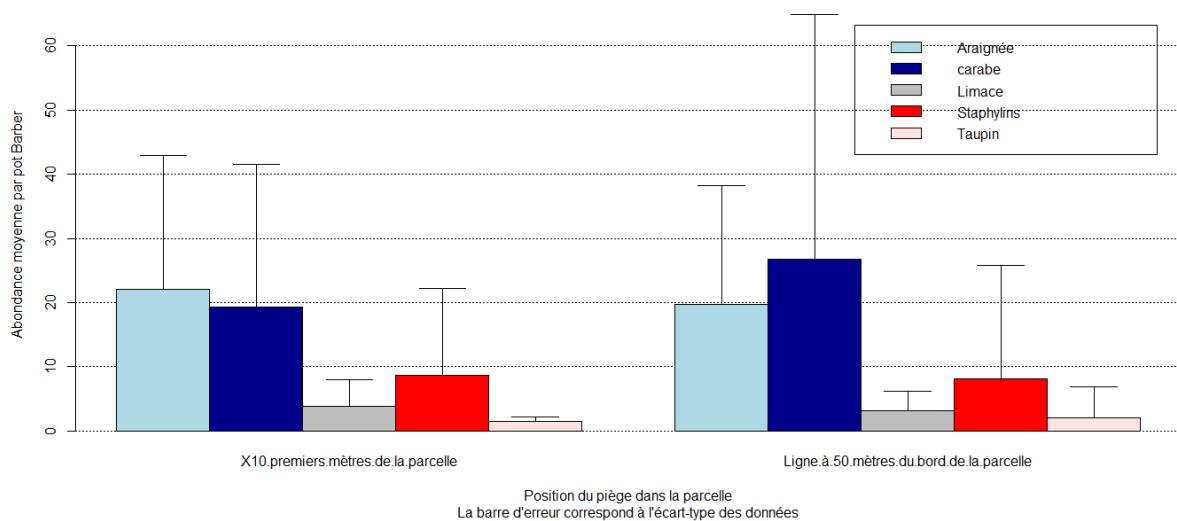
Figure 25 : Richesse en groupe de carabes moyenne sur les deux sites au sein des Barber et des planches

(avec n Barber-Boigneville = 323, n Barber- Chaussy = 529, n Planche-Boigneville = 52, n Planche-Chaussy = 128)

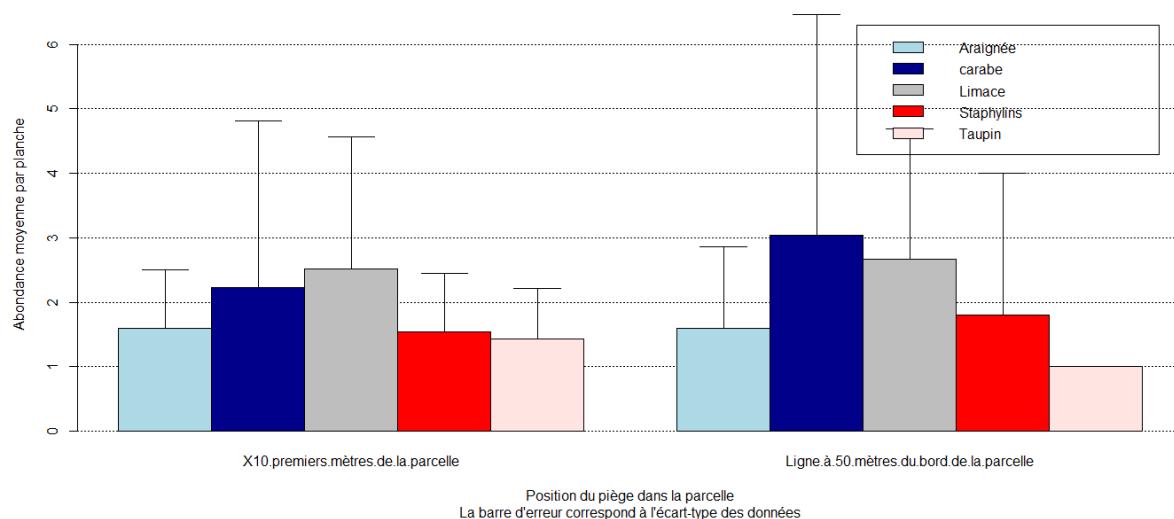
Le tableau 13 présente la même démarche pour la variable « position du piège dans la parcelle ».

Tableau 13 : Résultats issus des Barber et des planches pour tester l'effet de la distance au bord de parcelle à laquelle sont positionnés les pièges sur l'abondance et la richesse en groupe de carabes

Position des pièges	Interaction variable position et groupes échantillonnes	Représentation graphique	Résultats
Effet distance au bord de parcelle			
Abondance			
Barber	Oui (p-value =0.02313)	Figure 26 (a) et (b)	L'abondance n'est pas différente pour les araignées (p-value =0.26720), les carabes (p-value = 0.59133), les staphylyns (p-value =0.95294), les limaces (p-value =0.99918) et les taupins (p-value =1.00000) entre les deux positions du piège (10 premiers mètres ou 50 mètres au bord de parcelle).
Planche	Non (p-value =0.5155118)		Il n'y a pas d'effet de la position du piège sur l'abondance (p-value =0.9039553). L'abondance moyenne diffère néanmoins entre au moins deux groupes (p-value =0.0001247)
Richesse en groupe			
Barber	-	Figure 27	La richesse en groupe tend à être plus élevée au sein de la ligne à 10 mètres de la parcelle que sur la ligne à 50 mètres du bord de la parcelle (p-value = 0.0021).
Planche	-		La richesse en groupe tend à être plus élevée au sein de la ligne à 50 mètres du bord de parcelle que sur les 10 premiers mètres de la parcelle (p-value =0.004302).



- (a) (avec n araignée-10m = 411 , n araignée-50m = 431, n carabe-10m = 413, n carabe-50m = 439, n limace-10m= 98, n limace-50m= 105, n staphylyns-10m= 342 , n staphylyns-50m= 239, n taupin-10m= 73, n taupin-50m= 61)



(b) (avec n araignée-10m = 66, n araignée-50m = 42, n carabe-10m = 56, n carabe-50m = 66, n limace-10m= 54, n limace-50m= 46, n staphylin-10m= 15, n staphylin-50m= 10, n taupin-10m= 7, n taupin-50m= 1)

Figure 26: Abondance moyenne au sein des pots Barber (a) et des planches (b) pour chaque groupe en fonction de la position par rapport au bord de parcelle

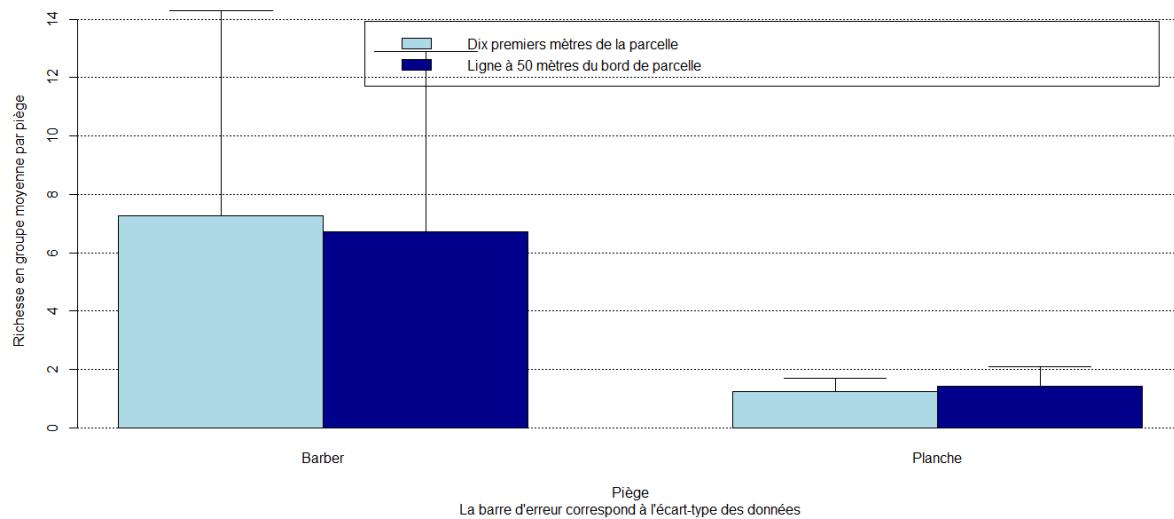


Figure 27: Richesse en groupe de carabes moyenne par piège sur les différentes distances au bord de parcelle

(avec n Barber-10m = 413, n Barber -50m = 439, n Planche-10m = 55, n Planche-50m = 66)

Il ressort de l'ensemble de ces analyses que les interactions entre la variable « site » (ou « distance au bord de parcelle ») avec la variable « groupe échantillonné » mises en avant avec les résultats issus des pots Barber n'ont pas pu être mises en avant au sein des planches. Ensuite, les analyses testant les résultats issus des planches et des Barber séparément ont

abouti à des conclusions différentes 3 fois sur 4. Dans le cas où les résultats sous pots Barber et sous planches ont abouti à des conclusions identiques (pas de différence d'abondance pour chacun des groupes échantillonnés entre les relevés à 10 et 50 mètres du bord de parcelle), les tendances entre les groupes échantillonnés mises en avant par la représentation graphique n'étaient pas les mêmes. **Les communautés recensées par les planches et les pièges Barber ne permettent donc pas de discriminer de la même façon les sites, les parcelles d'études et les positions des pièges au sein de la parcelle. Les résultats issus des Barber et des planches présentes des tendances différentes.**

Il a été montré plus haut que lorsqu'un ou plusieurs carabes étaisent échantillonné(s) sous les planches, leur abondance moyenne était plus élevée au sein des Barber que des planches. Il y a eu peu d'individus échantillonnés sous les planches et chaque individu échantillonné pouvait impacter de manière non négligeable les variables quantitatives que sont l'abondance ou la richesse en groupe. Ce constat peut amener des éléments d'explication pour comprendre pourquoi les individus échantillonnés sous planches ne permettent pas de discriminer de façon analogue aux individus échantillonnés au sein des Barber l'effet des sites et de la position du piège au sein de la parcelle.

D) Perspectives

1) Pistes d'amélioration et de poursuites des travaux sur les types de pièges

Le manque de parcelles échantillonnées pour cette saison de suivi n'a pas permis de tester la capacité des planches à présenter des tendances de réponses similaires à celles trouvées dans les pièges Barber sur les questions d'effet des pratiques culturelles et / ou des aménagements (haie, bande enherbée, bosquet, chemin...) en bordure de parcelle. Il a seulement pu être mis en avant des différences entre sites et/ou position des pièges au sein de la parcelle, sans pouvoir déterminer la ou les variable(s) permettant d'expliquer ces différences. Le partage de données avec les autres organismes ayant travaillé sur d'autres sites dans le cadre du programme AuxiMORE devrait permettre d'aller plus loin sur ces questions.

Ensuite, au vu du nombre limité de pièges échantillonnés pour cette saison de suivi, l'ensemble des pièges Barber non détruits ont été utilisés pour effectuer l'analyse statistique, y compris les 34 pièges Barber dans lesquels un amphibiens ou un rongeur était tombé. Néanmoins, lorsque l'ensemble des relevés réalisés sur les autres sites suivis dans le cadre du CASDAR AuxiMORE seront compilés, il serait pertinent de retirer ces pots. En effet, un animal mort dans un Barber peut attirer des nécrophages et autres nécrophiles. Le piège devient alors attractif pour ces espèces, ce qui peut induire un biais dans les données d'abondance et de richesse spécifique.

Pour limiter la prise d'espèces non désirables pour les saisons à venir, il pourrait être envisagé d'utiliser une variante du piège Barber : le piège entonnoir (= funnel traps) (cf. figure 28). Ce piège Barber modifié a le même impact positif sur la diminution des prises involontaires de

petits mammifères et amphibiens que si le diamètre du piège était divisé par deux (Lange *et al.*, 2011). Le piège serait jusqu'à trois fois plus efficace qu'un piège fosse simple (par centimètre de diamètre du piège) pour la prise des carabes (Duelli *et al.*, 1999). Néanmoins, Nageleisen et Bouget (2009) mettent en garde contre le risque d'évasion que pourrait poser l'installation d'un entonnoir : l'entonnoir pourrait faciliter l'échappement par accrochage. D'autre part, il convient de préciser que le temps de mise en place du piège, enterré plus profondément, est plus important que pour la mise en place du piège Barber classique. Cette commodité doit être étudiée dans le cadre de l'élaboration de futurs protocoles.

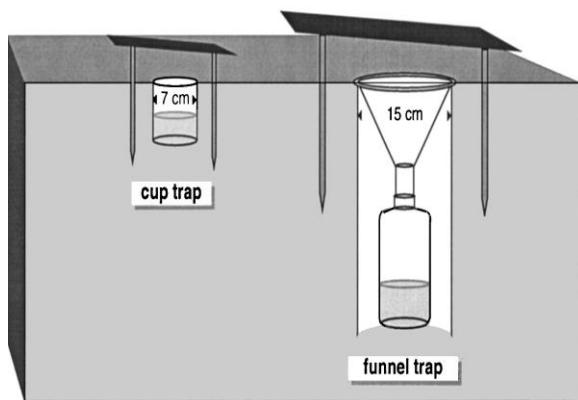


Figure 28 : Piège Barber classique (droite) et piège entonnoir (gauche) (Duelli *et al.*, 1999)

Ensuite, un travail similaire à celui mené sur les Barber et les planches pourrait être mené sur les deux pièges pour les auxiliaires invertébrés volants suivis au cours de cette saison de piégeage 2013 : le piège cornet et la cuvette jaune.

7) Autres aspects de la simplification des protocoles

Les données échantillonnées au cours de cette saison de piégeage sur Boigneville et Chaussy peuvent permettre d'avancer sur d'autres questions en suspens sur la simplification des protocoles. Par exemple, il serait aussi intéressant de travailler sur la notion d'identification « simplifiée » et d'identification « élaborée ». Tout d'abord, la classification « simplifiée » utilisée pour cette saison de piégeage a été proposée à partir du jeu de données issu du CASDAR « Les entomophages en grandes cultures ». Valider ou non cette classification avec ce nouveau jeu de données peut s'avérer intéressant. Ensuite, à partir de cette classification simplifiée, il pourrait être intéressant de quantifier la perte d'information potentielle par rapport à une identification à l'espèce, pour amener des éléments de réflexion aux futurs utilisateurs. Pour aller plus loin, suivre de manière ciblée les espèces qui présenteraient un intérêt particulier en terme de lutte biologique et/ou de caractérisation des milieux semble être une voie particulièrement intéressante pour avancer sur les protocoles simplifiés. Néanmoins,

à ce jour, les connaissances actuelles ne permettent pas d'aller jusqu'à ce niveau de précision. Un travail de synthèse bibliographique et de concertation des experts pourrait permettre d'avancer sur cette voie.

Pour poursuivre, tester l'effet d'une diminution du nombre de pièges et/ou d'une diminution du nombre de semaines échantillonnées sur la saison de piégeage serait une démarche complémentaire. Ces questions sont actuellement traitées dans le cadre d'un autre stage sur la base de données du CASDAR « Les entomophages en grandes cultures ». Elles pourraient néanmoins aussi être traitées sur cette base de données, notamment pour les questions de diminution de la durée de l'échantillonnage sur la saison.

Enfin, une autre voie testée pour limiter les difficultés liées à l'échantillonnage des auxiliaires, non abordée ici, est la mise au point de modèles. Ces derniers permettent d'étudier la dynamique des auxiliaires dans les paysages ruraux en vue de proposer, à terme, des itinéraires techniques ou des aménagements visant à favoriser ces populations dans le cadre de la lutte contre les ravageurs (Arrignon, 2006).

IV) Conclusion

Pour rappel, l'étude portait sur la **comparaison de différents protocoles de suivi des auxiliaires épigés**, en vue d'apporter des éléments de réflexion sur les pertes d'informations éventuelles induites par une simplification des protocoles. La voie testée pour simplifier les protocoles a porté sur la mise en place de nouveaux **types de pièges/refuges**. L'objectif était d'évaluer la capacité des planches à invertébrés à présenter des tendances de réponses analogues à celles trouvées dans les pièges Barber de référence. Ce suivi a aussi permis d'effectuer un point des auxiliaires et des ravageurs présents sur le site de la Motte (Chaussy, 95).

Des suivis ont été mis en place par Arvalis Institut du Végétal sur les 8 parcelles de l'essai système de la Motte (95) et sur 6 parcelles de la station expérimentale de Boigneville (91). Sur chacune de ces parcelles, 3 pots Barber et une planche à invertébrés terrestres ont été disposés sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle. En parallèle de ces suivis pour les auxiliaires et ravageurs épigés, des protocoles de suivi des organismes volants ont été installés (pièges cornet, cuvettes jaunes et observations visuelles). Ces individus ont aussi été identifiés, mais les données issues de ces relevés n'ont néanmoins pas fait l'objet d'analyses dans le cadre de ce projet de stage.

Pour le « point auxiliaires et ravageurs » de l'essai système de la Motte (Chaussy, 95), 59 espèces de carabes et 15 espèces de syrphes ont été recensées durant cette saison de piégeage. Au sein de ces espèces, 5 espèces de carabes et 10 espèces de syrphes n'apparaissent pas dans la liste des espèces mentionnées ou potentiellement présentes sur le territoire du Parc naturel régional du Vexin français proposée par l'Office Pour les Insectes et leur Environnement (Moulin *et al.*, 2007). Cette étude s'était concentrée sur les milieux forestiers, ce qui expliquerait que certaines espèces de milieu ouvert aient pu passer inaperçues. Six espèces de carabes parmi les 59 recensées sont des espèces déterminantes de Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (Ile de France, 2001), et parmi ces espèces, trois d'entre elles ont un intérêt patrimonial d'après Moulin *et al.*, 2007. Pour l'ensemble des autres individus échantillonnés, les identifications n'ont pas été menées à l'espèce et se sont restreintes aux groupes sélectionnés dans le cadre de l'étude, ce qui limite grandement l'intérêt entomologique et l'apport de connaissance dans un objectif de point auxiliaire et ravageur.

Cette année, 1277 pièges ont été relevés : 862 Barber et 415 planches à invertébrés. Sur 862 Barber, 324 ont été relevés à Boigneville et 538 à Chaussy. Parmi les 415 planches, 146 ont été relevées à Boigneville et 269 à Chaussy. Plus de 98 % des Barber ont piégé au moins un carabe ou une araignée, alors que cela ne représente respectivement que 43% des planches pour les carabes et 37% des planches pour les araignées. Dans l'objectif de comparer les pots Barber aux planches à invertébrés terrestres, l'analyse a permis de **décrire les différences et/ou les similitudes dans les communautés d'auxiliaires et de ravageurs échantillonées**.

au sein des deux types de piège/refuge. Les variables qui ont été sélectionées pour décrire ces communautés sont l'abondance²³ et la richesse en groupe de carabes²⁴ échantillonnée.

Les principaux auxiliaires des cultures (carabes, staphylins et araignées) ont présenté des **abondances** plus élevées dans les Barber que sous les planches. Le piège / refuge mis en place à donc influencé l'abondance estimée des principaux auxiliaires des cultures. Pour les principaux ravageurs, aucune différence significative d'abondance entre les deux types de pièges n'a été mise en avant. Le type de piège / refuge n'a donc eu que peu d'influence sur leur abondance estimée.

Pour poursuivre, l'étude s'est intéressé à étudier **la richesse en groupes de carabes moyenne** de chacun des pièges. Cette dernière s'est avérée plus élevée au sein des Barber que des planches, et ce, pour l'ensemble des parcelles des deux sites. Là-aussi, le piège/refuge mis en place a influencé la richesse en groupes de carabes. Pour aller plus loin, certains groupes de carabes n'apparaissent que très rarement sous les planches alors qu'ils sont régulièrement échantillonnés dans les Barber qui se trouvent à leur niveau : il s'agit des groupes de *Nebria* sp., *Amara* sp. et *Brachinus* sp.. Les groupes de *Poecilus cupreus* et de *Pterostichus melanarius* tendent à être plus abondants au sein des Barber que des planches. A l'inverse, les groupes de *Harpalus affinis*, *Metalina lampros*, *Pseudoophonus rufipes* et d'*Anchomenus dorsalis* ne présentent majoritairement pas de différences significatives d'abondance entre les Barber et les planches. L'ensemble de ces résultats par groupes se doivent néanmoins d'être pris avec recul, compte tenu des faibles effectifs sous planches pour effectuer les analyses.

Dans un dernier temps, après avoir décrit les différences et/ou les similitudes dans les communautés d'auxiliaires échantillonés au sein des deux types de piège/refuge, l'étude s'est intéressée à **évaluer la capacité des planches à invertébrés à présenter des tendances de réponses analogues à celles trouvées dans les pièges Barber de référence.** Pour se faire, des analyses visant à tester l'effet site et l'effet de la position des pièges dans la parcelle ont été menées pour les Barber puis pour les planches. Les p-values issues de ces différentes analyses ont ensuite été comparées. Les communautés échantillonnées sous les planches ont abouti à des conclusions différentes à celles obtenues à partir des communautés échantillonnées dans les pots Barber, et ce trois fois sur quatre. Dans le cas où les résultats sous pots Barber et sous planches ont abouti à des conclusions identiques, les tendances entre les groupes échantillonnés mises en avant par la représentation graphique n'étaient pas les mêmes. Les communautés recensées par les plaques et les pièges Barber ne permettent donc pas de discriminer de la même façon les sites et les positions des pièges au sein de la parcelle. Les planches à invertébrés terrestres ne semblent donc pas adaptées pour comparer des situations entre sites et / ou position du piège dans la parcelle.

²³L'abondance recense le nombre d'individus, pour une espèce, à une échelle spatiale et temporelle donnée. Une espèce fortement relevée sera fortement présente et/ou fortement mobile, on parle aussi d'activité-densité.

²⁴La richesse en groupe de carabes est le nombre de groupes de carabes recensés à une échelle spatiale et temporelle donnée. Les groupes de carabes sont ceux de la classification simplifiée proposée dans le cadre du CASDAR AuxiMORE.

Il a été montré plus haut que lorsqu'un ou plusieurs carabes étaisent échantillonné(s) sous les planches, leur abondance moyenne était plus élevée au sein des Barber que des planches. Il y a eu peu d'individus échantillonnés sous les planches et chaque individu échantillonné pouvait alors impacter de manière non négligeable les variables quantitatives que sont l'abondance ou encore la richesse en groupe. Ce constat peut amener des éléments d'explication pour comprendre pourquoi les individus échantillonnés sous planches ne permettent pas de discriminer de façon analogue aux individus échantillonnés au sein des Barber l'effet des sites et de la position du piège au sein de la parcelle.

Il convient aussi de préciser que l'ensemble de ces conclusions ne portent que sur la capacité des planches à fournir des tendances dans les communautés d'invertébrés similaires ou non à celles pouvant être trouvées au sein des Barber. Pour une évaluation complète de différents protocoles de suivi des auxiliaires et des ravageurs, des critères de faisabilité (pratique et ou financière) doivent être aussi intégrés.

Pour finir, différentes pistes d'amélioration et de poursuites de ces travaux ont été évoquées. Le jeu de données disponible à partir des relevés de cette saison de piégeage permet de traiter d'autres questions relatives à la simplification des protocoles. Il serait notamment intéressant d'apporter des éléments sur les apports et / ou pertes induites par la mise en place d'une simplification de l'identification des individus échantillonnés.

Bibliographie

Altieri M.A; 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74. 19–31

Andow D. A. and Risch S. J; 1985. Predation in diversified agroecosystems: relations between a coccinellid predator *Coleomegilla maculata* and its food. Journal of Applied Ecology 22: 357-372.

Archaux F; 2010. Réflexions méthodologiques sur les relevés et les suivis de biodiversité. Sciences Eaux et Territoires. N°3. p 70-75.

Arrignon F; 2006. HOVER-WINTER : un modèle multi-agent pour simuler la dynamique hivernale d'un insecte auxiliaire des cultures (*Episyrrhus balteatus*, Diptera: Syrphidae) dans un paysage hétérogène. Toulouse : Sciences Écologiques Vétérinaires Agronomiques et Bioingénieries, thèse de Doctorat.

Arvalis - Institut du végétal ; 2012. Diagnostic des accidents du blé tendre. 130p.

Balachowsky A.S; 1936. Les insectes nuisibles aux plantes cultivées : leurs mœurs, leur destruction : traité d'entomologie agricole concernant la France, la Corse, l'Afrique du nord et les régions limitrophes.

Biaggini M., Consorti R., Dapporto L., Dellacasa M., Paggetti E., Corti C; 2007. The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment. 122. 183–191.

Bohac J; 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. Agriculture, Ecosystems and environment. 74, 357-372.

Boller E.F., Avilla J., Joerg E., Malavolta C., Wijnands F.J., P. Esbjerg; 2004. Integrated Production Principles and Technical Guidelines. IOBC / WPRS. Commission “IP-Guidelines and Endorsement”. 3rd Edition. Bulletin OILB crop Vol. 27 (2).

Brunel E., Lahmar M. et Tiberghien G; 1982. Observations préliminaires sur les populations de Carabiques (Coléoptères) dans une culture de navets attaqués par *Hylemia brassicae* Bch. (Diptère, Anthomyiidae). Meded. Fac. Landbouwwet., Rijkuniv. Gent (Belgium). 47 (2).581-595.

Casdar AuxiMORE; 2012. Revue bibliographique : Etat de la présence des insectes auxiliaires en grandes cultures et méthodes de piégeage. Document interne de travail. 186p.

Chapelin-Viscardi J.D; 2011. Diversité des carabidae en grandes cultures et intérêt entomologique. Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris: ITAB.

Clough Y., Kruess A., Tscharntke T; 2007.Organic versus conventional arable farming systems: Functional grouping helps understand staphylinid response. Agriculture, Ecosystems and Environment. 118. 285–290.

Cotes B., Campos M., Pascual F., Garcia P.A., Ruano F; 2010.Comparing taxonomic levels of epigeal insects under different farming systems in Andalusian olive agroecosystems. Applied Soil Ecology. 44 . 228–236.

DIREN Île-de-France; 2002.*Guide méthodologique pour la création de ZNIEFF en Île-de-France.* Document de la Diren. 206 p.

Dico-Allain S., Bout A; 2004. Journées techniques nationales fruits et légumes biologiques. Impact des aménagements paysagers et des techniques culturales sur les carabes, auxiliaires de culture. Saint Pierre des Corps, 30/11/2004 et 1/12/2004. Orléans : Critt Innophyt.

Dor C., Maillet Mezeray J; 2011. Méthodologie de suivi des entomophages. Colloque « les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11. Paris : ITAB.

Dron D., FerronP; 2002. Diversité biologique et agriculture : fonctions et enjeux. Courrier de l'environnement. Dossier 23, 153-178

Duelli P; 1997. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. Agriculture, Ecosystems and Environment 62.81-91

Duelli P., Obrist M.K., Schmatz D.R; 1999.Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. Agriculture, Ecosystems and Environment 74. 33–64

Duelli P, Obrist M.K; 2003.Biodiversity indicators: the choice of values and measures. Agriculture, Ecosystems and Environment. 98. 87–98

Dumont M; 2008. Apports de la modélisation des interactions pour une compréhension fonctionnelle d'un écosystème, application à des bactéries nitrifiantes en chemostat. Montpellier, Université Montpellier II, thèse de doctorat.

El Adouzi M; 2010.Distribution intra-parcellaire et dans les habitats semi naturels de communautés de carabes (Coleoptera, Carabidae) en grandes cultures : étude de cas en région Centre. Université Rennes 1. Master 1 – Ecologie Fonctionnelle, Comportementale et Evolutive

Ferron P; 1999.La lutte biologique : définition, concept et stratégie. Dossier de l'environnement 19.p 7-18.

Feest A; 2012. The utility of the Streamlining European Biodiversity Indicators 2010 (SEBI 2010). Ecological Indicators. In press.

Garcin A., Picault S., Ricard J.M;2011. Les carabes en cultures fruitières et légumières. Le Point sur. N°31.

Groupe technique AB; 2013. Les fiches techniques. Le taupin. 4 p.

Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K; 2004. Protection des plantes en production intégrée, Grandes cultures. Editions lmz.

Hawkins, B. A. and H. V. Cornell; 1999. Theoretical Approaches to Biological Control. Cambridge University Press, Cambridge.

Hole D.G., Perkins A.J., Wilson J.D., Alexander I.H., Grice P.V., Evans A.D; 2005. Does organic farming benefit biodiversity? Biological Conservation. 122. pp 113-130.

Holland J.M., Oaten H., Southway S., Moreby S; 2008. The effectiveness of field margin enhancement for cereal aphid control by different natural enemy guilds. Biological Control 47 (2008) 71–76.

Johnson S. P; 1993. The Earth Summit: The United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). Graham and Trotman, London.

Krell F.T; 2004. Parataxonomy vs taxonomy in biodiversity studies-pitfalls and applicability of “morphospecies” sorting. Biodiversity and Conservation. Vol 13.n°4. 795-812.

Kromp B; 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agriculture, Ecosystems and Environment. 74. 187–228.

Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M; 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual review of entomology, 45.175-201.

Lange M., Gossner M.M., Weisser W.W; 2011. Effect of pitfall trap type and diameter on vertebrate by-catches and ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) sampling. Method. Ecol. Evol. 2: 185–190.

Larsen K.J., Work T.T., Purrington F. F; 2003. Habitat use patterns by ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of northeastern Iowa. Pedobiologia. Vol 47.Issue 3.288-299.

Lubac S; 2003. Dispositif de la Motte. Etude de la fertilité des sols en système céréalier biologique sans élevage.

Maloney D., Drummond F.A., Alford R; 2003. Spider Predation in Agroecosystems: can spiders effectively control pest populations? Technical bulletin 190. Maine agricultural and forest experiment station.

Marshall T; 2011. Étude de la biodiversité des Arthropodes en fonction des éléments paysagers dans le vignoble de Saint-Émilion. Rapport de stage master « Biologie, Chimie, Environnement ». Université de Perpignan.

McKinlay R.G; 1992. Vegetable crop pests. Macmillan press.

Millennium Ecosystem Assessment ; 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

Moulin N., Jolivet S., Mériguet B., Zagatti P; 2007. Méthodologie de suivis scientifiques des espèces patrimoniales (faune) sur le territoire du Parc naturel régional du Vexin français – Entomofaune. OPIE – PNR Vexin français. 66 p.

Nageleisen, L.M. et Bouget, C; 2009. L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt ». Inv.Ent.For. Les Dossiers Forestiers n°19, Office National des Forêts, 144 p.

Niemelä J., Halme E., Haila Y; 1990. Balancing sampling effort in pitfall trapping of carabid beetle. Entomol. Fennica 1, 233– 238.

Noss R.F; 1990. Indicators for monitoring biodiversity : a hierarchical approach. Conservation Biology, Vol 4, Issue 4. 355-364.

Obertel R; 1971. Number of pitfall traps in relation to the structure of the catch of soil surface Coleoptera. Acta ent. bohemoslov. 68, 300–309.

Oliver I., Beattie A. J; 1993. A Possible Method for the Rapid Assessment of Biodiversity. Conservation Biology, 7:3, 562-568.

Pfiffner L. et Luka H; 2003. Effects of low-input farming systems on carabids and epigeal spiders – a paired farm approach. Basic Appl. Ecol. 4, 117–127.

Prasad R.P et Snyder W.E; 2006. Polyphagy complicates conservation biological control that targets generalist predators. Journal of applied ecology. 43. 343-352.

Purtauf T., Roschewitz I., Dauber J., Thies C., TscharntkeT, WoltersV; 2005. Landscape context of organic and conventional farms: Influences on carabid beetle diversity. Agriculture, Ecosystems and Environment.108. 165–174

Radcliffe E.B., Hutchison W.D., Cancelado R.E; 2009. Integrated pest management. Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies. Saint Paul : Cambridge. 550p.

Ribera I., Doledec S., Downie I.S., Foster; 2001. Effect of land disturbance and stress on species traits of ground beetle assemblages. Ecology, Vol. 82, No. 4. P 1112-1129.

Roger J.L., Jambon O., Bouger G; 2012. Clé de détermination des Carabidés. Paysages agricoles du nord-ouest de la France.

Roth M et Couturier G; 1966. Les plateaux colorés en écologie entomologique (Ann. Soc. ent. France, (n. s.), 2 (2)' pp. 361-370).

Rouabah A et Lassere-Joulin F; 2011. Evaluer le service rendu en mesurant la diversité fonctionnelle des espèces : approche exploratoire sur les carabidae. Colloque « Les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats ». Paris, 17/11/11.p 42-46. Paris : ITAB.

Van Drieshe R, Hoddle M., Center T; 2008. Control of pests and weeds by natural enemies. An introduction to biological control. Blackwell publishing.

Sarthou J.P ; 2009. Le piège cornet unidirectionnel, nouveau piège entomologique d'interception. L'Entomologiste, 65 (2) : 107-108.

Sébillotte M ; 1993. Système de culture. Encyclopédia Universalis p. 558-961

Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique; 2008. Biodiversité et agriculture: Protéger la biodiversité et assurer la sécurité alimentaire. Montréal, 56 pages

Settle W.H., Ariawan H., Astuti E.T; 1996. Managing tropical rice pest through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. Ecology. 77. 1975-1988.

Schröter L et Irmler U; 2013. Organic cultivation reduces barrier effect of arable fields on species diversity. Agriculture, Ecosystems and Environment .164 (2013) 176– 180.

Simon H; 1994. La protection des cultures. Paris : Lavoisier tec & doc. 352p.

Streito J.C; 2009. Aller à l'espèce en entomologie agricole : illusion ou nécessité ? Mémoires de la SEF, n° 8, 2009 : 71-74.

Sutty L; 2010. La lutte biologique. Collection sciences en partage. Paris : Quae-educagri. 328p.

Symondson W.O.C., Sunderland K.D., Greenstone M.H; 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annual review of entomology. 47. 561-594.

Thomas C.F.G, Marshall E.J.P;1999. Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins of arable field: Agriculture Ecosystems and Environment. N° 72.p 131 – 144.

Ward D.F., Stanley M.C; 2004. The value of RTUs and parataxonomy versus taxonomic species. *New Zealand Entomologist* 27, 3-9.

Sitographie

Cetiom. Tournesol : ravageurs. [En ligne]. Disponible sur <http://www.cetiom.fr/tournesol/cultiver-du-tournesol/ravageurs/>. Consulté le 20/07/13.

Encyclopédie Universalis. Lutte biologique. [En ligne]. Disponible sur <http://www.universalis.fr/encyclopedie/lutte-biologique>. Consulté le 08/02/2013.

INRA. Encyclopédie des ravageurs européens HYPPZ. [En ligne]. Disponible sur <http://www.inra.fr/hyppz/pa.htm>. Consulté le 05/07/13.

INRA-encyclop'aphid. Les insectes prédateurs de pucerons. [En ligne]. Disponible sur <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Especies/Predateurs-Insectes>. Consulté le 20/07/13. Consulté le 10/07/13.

Observatoire Agricole de la Biodiversité. Les protocoles, planches invertébrés terrestres. [En ligne]. Disponible sur <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/participer/les-protocoles/planches-invertebres-terrestres>. Consulté le 17/08/13.

Tables des figures

Figure 1: Plan d'accès de l'essai de la Motte à la Bergerie en Chaussy (95).....	3
Figure 2: Plan de l'essai système de la Motte à Chaussy (95)	4
Figure 3: Rotation appliquée sur l'essai système de la Motte	5
Figure 4: Dispositifs d'échantillonnage des invertébrés installés sur la Motte, Chaussy (95) pour la saison 2013.....	18
Figure 5: Dispositifs d'échantillonnage des invertébrés installés sur la station expérimentale de Boigneville (91) pour la saison 2013	19
Figure 6: schéma et cliché d'un pot Barber	21
Figure 7: plaques à invertébrés terrestres	22
Figure 8 : Plan d'échantillonnage des pots Barber et des plaques	22
Figure 9 : Abondance moyenne des taxons échantillonnés par pot Barber sur le site de la Motte (95), au cours du temps	30
Figure 10 : Abondance moyenne des principaux auxiliaires par site en fonction du type de piège.....	34
Figure 11 : Abondance moyenne des principaux auxiliaires selon la position du piège dans la parcelle et du type de piège.....	34
Figure 12 : Abondance moyenne des principaux ravageurs par type de piège et par site	35
Figure 13: Abondance moyenne des différents ravageurs selon la position du piège dans la parcelle et du type de piège.....	35
Figure 14: Abondance moyenne des carabes par piège sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus.....	36
Figure 15: Abondance moyenne par piège pour les groupes d' <i>Anchomenus dorsalis</i> et de <i>Poecilus</i> sp sur la Motte sur les 10 premiers mètres de la parcelle	38
Figure 16: Abondance moyenne par type de piège et pour les groupes de <i>Pterostichus</i> <i>melanarius</i> et <i>Poecilus</i> sp. sur la Motte sur la ligne à 50 m du bord de parcelle	38
Figure 17: Abondance par type de piège et pour le groupe de <i>Pterostichus melanarius</i> sur Boigneville sur les 10 premiers mètres de la parcelle	40
Figure 18: Abondance par type de piège pour le groupe de <i>Pterostichus melanarius</i> sur Boigneville sur la ligne à 50 m du bord de parcelle	40
Figure 19: Richesse en groupes de carabes sous planches et au sein des Barber sur les deux sites échantillonnés	42
Figure 20: Abondance moyenne des araignées, par piège, sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus.....	43
Figure 21: Abondance moyenne des staphylin, par piège, sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus	43
Figure 22: Abondance moyenne des limaces par piège, sur les 10 premiers de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus	44
Figure 23: Abondance moyenne des taupins, par piège, sur les 10 premiers mètres de la parcelle et sur la ligne à 50 mètres du bord de parcelle, tous sites confondus.....	45

Figure 24: Abondance moyenne par groupe sur les deux sites sous les pots Barber (a) et sous les planches (b).....	48
Figure 25 : Richesse en groupe de carabes moyenne sur les deux sites au sein des Barber et des planches	48
Figure 26: Abondance moyenne au sein des pots Barber (a) et des planches (b) pour chaque groupe en fonction de la position par rapport au bord de parcelle	50
Figure 27: Richesse en groupe de carabes moyenne par piège sur les différentes distances au bord de parcelle	50
Figure 28 : Piège Barber classique (droite) et piège entonnoir (gauche) (Duelli <i>et al.</i> , 1999).	52

Table des tableaux

Tableau 1 : Ravageurs potentiellement nuisibles sur les cultures de la rotation.....	7
Tableau 2 : Cibles des principaux auxiliaires des cultures	10
Tableau 3 : Taxons recensés au cours de la saison de piégeage	15
Tableau 4 : Identification simplifiée des <i>Carabidae</i>	24
Tableau 5 : Classification des limaces, escargots, staphylinids	24
Tableau 6 : Synthèse des différentes identifications appliquées.....	25
Tableau 7 : Proportion de Barber et de planches comprenant des individus pour chaque famille	28
Tableau 8 : Inventaire des espèces de carabes recensées sur la Motte (Chaussy, 95) classées par ordre de fréquence décroissante	31
Tableau 9 : Espèces de syrphes recensées sur la Motte (Chaussy, 95)	33
Tableau 10: Influence du type de piège sur l'abondance moyenne des groupes de carabes sur la Motte (95) selon la distance au bord de parcelle	37
Tableau 11 : Influence du type de piège sur l'abondance moyenne des groupes de carabes sur Boigneville (91) selon la distance au bord de parcelle	39
Tableau 12 : Résultats issus des Barber et des planches pour tester l'effet site	46
Tableau 13 : Résultats issus des Barber et des planches pour tester l'effet de la distance au bord de parcelle à laquelle sont positionnés les pièges sur l'abondance et la richesse en groupe de carabes.....	49

Table des annexes

Annexe 1 : Indices de diversité et d'équitabilité	1
Annexe 2 : Présentation des pièges et des plans d'échantillonnages pour les auxiliaires et les ravageurs des cultures invertébrés volants mis en place	3

Annexe 1 : Indices de diversité et d'équabilité

A) Indices de diversité

L'utilisation d'indices de diversité permet d'avoir une approche plus complète que la simple utilisation de la richesse spécifique. Cette dernière ne tient en effet pas compte des différences d'effectifs entre les espèces. Pour un nombre égal d'espèces, un peuplement sera plus diversifié si les espèces qui le composent sont présentes en nombres similaires que si des espèces sont très majoritaires et d'autres très rares. Ces indices ne nous permettent cependant pas de percevoir si l'espèce dominante a changé entre deux mesures.

1) L'indice de Shannon :

L'indice de Shannon est parmi les plus connus et les plus utilisés pour mesurer la biodiversité.

Il est basé sur la notion d'entropie (entropie de Shannon).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Cet indice varie de 0 à $\ln S$.

L'indice de Shannon est maximal quand tous les individus sont répartis de façon équivalente entre toutes les espèces présentes.

Source : Site IFREMER

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante : $p_i = n_i / N$ où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces)

2) L'indice de Simpson et l'indice de biodiversité de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard dans un milieu donné appartiennent à la même espèce.

$$D = \sum ni(ni-1)/N(N-1)$$

D : Indice de Simpson

n_i : nombre d'individus pour l'espèce i.

N : effectif total.

L'indice variera entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées et donc plus la diversité est maximale. La valeur 1-D (indice de biodiversité de Simpson) est aussi utilisée pour rendre l'interprétation plus intuitive : la valeur 1 correspond alors au maximum de diversité (Dumont, 2008).

3) L'indice de Hill

Il est intéressant d'utiliser de façon complémentaire l'indice de Shannon et celui de Simpson. En effet, le premier a tendance à donner un poids important aux espèces rares comparativement au second qui donne un poids important aux espèces abondantes et néglige les espèces rares. C'est ce que fait l'indice de Hill, cet indice lie l'indice de Shannon à celui de Simpson par la formule :

$$\text{Hill} = (1/\lambda)/e^{H'}$$

$1/\lambda$: c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

$e^{H'}$: c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Weaver.

Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible. Pour faciliter l'interprétation, 1-Hill peut être utilisé.

Ainsi, l'indice de Hill pourrait proposer une appréhension plus intuitive de la notion de biodiversité.

B) Indice d'équitabilité ou d'équirépartition

Il présente l'intérêt d'être insensible à la richesse spécifique et peut-être utilisé dans le cas où l'on se trouve en présence de peuplements avec des nombres d'espèces différents. Ce dernier est le rapport entre l'indice de diversité (Shannon, Simpson...) et l'indice théorique maximal dans le peuplement (H'_{\max} ou D_{\max}), c'est-à-dire l'indice pour un peuplement où toutes les espèces auraient le même effectif. Pour Shannon on obtient :

$$H'_{\max} = \log S, \text{ d'où } E = H'/H'_{\max} = H'/\log S$$

(Lamotte, 1995)

L'équitabilité des espèces est un indicateur intéressant pour évaluer l'impact d'un mode de production. Ainsi, Schröter et Irmler (2013) ont trouvé une plus grande équitabilité des espèces dans les systèmes biologiques que dans les systèmes conventionnels. Ils estiment que l'agriculture biologique améliore les écosystèmes en restaurant la constance des espèces, plus que la richesse spécifique.

Annexe 2 : Présentation des pièges et des plans d'échantillonages pour les auxiliaires et les ravageurs des cultures invertébrés volants mis en place

1) Les pièges pour les volants

Les pièges pour les auxiliaires volants visaient à échantillonner les hyménoptères parasitoïdes et les syrphes. Il est indispensable de spécifier que les syrphes adultes, piégés dans les pièges pour les volants, sont pollinisateurs. Ce sont leurs larves, aphidiphages, qui présentent un intérêt en lutte biologique. Cependant, au vu des difficultés à identifier à l'espèce les larves de syrphes, il a été choisi de suivre préférentiellement les adultes.

Là aussi, deux pièges ont été testés ; le piège cornet unidirectionnel et la cuvette jaune. Le premier est neutre, le second attractif.

Il n'y a à ce jour que peu de recul sur le piège cornet, mentionné pour la première fois en 2009 (Sarthou, 2009). Il présente l'avantage d'être moins sensible au vent que les tentes Malaises, facilement détruites. C'est pour cette raison qu'il a été sélectionné pour le suivi auxiliaire sur l'essai système de la Motte, fortement exposé au vent. Les pièges cornet donnent aussi une image plus locale de la biodiversité volante que les tentes malaises, qui vont intercepter des insectes pouvant venir de plus loin.

Les cuvettes jaunes sont mentionnées dans des études plus anciennes (Roth et Couturier, 1966). C'est leur couleur jaune qui les rend attractives. L'attractivité devrait permettre d'obtenir une abondance élevée de certaines espèces sur un temps court. L'enjeu est alors de voir s'il y a, comparativement au piège cornet neutre, une perte de richesse spécifique.

i) Piège cornet

Le piège cornet repose sur le même principe que la tente malaise : les insectes piégés dans leur vol cherchent une issue vers la lumière et sont collectés dans le flacon en haut, contenant un liquide de conservation. Il échantillonne un peu moins de taxons et surtout un peu moins de spécimens que la tente malaise (Sarthou, 2009). Le piège cornet permet de recueillir des Diptères, des Lépidoptères, des Coléoptères, des Hyménoptères,... En forme d'entonnoir, ce piège se fabrique à partir de deux pièces de tulle fort, type filet insect-proof, de dimensions 125 centimètres sur 68 centimètres et 16 centimètres sur 8 centimètres. Ces deux pièces sont cousues de manière à former un entonnoir au bout duquel est fixé un flacon collecteur rempli aux deux tiers d'alcool à 90°, maintenu par un piquet. L'arc de cercle à l'avant du piège est maintenu par une tige en fibre de verre (diamètre de 5 millimètres, longueur de 180 centimètres) enfoncee dans le sol. Les pièges cornets sont disposés par deux en opposition (*cf. figure A*) pour permettre le piégeage des insectes se déplaçant dans les deux directions d'un couloir de vol. Cela permet de reproduire l'interception bidirectionnelle de la tente Malaise.

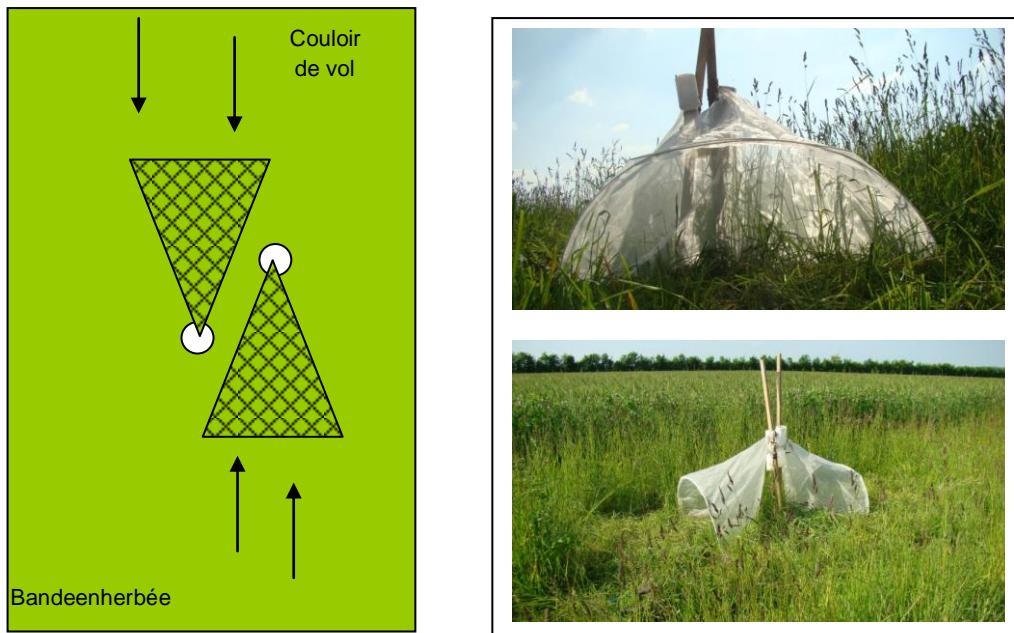


Figure A : positionnement du dispositif Piège cornet

Partant du double constat que les bandes enherbées qui accompagnent les haies de l'essai système étaient trop étroites pour permettre l'accueil d'un piège cornet et qu'il n'est pas évident d'optimiser les prises lorsque le piège est installé en parcelle, les pièges ont été positionnés sur les bandes enherbées de l'essai. En effet, il avait été noté lors du CASDAR précédent « les entomophages en grandes cultures » que la croissance des cultures au cours de la saison de piégeage rendait difficile l'accès aux pièges pour les volants.

Deux paires de pièges cornets ont été disposés sur des bandes enherbées de l'essai système de la Motte, à hauteur du milieu de parcelle. Les deux paires de pièges ont été positionnées relativement éloignées dans l'espace pour limiter les interférences. Il avait aussi été choisi de les placer à proximité d'une diversité de culture (printemps/hiver, annuelles/pluriannuelles) pour tenter d'échantillonner de manière la plus exhaustive possible la biodiversité auxiliaire volante du lieu d'étude. La première bande enherbée (entre les Motte 3 et 4) jouxtait deux parcelles de luzerne, l'une sur sa première année et la seconde sur sa deuxième année d'implantation. La seconde bande enherbée échantillonnée se situait entre une parcelle de mélange fourrager d'hiver triticale/pois et une parcelle en blé tendre d'hiver.

Les pièges cornets ont été échantillonnés chaque semaine, de fin avril à mi-juillet.

ii) Cuvette jaunes

La cuvette jaune est un piège communément utilisé pour suivre les ravageurs des cultures, notamment du colza. Il permet aussi de piéger les syrphes adultes et les hyménoptères parasitoïdes. Il s'agit de cuvettes de la couleur des fleurs de colza, d'un diamètre de 26 centimètres soutenues par un bâton. Elles ont été placées de façon à ce que le fond de la

cuvette se trouve à hauteur du couvert (*cf.* figure B). Les cuvettes ont été remplies d'une solution d'eau saturée en sel, additionnée de quelques gouttes de liquide vaisselle inodore.



Figure B : Positionnement de la cuvette jaune

Les quatre parcelles entourant les bandes enherbées sur lesquelles des pièges cornets ont été positionnés ont été munies de cuvettes jaunes. Quatre cuvettes réparties en deux lignes ont été positionnées par parcelle. Les deux cuvettes d'une même ligne ont été séparées l'une de l'autre de 50 mètres. Une première ligne a été positionnée à 10 mètres du bord de parcelle, la seconde à 50 mètres (*cf.* figure C). Les dispositifs de cuvettes ont été positionnés à au moins 35 mètres des pièges cornets pour limiter, là-aussi, les interférences entre les pièges.

Les cuvettes jaunes ont été relevées toutes les semaines, de mi-mai à mi-juillet.

2) Les observations visuelles pour les ravageurs des cultures

Les ravageurs ont été recensés dans les pièges pour les épigés et les volants. Ces méthodes ne sont cependant pas les plus adaptées pour avoir une image représentative des pucerons présents. Une observation visuelle des pucerons a donc été mise en place en parallèle des méthodes de suivi passives. Ces protocoles s'inspiraient très largement de ceux proposés par le Bulletin de Santé du Végétal.

Le début des suivis ravageurs a été adapté aux alertes du Bulletin de Santé du Végétal francilien. Les observations visuelles ont été effectuées de préférence en fin de matinée, par temps sec et à une température supérieure à 18°C. Une zone d'observation de 50 mètres carré a été positionnée de façon à englober la seconde ligne de pots Barber et de cuvettes jaunes (*cf.* figure D).

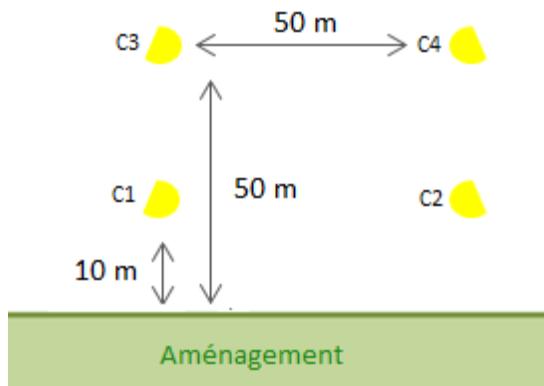


Figure C : Plan d'échantillonnage des cuvettes jaunes

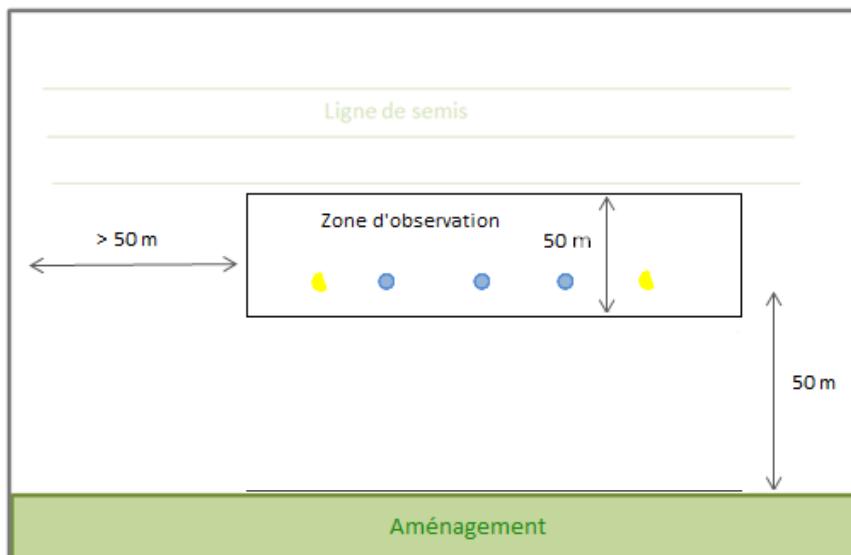


Figure D : Plan d'échantillonnage pour les observations visuelles

Pour les céréales, 20 épis consécutifs ont été choisis sur 5 placettes différentes comprises au sein de la zone d'observation. Le pourcentage d'épis portant au moins un puceron pour chaque espèce de puceron identifiée a été comptabilisé, ainsi que les auxiliaires.

Pour le tournesol, 5 plantes ont été choisies sur 4 placettes différentes comprises sur la zone d'observation. Les notations portaient sur le pourcentage de plantes porteuses de pucerons verts du prunier et de pucerons noirs de la fève, ainsi que sur le pourcentage de plantes présentant des crispations du feuillage. Les auxiliaires ont aussi été recensés.

Le tableau A propose une synthèse des différents protocoles mis en place sur les deux sites pour cette saison de piégeage.

Tableau A : Récapitulatif des pièges mis en place

		Passif/Actif	Neutre/ Attractif
Terricole épigés	Barber	Passif	Neutre
	Planche invertébré terrestre	Passif	Neutre (sauf pour les limaces)
Volants	Piège cornet	Passif	Neutre
	Cuvette jaune	Passif	Attractif

Pucerons et Larves de Syrphes	Observation visuelle	Actif	Neutre
--	----------------------	-------	--------

3) Tri et identification

Pour les pièges à insectes volants (cuvettes jaunes et pièges à cornet), l'identification à l'espèce des *Syrphidae*, plus délicate que celle des *Carabidae*, a été effectuée par un expert du Laboratoire d'Eco-Entomologie d'Orléans. En complément, un comptage des hyménoptères parasitoïdes, des pucerons et des cécidomyies a été effectué.

Le tableau B propose une synthèse des différents types d'identification appliqués à chaque type de piège.

Tableau B : synthèse des différents types d'identification appliqués par piège

Piège, observation ou refuge		Identification
Epigés	Barber	Elaborée (pour les carabes)
	Planche invertébré terrestre	Simplifiée sur le terrain
Volants	Piège cornet	Elaborée (pour les syrphes)
	Cuvettes jaunes	Elaborée (pour les syrphes)
Ravageurs	Observation visuelle	Simplifiée sur le terrain

