

**AFPP – CINQUIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES PLANTES
LILLE – 11 AU 13 MARS 2015**

**CARACTERISATION DES COMMUNAUTES DE *CARABIDAE* EN GRANDES CULTURES : ANALYSE
DESCRIPTIVE SPATIALE ET TEMPORELLE**

V. TOSSER ⁽¹⁾, J. MAILLET-MEZERAY ⁽²⁾ et J.-D. CHAPELIN-VISCARDI ⁽³⁾

(1) ARVALIS – Institut du végétal, Station expérimentale, 91720 Boigneville, France. Email :
v.tosser@arvalisinstitutduvegetal.fr

(2) Bayer S.A.S. 16 Rue Jean-Marie leclair - CP 90106. 69266 Lyon cedex 09, France. Email :
julie.mailletmezeray@bayer.com *

(3) Laboratoire d'Eco-Entomologie, 5 rue Antoine Mariotte, 45000 Orléans, France. Email :
chapelinviscardi@laboratoireecoentomologie.com

RÉSUMÉ

Le projet « Les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats » a eu, entre autres buts, d'évaluer la diversité des *Carabidae* en région Centre/Ile-de-France. Ces insectes auxiliaires, reconnus pour leur rôle dans la régulation de certaines populations de ravageurs, montrent une variabilité de tailles et de régimes alimentaires dans les agrosystèmes. De 2009 à 2011, ce sont principalement des *Carabidae* de taille moyenne (entre 9.1 et 13.0 mm) et « prédateurs » qui ont été piégés. Suivant la position des dispositifs de capture, dans les aménagements extra-parcellaires ou dans les parcelles, à différentes distances de la bordure, les communautés de *Carabidae* ont des caractéristiques de taille et de régime alimentaire différentes en termes d'abondance et de richesse spécifique. Des variations assez nettes sont également constatées au cours du temps.

Mots-clés : *Carabidae*, régime alimentaire, taille, grandes cultures, lutte biologique intégrée.

ABSTRACT

The project "Entomophagous insects in arable crops : diversity, effectiveness as biocontrol agents and habitat potentials" aimed, amongs other things, at assessing the *Carabidae* diversity in Centre/Ile-de-France region. These auxiliaires insects, recognized for their role in some populations of crop pests, show a variability of body size and diet in the agrosystems. From 2009 to 2011, the *Carabidae* traps were mainly of an average size (between 9.1 and 13.0 mm) and for the most part predators. Following the location of trapping devices, in the field boundaries or in the fields, at several distances of the boundary, *Carabidae* communities have different size and diet characteristics in terms of abundance and species richness. There are also variations across time.

Keywords: *Carabidae*, diet, body size, arable crops, natural pest control.

* Contribution réalisée dans le cadre du pilotage ARVALIS – Institut du Végétal du projet CASDAR 2009 – 2011 « Les Entomophages en grandes cultures »

INTRODUCTION

La lutte biologique par conservation consiste à favoriser les populations d'auxiliaires prédateurs et parasitoïdes via des modifications des pratiques agricoles ou de l'environnement (par exemple en créant ou préservant des espaces non cultivés). Le régime alimentaire des auxiliaires de cultures peut varier pour une même espèce selon la saison, le sexe, le stade de développement ou les ressources alimentaires disponibles.

Parmi les arthropodes entomophages, les *Carabidae* forment un groupe d'auxiliaires épigés d'importance. Il existe plus de 1 000 espèces en France dont de nombreuses évoluent dans les agrosystèmes (Chapelin-Viscardi, 2011). Ces insectes, pour la plupart prédateurs opportunistes à l'état adulte, ont un régime alimentaire varié, composé notamment de mollusques (limaces et escargots), de lépidoptères (chenilles), de pucerons, de collembolles, de vers de terre... (Larochelle, 1990 ; Kromp, 1999). Néanmoins, ils présentent des différences de régime alimentaire et de taille entre espèces, et donc des différences de traits fonctionnels. De nombreuses études ont été menées sur l'influence de la richesse spécifique des communautés de prédateurs sur l'efficacité de la régulation (Tilman *et al.*, 1997 In Rouabah *et al.*, 2014 ; Loreau, 2001). Cependant, de récents résultats suggèrent que s'intéresser à la diversité fonctionnelle de ces assemblages offre de meilleures perspectives en termes de compréhension de l'impact des organismes dans les écosystèmes (Petchey et Gaston, 2006 ; Gobbi et Fontaneto, 2008), notamment du phénomène de régulation (Ives *et al.*, 2005). Parmi les traits écologiques, il semble y avoir un lien étroit entre la gamme de proies consommées et la taille des organismes prédateurs. Ceci pourrait aboutir à un usage complémentaire des ressources en présence (Rouabah *et al.*, 2014). Le projet CASDAR « Les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats » a été conduit entre 2009 et 2011, avec notamment pour objectifs d'évaluer la diversité des *Carabidae* en grandes cultures et l'influence des pratiques agricoles et du paysage sur ces auxiliaires. Ici, nous proposons une caractérisation des communautés (de tailles et de régimes alimentaires) de *Carabidae* étudiées en régions Centre et Ile-de-France, en fonction du temps et de l'espace.

MATERIEL ET MÉTHODE

LES SITES D'ETUDE EN REGIONS CENTRE/ILE-DE-FRANCE : BEAUCE (LOIRET, 45) ET GATINAIS (ESSONNE, 91),

En régions Centre/Ile-de-France, les suivis d'auxiliaires ont été réalisés sur trois sites. Le paysage de la commune d'Erceville (Loiret, Beauce) se caractérise par son caractère ouvert, même si l'exploitation sur laquelle est implanté le dispositif possède 0.9 ha de haie et bandes enherbées et 1.2 ha de jachère « faune sauvage » (dactyle féтуque ou maïs). De plus, quelques bosquets et une mare sont présents sur le site. L'exploitation est conduite de manière raisonnée. Sur la commune de Boigneville (Essonne, Gâtinais), le paysage est assez « fermé ». Les pièges sont disposés sur une exploitation conduite en agriculture conventionnelle. Enfin, le paysage de la commune de Maisse (Essonne, Gâtinais) est « moyennement ouvert ». Les suivis ont lieu sur une exploitation en agriculture biologique. Au total 15 parcelles ont été étudiées en 2009 et en 2010, et 6 en 2011 (uniquement à Boigneville en 2011). Ces parcelles ont des cultures variées au cours des trois années de suivi : blé d'hiver, orge de printemps, betterave, triticales, avoine, lentille et pois.

PROTOCOLE ET ANALYSES

L'entomofaune épigée est capturée à l'aide de pièges à fosse. Ce dispositif, couramment utilisé dans les études portant sur les *Carabidae*, consiste en un pot enterré dans le sol et dont le haut du piège affleure la surface. Ainsi, il intercepte les individus se déplaçant sur le sol durant le jour et la nuit. Le pot est rempli d'un mélange non attractif, pour ne pas influencer les captures.

Les pots Barber sont disposés en lignes de trois pièges, séparés les uns des autres de 10m, pour limiter les phénomènes d'interaction entre les pots. Sur chaque parcelle, les lignes sont présentes à l'intérieur de la culture, à différentes distances de la bordure (L1 : 10m, L2 : 30m, L3 : 50m). De plus, dans chaque aménagement extra-parcellaire présent est installée une ligne de pièges, deux si présence d'un aménagement double (bande enherbée et haie). En moyenne au cours du projet, ce

sont plus de 12 pièges qui sont relevés par parcelle et par semaine. Le Tableau I indique le nombre de lignes de pièges prises en compte dans l'étude.

Tableau I – Nombre de lignes de pièges implantées par année et par position

Tableau I - Number of traps lines implanted for each year and each position

	2009	2010	2011
Bande enherbée	5	4	1
Bosquet	4	3	0
Haie	9	9	6
Chemin herbeux	5	5	4
Ligne 1 (5m)	15	14	5
Ligne 2 (30m)	15	14	5
Ligne 3 (50m)	15	14	5

Au cours des 3 années, les pièges sont relevés chaque semaine de mi-avril à mi-juillet. Une fois relevés, les prélèvements sont immédiatement transférés dans de l'alcool à 70° pour être ensuite triés et examinés à la loupe binoculaire pour être identifiés au plus haut rang taxonomique possible. Les *Carabidae* sont identifiés en utilisant les collections de référence du Laboratoire d'Eco-Entomologie ainsi que la littérature adaptée (e.g. Jeannel, 1941-1942 ; Coulon *et al.*, 2011).

A chaque espèce de *Carabidae* identifiée sont affectés une taille de corps et un régime alimentaire. Les classes de taille sont au nombre de trois : < 9 mm, entre 9.1 et 13 mm, > 13 mm. Ces critères ont été proposés par Rouabah *et al.* (2014). Trois types de régimes alimentaire sont retenus : espèce majoritairement prédatrice, espèce majoritairement phytophage, ou espèce omnivore. Les tailles et les régimes alimentaires des adultes sont attribués en se basant sur les connaissances actuelles, disponibles dans la littérature (Jeannel, 1941-1942 ; Laroche, 1990 ; Dajoz, 2002 ; Roume, 2011).

Les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel R et se basent sur l'utilisation de l'analyse de la variance (ANOVA) et de statistiques descriptives.

Les variables à analyser sont l'activité-densité (appelée usuellement abondance) et la richesse spécifique (RS), pour chaque classe de taille ou régime alimentaire. L'abondance est moyennée à la ligne de pièges et à la semaine. La RS est cumulée sur toute la période de capture, puis moyennée à la ligne de pièges. Les variables explicatives sont, suivant l'analyse réalisée, la position de la ligne de pièges ou la semaine. Pour réaliser les ANOVA, les variables explicatives sont systématiquement transformées en logarithme.

La première analyse, réalisée de manière descriptive, consiste à caractériser les communautés de *Carabidae* au cours du temps. La seconde analyse consiste à caractériser les communautés de *Carabidae* des parcelles et des aménagements extra-parcellaires. Pour ces calculs, seuls sont pris en compte les dispositifs où sont échantillonnés à la fois les parcelles et les aménagements.

Après avoir réalisé l'ANOVA, la méthode des contrastes est appliquée pour connaître les différences d'abondance ou de RS cumulée pour chaque classe de taille ou de régime alimentaire, suivant la position du piège ou la semaine considérée (fonction lsmeans du package du même nom).

RESULTATS

Tableau II : Abondance et RS des *Carabidae* pour chaque classe de taille et chaque année

Table II : *Carabidae* abundance and species richness for each size class and each year

	2009		2010		2011		2009-2011	
	Abondance	RS	Abondance	RS	Abondance	RS	Abondance	RS
< 9mm	15 148	58	9 393	65	797	24	25 338	71
De 9 à 13 mm	62 149	19	67 273	24	9 631	14	139 053	27
>13 mm	56 058	6	6 079	3	678	2	62 815	6
TOTAL	133 355	83	82 745	92	11 106	40	227 206	104

Au total sur la période, ce sont 227 076 *Carabidae*, appartenant à 104 espèces différentes, qui ont été piégés. Les abondances et RS en *Carabidae* sont du même ordre de grandeur en 2009 et 2010, et nettement plus faibles en 2011, du fait d'une pression d'échantillonnage réduite.

Les effectifs sont en majorité composés de *Carabidae* de taille moyenne (61% des individus capturés) (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**Tableau II). Les *Carabidae* de taille supérieure à 13 mm représentent 28% des effectifs totaux. Ils sont présents en proportion plus faible en 2010 qu'en 2009 (7% en 2010 contre 42% en 2009). Les petits *Carabidae* représentent, sur toute la période, 11% des individus capturés. En termes de RS, la classe des petits *Carabidae* est la plus diversifiée, et ce chaque année (68% des espèces sur la période 2009-2011) alors que les espèces de grands *Carabidae* ne représentent que 6% du total des espèces recensées. Les *Carabidae* de petite taille sont représentés par de nombreuses espèces des genres *Notiophilus*, *Amara*, *Harpalus*, *Brachinus*, *Ophonus*, *Microlestes* ainsi que des espèces du groupe des Bembidiens. Les *Carabidae* de taille moyenne concernent un quart des espèces. Il s'agit surtout d'espèces du genre *Nebria*, *Anisodactylus*, certains *Calathus* et *Harpalus*.

Parmi les *Carabidae* de taille moyenne, *Poecilus cupreus* représente 93% des effectifs et *Pterostichus melanarius* représente 99% des effectifs de *Carabidae* de grande taille. Ces deux espèces sont toutes les deux classées dans le groupe des espèces majoritairement « prédatrices ». *P. melanarius* est présent tout au long de la période. Cette constatation suggère que les variations temporelles et spatiales des *Carabidae* de taille moyenne, de grande taille et des espèces prédatrices observées lors de cette étude sont liées en grande partie aux variations de ces espèces.

Tableau III : Abondance et RS des *Carabidae* pour chaque régime alimentaire et chaque année

Table III : *Carabidae* abundance and species richness for each diet class and each year

	2009		2010		2011		2009-2011	
	Abondance	RS	Abondance	RS	Abondance	RS	Abondance	RS
Omnivore	4 898	20	3 597	28	1 369	15	9 864	30
Majoritairement phytophages	360	15	376	15	107	7	843	18
Majoritairement prédateurs	128 097	48	78 772	49	9 630	18	216 499	56
TOTAL	133 355	83	82 745	92	11 106	23	227 206	104

En termes de régime alimentaire, les *Carabidae* prédateurs sont à la fois les plus abondants et les plus diversifiés, sur l'ensemble du dispositif (Tableau III). Vingt espèces sont présentes tout au long de la période de suivi : *A. dorsalis*, *Badister sodalis*, *B. crepitans*, *B. explodens*, *B. sclopeta*, *C. fuscipes*, *D. atricapillus*, *L. pilicornis*, *L. fulvibarbis*, *M. lampros*, *M. properans*, *M. minutulus*, *N. salina*, *N. aquaticus*, *N. biguttatus*, *P. obtusa*, *P. cupreus*, *P. melanarius*, *S. obscuroguttatus* et *T. quadristriatus*. Ils représentent 95% des effectifs et 54% du nombre d'espèces identifiées entre 2009 et 2011. Les *Carabidae* omnivores comptent ensuite pour 4% des individus capturés et 29% des espèces, alors que les *Carabidae* « phytophages » sont minoritaires (0,4% du total des effectifs) même s'ils comptent pour 17% des espèces recensées. Les espèces omnivores présentes tout au long de la période d'observation sont les suivantes : *H. affinis*, *H. dimidiatus*, *H. distinguendus*, *H. luteicornis*, *H. rubripes*, *H. serripes*, *H. smaragdinus*, *O. azureus*, *P. rufipes*. Pour chaque année, les résultats sont sensiblement équivalents. Quatre espèces phytophages sont observées régulièrement entre les semaines 16 et 30 : *A. aenea*, *A. familiaris*, *A. ovata*, *A. similata*. *A. consularis* et *Z. tenebrioides* sont, quant à elles, observées plus tardivement.

EVOLUTION DE LA COMPOSITION DES COMMUNAUTES DANS LE TEMPS

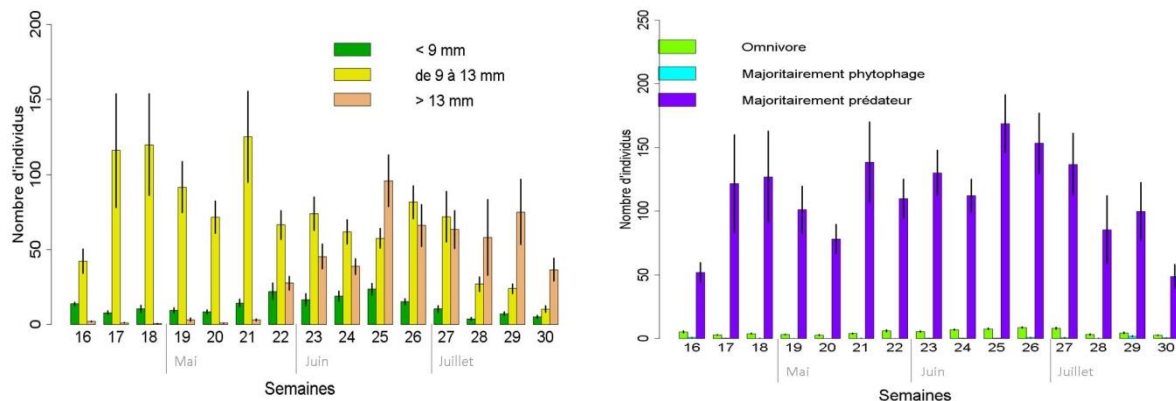
L'abondance en *Carabidae* évolue au cours du temps (Figure 1). Elle trouve ses valeurs minimales mi-mai (58.3 *Carabidae* piégés en moyenne par ligne et par semaine 16) et mi-juillet (52.2 *Carabidae* en semaine 30). Elle est maximale mi-juin (176.9 *Carabidae* par ligne en moyenne en semaine 25).

Figure 1 (gauche) - Evolution de l'abondance en *Carabidae* dans le temps suivant leur taille

Figure 1 (left) - *Carabidae* abundance evolution across time, according to body size

Figure 2 (droite) - Evolution de l'abondance en *Carabidae* dans le temps suivant le régime alimentaire

Figure 2 (right) - *Carabidae* abundance evolution across time, according to diet



Suivant la taille (Figure 1)

L'abondance des petits *Carabidae* évolue peu au cours du temps, et leur présence est constante. Le pic d'activité se situe entre les semaines 22 et 25 avec 23.6 *Carabidae* piégés en moyenne. *Brachinus sclopeta* et *Anchomenus dorsalis* sont les espèces les plus abondantes à cette période (respectivement 5.8 et 10.2 individus sont capturés en moyenne sur ces semaines).

Dès la première semaine, ce groupe est le plus diversifié, 35 espèces sur les 71 de cette classe sont présentes en semaine 16. Ce sont 15 espèces qui sont retrouvées toutes les semaines ou presque : *Amara aenea*, *A. familiaris*, *A. similata*, *Anchomenus dorsalis*, *Badister sodalis*, *Brachinus sclopeta*, *Demetrias atricapillus*, *Leistus fulvibarbis*, *Loricera pilicornis*, *Metallina lampros*, *M. properans*, *Microlestes minutulus*, *Ophonus azureus*, *Phyla obtusa*, *Scybalicus oblongiusculus* et *Trechus quadristriatus*. Les espèces de taille comprise entre 9 et 13 mm sont représentées dans une moindre mesure, puisque ce groupe comprend 27 espèces, dont 11 sont observées dès la première semaine. Enfin, le groupe des espèces supérieures à 13 mm comprend 6 espèces.

Suivant le régime alimentaire (Figure 2)

Les *Carabidae* omnivores, sont peu nombreux : de 2.8 individus en moyenne fin juillet à 8.7 fin juin. L'abondance en *Carabidae* phytophages est faible quelle que soit la semaine : de 0.1 *Carabidae* en moyenne début juin, à 2.0 la troisième semaine de juillet.

EVOLUTION DE LA COMPOSITION DES COMMUNAUTES DANS L'ESPACE

L'abondance en *Carabidae* est plus élevée dans les parcelles que dans les aménagements : en moyenne, 32.1 *Carabidae* sont capturés par ligne de pièges et par semaine dans les aménagements, contre 174.3 dans les parcelles. *P. melanarius*, *P. cupreus* et *A. dorsalis* sont plus abondants en parcelles qu'en aménagement. Les effectifs de *P. melanarius* et *P. cupreus* augmentent en s'éloignant de la bordure. Les *Carabidae* de taille moyenne, de grande taille et prédateurs sont donc plus abondants en parcelles qu'en aménagement puisque largement influencés par ces 3 espèces. Les lignes des parcelles se caractérisent par la dominance des *Carabidae* de taille moyenne et par une augmentation de l'abondance en s'éloignant de la bordure. La même chose est observée pour *T. quadristriatus* et les *Carabidae* prédateurs. Les *Carabidae* de taille moyenne sont moins abondants

à 5m qu'à 30m et qu'à 50m (p-value < 0.0001). Le même constat est fait pour les grands *Carabidae*, moins abondants à 5m qu'à 30m (p-value = 0.0081) et qu'à 50m (p-value = 0.0003).

Suivant la taille

L'abondance en *Carabidae* est plus élevée dans les parcelles que dans les aménagements quelle que soit la taille des insectes considérée (p-value = 0.0349 pour les petits *Carabidae*, < 0.0001 pour les moyens et grands *Carabidae*) (Figure 3, Tableaux IV a et IVb). Ceci est dû, pour les *Carabidae* inférieurs à 9 mm, à une présence plus importante de *A. dorsalis* et *B. sclopeta* dans les parcelles que les aménagements.

La RS cumulée des *Carabidae* de taille moyenne et de grande taille est identique dans les parcelles et les aménagements (Tableau V). La diversité en *Carabidae* inférieurs à 9 mm est plus élevée dans les aménagements que les parcelles (p-value = 0.0059). En effet, *A. communis*, *A. plebeja*, *A. tricuspidata*, *N. aestuans* et *O. schaubergerianus* sont retrouvées uniquement dans les aménagements.

Les effectifs, pour les trois classes de tailles, sont du même ordre de grandeur dans les aménagements (considérés dans leur ensemble). La différence d'abondance entre moyens et grands *Carabidae* est tout de même significative (p-value = 0.0038). Les grands *Carabidae* y sont moins diversifiés que les petits et les moyens (p-value < 0.0001). Les abondances totales varient en revanche, en fonction de la nature de l'aménagement considéré. Les petits *Carabidae* sont retrouvés avec des effectifs similaires dans tous les types d'aménagements (p-value > 5%).

Si l'abondance des *Carabidae* de petite taille est similaire entre les différents types d'habitats et les lignes à l'intérieur de la parcelle, des différences de RS cumulées sont cependant à noter pour cette classe de taille. La RS cumulée de cette catégorie est supérieure dans les bandes enherbées (p-value = 0.0082) et dans les chemins herbeux (p-value = 0.0022) par rapport aux bosquets. La RS cumulée est également supérieure dans les chemins herbeux que dans les haies (p-value = 0.0277). De plus, la RS cumulée est plus importante à 5m qu'à 30 m (p-value = 0.001) et qu'à 50m (p-value = 0.0047). Les espèces présentes à 5m seulement sont : *A. duftschmidi*, *A. apricaria*, *A. lucida*, *A. lunicollis*, *A. montivaga*, *B. bullatus*, *B. verbasci*, *H. rufipalpis*, *N. rufipes*, *O. puncticeps* et *P. guttula*.

Figure 3 - Abondance en *Carabidae* par ligne de pièges et par semaine, par groupe de taille (gauche : aménagements ; milieu : comparaison entre parcelle et aménagement ; droite : dans la parcelle)

Figure 3 - *Carabidae* abundance for each line of traps, each week and each size class (left : field boundaries, middle : comparison between field and field boundaries, right : in the field)

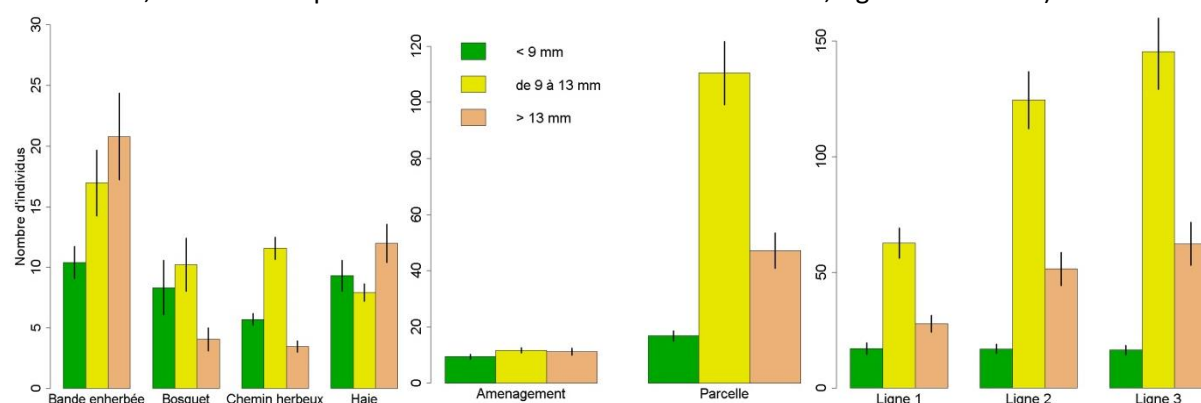


Tableau IVa et IVb – Abondance de quelques espèces par a) ligne de pièges (gauche) et b) regroupé par aménagement ou parcelles (droite)

Table IV a and IVb - Abundance of few species by a) line of traps (on the left) and b) gathered by field boundary or field (on the right)

	<i>Carabidae</i>	<i>Poecilus cupreus</i>	<i>Pterostichus melanarius</i>	<i>T. quadristriatus</i>	<i>P. rufipes</i>
Bandes	48.1	11.4	25.7	6.1	5.1
Bosquet	22.6	14.2	5.6	13.3	2.6
Haie	29.2	5.4	20.0	12.7	4.0
Chemins herbeux	20.7	8.3	6.9	1.0	1.4
L1	107.6	60.6	40.0	3.4	4.1
L2	199.0	122.2	70.1	4.9	3.8
L3	224.2	142.5	84.7	5.1	5.1

	Parcelle	Aménagement
<i>A. dorsalis</i>	36.7	8.5
<i>B. sclopeta</i>	95.9	4.2
<i>P. cupreus</i>	316.1	11.4
<i>P. melanarius</i>	159.1	23.4

Tableau V – RS cumulée en *Carabidae* par ligne de pièges et par groupe de taille totale 3 ans

Table V - *Carabidae* species richness for each line of traps and each size class

Taille (mm)	Bande enherbée	Bosquet	Chemin herbeux	Haie	Aménagement	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Parcelle
< 9	8.8 ± 0.49	6.7 ± 0.47	7.9 ± 0.34	6.9 ± 0.29	7.6 ± 0.22	7.2 ±0.22	5.8 ±0.18	6.0 ± 0.18	6.3 ± 0.16
9 à 13	5.1 ± 0.23	4.1 ± 0.41	5.2 ± 0.21	5.1 ± 0.16	4.8 ± 0.13	4.2 ± 0.09	4.1 ± 0.09	3.8 ±0.09	4.1 ± 0.08
>13	1.1 ± 0.07	1.3 ± 0.16	0.7 ± 0.06	0.8 ± 0.04	0.9 ± 0.04	0.8 ± 0.03	0.8 ± 0.03	0.9 ±0.03	0.8 ± 0.03

Suivant le régime alimentaire

Les *Carabidae* omnivores, s'ils sont peu abondants, se révèlent être diversifiés, de façon plus importante dans les aménagements (p-value = 0.0146). Cinq espèces sont contactées dans les aménagements seulement : *A. binotatus*, *O. gr. puncticeps*, *O. laticollis*, *O. melleti* et *O. schaubergerianus*. Enfin, si les espèces phytophages sont les moins abondantes et les moins nombreuses, elles sont capturées en plus grand nombre dans les aménagements que dans les parcelles (p-value < 0.0001). En effet, 5 espèces sont présentes seulement dans les aménagements : *A. communis*, *A. euryota*, *A. tricuspidata*, *A. plebeja* et *A. anthobia*. La RS cumulée des *Carabidae* prédateurs ne diffère pas entre les aménagements et les parcelles.

Quel que soit le type d'aménagement considéré, les *Carabidae* prédateurs sont les plus abondants, suivis des *Carabidae* omnivores et des phytophages. L'abondance des *Carabidae* phytophages ne diffère pas suivant le type d'aménagement considéré. Les *Carabidae* omnivores sont, quant à eux, plus abondants dans les bandes enherbées que dans les bosquets (p-value = 0.0065) et que dans les haies (p-value = 0.0280). En effet, 3.9 individus de l'espèce *S. oblongiusculus* sont capturés en moyenne dans les bandes enherbées, contre 1.2 dans les bosquets et 1.9 dans les haies. *O. puncticollis* est également retrouvé en plus grande abondance dans les bandes enherbées (0.54 individus en moyenne) que dans les bosquets (0.01) et dans les haies (0.05).

Les espèces prédatrices sont les plus nombreuses dans tous les types d'aménagement. La RS cumulée de ce régime alimentaire ne diffère pas entre les différents aménagements. Les espèces omnivores sont ensuite les plus nombreuses dans les aménagements. Elles sont piégées en plus

grand nombre dans les bandes enherbées que dans les bosquets (p -value = 0.00351), et dans les haies (p -value = 0.0387). Les espèces présentes dans les bandes enherbées et absentes à la fois dans les bosquets et les haies sont : *A. binotatus*, *O. schaubergianus* et *S. signaticornis*. De plus, *H. anxius*, *H. honestus*, *H. luteicornis*, *H. smaragdinus*, *O. puncticeps* et *P. mendax* sont présentes dans les bandes enherbées et absentes dans les bosquets (mais présentes dans les haies). Enfin, *S. oblongiusculus* et *P. maculicornis* sont contactées dans les bandes enherbées et non dans les haies. Enfin, les espèces phytophages sont les moins diversifiées. Elles sont plus nombreuses dans les bandes enherbées que dans les haies (p -value = 0.0173). Ceci s'explique par le fait que *A. communis*, *A. euryota* et *A. plebeja* sont recensées dans les bandes enherbées et sont absentes dans les haies.

L'abondance en *Carabidae* phytophages et omnivores ne diffère pas suivant la ligne considérée. Au sein des parcelles, les espèces prédatrices sont les plus nombreuses. Viennent ensuite les espèces omnivores puis les espèces phytophages. Si la diversité en *Carabidae* prédateurs et omnivores ne diffère pas suivant la position des pièges, la RS cumulée en espèces phytophages est plus élevée à 5m qu'à 30m et qu'à 50m (p -value < 0.0001 et p -value = 0.0015). Les espèces suivantes sont recensées à 5m et absentes à 30 et 50m : *A. lunicollis*, *A. apricaria*, *A. lucida*, *A. montivaga*. De plus, *A. aulica* est présente à 5m et absente à 50m.

Figure 4 - Abondance en *Carabidae* par ligne de pièges et par semaine, par régime alimentaire

Figure 4 - *Carabidae* abundance for each line of traps, each week and each diet class

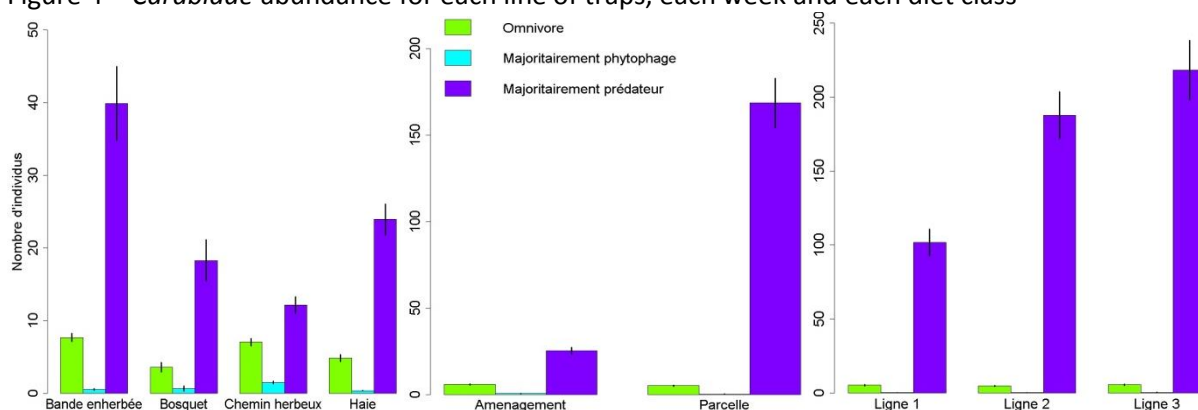


Tableau V - RS en *Carabidae* par ligne de pièges et par régime alimentaire

Table V - *Carabidae* species richness for each line of traps and each diet class

Taille (mm)	Bande enherbée	Bosquet	Chemin herbeux	Haie	Aménagement	Ligne 1	Ligne 2	Ligne 3	Parcelle
Omnivore	4.2 ± 0.20	3.2 ± 0.31	4.9 ± 0.21	3.8 ± 0.15	3.9 ± 0.11	3.1 ±0.08	2.9 ±0.08	2.7 ± 0.09	2.9 ± 0.07
Majoritairement phytophage	2.1 ± 0.14	1.0 ± 0.13	2.0 ± 0.12	1.3 ± 0.07	1.6 ± 0.07	1.0 ± 0.05	0.6 ± 0.04	0.7 ±0.04	0.7 ± 0.03
Majoritairement prédateur	9.7 ± 0.34	9.7 ± 0.39	7.6 ± 0.25	8.8 ± 0.25	9.0 ± 0.19	8.9 ± 0.18	8.2 ± 0.15	8.2 ±0.16	8.4 ± 0.15

DISCUSSION

D'un point de vue global, cette étude porte sur un jeu de données conséquent. Ce sont plus de 227 000 *Carabidae* qui ont été analysés durant trois années. Cela permet de tirer plusieurs enseignements d'ensemble sur les communautés présentes dans notre secteur.

De manière générale, deux espèces sont très fortement représentées dans nos relevés. Il s'agit de *Poecilus cupreus* et *Pterostichus melanarius*, qui correspondent respectivement à 57% et 27% des effectifs.

VARIABLE TEMPORELLE

Les trois catégories de taille évoluent de manière différente au cours de la période de suivi. En effet, on relève que les petits *Carabidae* sont numériquement moins nombreux mais présents de manière relativement constante. A contrario, ils sont une composante majeure de la diversité spécifique, et ce, tout au long du suivi (68% des espèces). Il est intéressant de noter la succession temporelle des *Carabidae* de taille moyenne (plus précoces) et de grande taille. Il apparaît que les deux classes de taille sont essentielles car complémentaires dans l'occupation temporelle des agrosystèmes. *P. cupreus* est actif plus tôt en saison que *P. melanarius* (Pinault & Tiberghien, 1987). Cette observation permet d'expliquer les variations intraannuelles entre les deux communautés, car les deux espèces ont des activités imaginaires différées. Les espèces, lorsqu'elles sont de grande taille, ont un stade de développement larvaire plus long, impliquant généralement une émergence plus tardive que les *Carabidae* de taille moyenne. Notons que ces groupes ne présentent pas la même évolution en termes de RS cumulée. En effet, il apparaît que les espèces de grande taille sont échantillonnées de manière complète sur l'ensemble du suivi dès la semaine 22, alors que les autres groupes présentent un palier uniquement en semaine 27. Il n'y a donc plus de « gain » d'espèces de grande taille plus tôt en saison.

Concernant les régimes alimentaires des adultes, 54% des espèces sont majoritairement prédatrices, 29% omnivores et 17% phytophages. Ce constat est conforme à celui de Woodcock *et al.* (2010), qui observaient trois fois plus de prédateurs que de phytophages. Ils indiquaient que les prédateurs généralistes sont abondants en zones agricoles et limitent les populations de ravageurs dans 75% des études au champ (Symondson *et al.*, 2002 in Woodcock *et al.*, 2014).

Par ailleurs, les *Carabidae* phytophages sont présents de manière anecdotique au début du suivi. Ils sont plus nombreux lors des dernières semaines (deuxième et troisième semaine de juillet). Cela s'explique par une source de nourriture disponible plus importante dans les agrosystèmes. En effet, de nombreuses cultures présentent à cette période des grains mûrs ou tombés au sol (après la moisson par exemple) qui seront consommés par les espèces du genre *Amara* ou le *Zabrus tenebrioides* (Lemesle, 2004). De même, de nombreuses adventices grainent à cette période ; elles peuvent aussi servir de ressource alimentaire (Bohan *et al.*, 2011). Des espèces omnivores telles que les *Harpalus* ou *Pseudoophonus rufipes* se nourrissent volontiers de graines à cette période (Cornic, 1973). Nos résultats montrent qu'ils sont mieux représentés durant les dernières semaines.

VARIABLE SPATIALE

Les effectifs sont plus importants dans les parcelles que dans les aménagements. La forte représentation dans les parcelles d'espèces classiques telles que *A. dorsalis*, *B. sclopeta*, *P. cupreus* et *P. melanarius* explique ce résultat. Cette observation est régulière dans les milieux agricoles (Pinault & Tiberghien, 1987 ; Kromp, 1999 ; Marrec *et al.*, 2015). Il faut toutefois noter qu'il s'agit ici des individus adultes doués de déplacement. Lors d'une étude des émergences de *Carabidae* sur les mêmes parcelles (Chapelin-Viscardi *et al.*, 2014), il a été démontré que les effectifs émergents étaient plus nombreux dans les aménagements que dans les parcelles. Cela suggère que les adultes sont certes plus nombreux dans les parcelles mais qu'une majorité d'entre eux proviendrait des aménagements périphériques.

Ici, la RS cumulée est plus grande dans les aménagements que dans les parcelles. Les parcelles agricoles sont des zones souvent perturbées qui abritent des espèces assez tolérantes face aux perturbations. Ainsi, les espèces plus sensibles (comme certaines espèces d'*Harpalus* ou d'*Amara*) ou à écologie plus stricte, se rencontrent beaucoup plus fréquemment dans des zones annexes, souvent plus stables, telles que les aménagements extraparcélaires. L'aménagement qui a permis de recenser le plus d'espèces est la bande enherbée. Ce constat est partagé par de nombreux auteurs (Fournier, 1998 ; Rougon, 2001).

Les petites espèces sont plus diversifiées dans les bandes enherbées et dans les chemins herbeux. Dans les parcelles, la RS cumulée est plus importante à 5 mètres de la bordure que pour les autres distances.

Ce résultat s'explique par la présence de l'aménagement ou de la bordure dont l'effet positif sur la diversité des *Carabidae* a été démontré (Meek *et al.* 2002 ; Woodcock *et al.* 2005). La différence entre les lignes est due aux nombreuses espèces de petite taille car la RS des deux autres groupes est sensiblement équivalente selon la ligne considérée. Il s'agit ici de plusieurs espèces d'*Amara*, de *Notiophilus*, de Bembidions, ou encore d'*Ophonus puncticeps*. Ces espèces utilisent certainement la bordure ou l'aménagement comme refuge ou site de développement (Chapelin-Viscardi *et al.*, 2014) et pénètrent dans les parcelles afin de se nourrir et/ou de se disperser.

Au sein des aménagements, les distributions ne sont pas identiques, puisque les prédateurs sont plus communs dans les bandes enherbées que dans les autres aménagements. Les *Carabidae* phytophages se trouvent à peu près en même quantité partout, tandis que les *Carabidae* omnivores sont plus abondants dans les bandes enherbées et les chemins herbeux que dans les haies et bosquets.

Les espèces phytophages et omnivores sont plus nombreuses dans les aménagements que dans les parcelles. Il s'agit ici d'espèces du genre *Amara*, *Anisodactylus* ou *Ophonus*. Ces espèces peuvent trouver dans les aménagements à la fois un abri, un site de reproduction et une ressource alimentaire (ces espèces consomment notamment des graines durant une partie ou la quasi-totalité de leur stade imaginal). Par ailleurs, plus d'espèces de phytophages sont recensées à 5 mètres de la bordure qu'au niveau des autres lignes. Il s'agit, ici aussi, des espèces du genre *Amara* qui, en provenance de l'aménagement ou de la bordure, pénètrent dans la parcelle, certainement pour se nourrir de graines (de céréales ou d'adventices). Des espèces omnivores présentent des affinités en termes d'aménagements, comme *Ophonus puncticeps* ou *Harpalus anxius* que l'on trouve dans les bandes enherbées mais pas dans les bosquets. Il convient de souligner que les aménagements induisent des conditions biologiques et écologiques variées. Chaque type d'aménagement confère des conditions propres. Au regard des résultats, il semble primordial de considérer l'aménagement comme un habitat à part entière et que la réponse des *Carabidae* à la présence ou à la mise en place d'une telle structure est variable aussi bien d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Leur pertinence, pour fournir un refuge, un site de développement ou une ressource alimentaire va différer selon l'espèce ou la communauté considérée.

Enfin, en se basant sur les hypothèses de Rouabah *et al.* (2014) qui indiquent que les *Carabidae* de taille supérieure à 13mm assurent un meilleur contrôle biologique des bioagresseurs, nous pouvons indiquer que la régulation naturelle serait la plus efficace de mi-juin à mi-juillet (période où l'abondance des *Carabidae* de taille supérieure à 13mm est la plus élevée). La diversité de cette classe de taille est également maximale à partir de la fin du mois de juin. L'analyse de la variabilité spatiale révèle que le contrôle biologique pourrait être maximale à 50m de la bordure, là où l'abondance en *Carabidae* de grande taille est la plus élevée. Dans la parcelle, c'est également à cette distance que la RS cumulée pour cette classe de taille est maximale. Cependant, l'hypothèse ne tient pas compte du travail de régulation préventif et permanent effectué par les larves dans le sol. Dans des objectifs de conservation de la biodiversité, s'assurer de la présence des *Carabidae* toutes tailles confondues semble primordial.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre étude a eu pour objectif de caractériser des communautés de *Carabidae* en grandes cultures des régions Centre et Ile-de-France en fonction de critères fonctionnels, à savoir la taille et le régime alimentaire.

Parmi les *Carabidae* capturés, les espèces de taille inférieure à 9 mm sont les plus nombreuses, même si peu d'individus sont présents. En termes de régime alimentaire, les insectes majoritairement prédateurs sont, de loin, les mieux représentés, à la fois en abondance et en diversité. L'analyse temporelle a montré que les individus de petite taille sont présents tout au long de la période d'échantillonnage, alors qu'une succession temporelle est notée : les grands *Carabidae* sont plus tardifs que les *Carabidae* de taille moyenne. L'analyse spatiale indique que les effectifs sont plus importants dans la parcelle que dans l'aménagement, au contraire de la RS cumulée, plus élevée

dans les aménagements qu'en parcelle. Les insectes prédateurs sont présents toutes les semaines suivies, alors que les omnivores et phytophages sont plus présents dans les dernières semaines (mois de juin et juillet). Des différences d'effectifs entre les trois classes de taille sont notées, celle-ci étant très variable selon le type d'aménagement considéré. Les insectes prédateurs sont, eux, systématiquement plus abondants dans les parcelles et les aménagements, comparativement aux omnivores et phytophages, capturés dans une moindre mesure.

Notre étude montre donc des liens complexes entre les habitats (ces liens s'expliquant par des structures et des pratiques de gestion différentes), la saisonnalité et les exigences spécifiques des *Carabidae*. Il serait nécessaire, pour mieux approcher cette complexité, de réaliser des études complémentaires. Sur un vaste ensemble de parcelles, il serait pertinent d'analyser la réponse des *Carabidae* en fonction des pratiques (comme le labour ou la présence de cultures intermédiaires). Il serait également intéressant d'analyser les résultats de parcelles présentant des aménagements doubles (haies et bandes enherbées). Des résultats complémentaires pourraient être obtenus en liant les données d'émergence de *Carabidae* et de piégeage des adultes, ou encore en s'intéressant aux milieux de vie des *Carabidae* (forestiers, de milieux ouverts...). Enfin, le même type d'analyse pourrait être reproduit pour les communautés de *Carabidae* d'automne. Ces futures études apporteront certainement des informations décisives sur les exigences spécifiques et sur des moyens pertinents de favorisation durable des *Carabidae*, pour une régulation efficace des bio-agresseurs dans les agrosystèmes.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont aux personnes ayant assuré les relevés sur le terrain au cours de ces trois années d'étude dans les régions concernées. Un grand merci également aux agriculteurs nous ayant permis d'installer nos dispositifs dans leurs parcelles, sans qui, bien sûr, aucune étude n'aurait été possible.

Le projet CasDAR « Les Entomophages en grandes cultures » conduit par ARVALIS – Institut du Végétal, a été soutenu par le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Cela a permis de financer les relevés effectués. Nous l'en remercions vivement.

BIBLIOGRAPHIE

Bohan D. A., Boursault A., Brooks D.R., Petit S.; 2011. National-scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*, 48, 888-898.

Chapelin-Viscardi J.-D. ; 2011. Diversité des Carabidae en grandes cultures et intérêt entomologique. Actes du Colloque « Les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialités des habitats », Paris : 7-13.

Chapelin-Viscardi J.-D., Maillet-Mezeray J., Tosser V., Wartelle R. ; 2014. Emergences de Carabidés en milieux agricoles : intérêt des habitats, diversité et exigences spécifiques (Coleoptera Carabidae). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 83 (7-8), 157-170.

Cornic J.-F. ; 1973. Etude du régime alimentaire de trois espèces de carabiques et de ses variations en verger de pommiers. *Annales de la Société Entomologique de France*, 9 (1) : 69-87.

Coulon J., Pupier R., Queinnec E., Ollivier E., Richoux P. ; 2011. Coléoptères Carabiques, compléments et mise à jour, vol 1 et 2. Faune de France 94 et 95. Fédération française des Sociétés de Sciences naturelles, 520 p.

Dajoz R. ; 2002. Les Coléoptères Carabidés et Ténébrionidés. Ecologie et Biologie. Editions Tec&Doc, Paris, 522 p.

Fournier E. ; 1998. Impact de la replantation de haies et de l'utilisation d'un travail simplifié du sol sur la diversité des Carabidés (Coleoptera, Carabidae) dans un agro-écosystème intensif : Thèse.

- Gobbi M., Fontaneto D.; 2008. Biodiversity of ground beetles (Coleoptera : Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 127, 273-276.
- Ives A.R., Cardinale B.J., Snyder W.E.; 2005. A synthesis of subdisciplines : predator-prey interactions, and biodiversity and ecosystem functioning. *Ecology letters*, 8, 102-116.
- Jeannel R. ; 1941-1942. Coléoptères Carabiques. Faune de France n° 39-40. Librairie de la Faculté des Sciences, Paris, 1173 p.
- 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.
- Larochelle A. ; 1990. The food of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae, including Cicindelinae). *Fabreria Supplement*, 5, 1-132.
- Lemesle B. ; 2004. Carabes et Carabiques des sols cultivés et populations entomologiques couramment associées en Touraine. *Symbioses*, 11 : 3-8.
- Loreau M. Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J.P., Hector A., Hooper D.U., Huston M.A., Raffaelli D., Schmid B., Tilman D., Wardle D.A. ; 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning : Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 294, 804-808.
- Marrec R., Badenhauer I., Bretagnolle V., Börger L., Roncoroni M., Guillon N., Gauffre B. ; 2015. Crop succession and habitat preferences drive the distribution and abundance of carabid beetles in an agricultural landscape . *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199, 282-289.
- Meek B., Loxton D., Sparks T., Pywell R., Pickett H., Nowakowski M.; 2002. The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. *Biological Conservation* 106(2), 259-71.
- Petchey O.W., Gaston K.J.; 2006. Functional diversity : back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, 9, 741-758.
- Pinault P., Tiberghien G. ; 1987. Composition faunistique. Place et rôle des invertébrés dans une exploitation maraîchère en agrobiologie. D) Etude préliminaire sur les Coléoptères carabiques : inventaire faunistique, répartition spatio-temporelle. *Les Cahiers de liaison de l'O.P.I.E.*, 21 (3) : 21-35.
- Rouabah A., Lasserre-Joulin F., Amiaud B., Plantureux S. ; 2014. Emergent effects of ground beetles size diversity on the strength of prey suppression. *Ecological Entomology*, 39, 47-57.
- Rougon D. ; 2001. Biodiversité des Carabidae des grandes cultures en région Centre, *Symbioses*, 4, 27-31.
- Roume A. ; 2011. Quelle est la contribution des milieux semi-naturels à la diversité et à la répartition des assemblages de Carabidae actifs et hivernants dans un paysage rural tempéré ? Thèse de doctorat. Université de Toulouse, 197 p.
- 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.
- Woodcock B.A., Westbury D.B., Potts S.G., Harris S.J., Brown V.K.; 2005. Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 107(2-3), 255-266.
- Woodcock B.A., Redhead J., Vanbergen A.J., Hulmes L., Hulmes S., Peyton J., Nowakowski M., Pywell R.F., Heard M.S.; 2010. Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 191, 181-186.
- Woodcock B.A., Harrower C., Redhead J., Edwards M., Vanbergen A.J., Heard M., Roy D.B., Pywell R.F.; 2014. National patterns of functional diversity and redundancy in predatory ground beetles and bees associated with UK arable crops. *Journal of Applied Ecology*, 51, 142-151.