



HAL
open science

Effet de variables intra-parcellaires et paysagères sur les communautés printanières d'auxiliaires généralistes et sur le potentiel de contrôle des ravageurs en milieu agricole

Lea Leclercq

► To cite this version:

Lea Leclercq. Effet de variables intra-parcellaires et paysagères sur les communautés printanières d'auxiliaires généralistes et sur le potentiel de contrôle des ravageurs en milieu agricole. [Stage] France. Université de Rennes 1 (UR1), FRA. 2014, pp.25. hal-02796785

HAL Id: hal-02796785

<https://hal.inrae.fr/hal-02796785>

Submitted on 5 Jun 2020

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

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

Leclercq Léa

Université de Rennes 1

Stage Master 1 - Ecologie fonctionnelle, évolutive et comportementale

Année 2013-2014

Au sein de l'équipe SAD-Paysage, INRA

Encadrée par Colette Bertrand, Jacques Baudry et Françoise Burel

Du 31 mars au 25 juillet 2014

Effet de variables intra-parcellaires et paysagères sur les communautés printanières d'auxiliaires généralistes et sur le potentiel de contrôle des ravageurs en milieu agricole

Frédéric Ysnel et Claudia Gérard

Date de soutenance orale : 16 juin 2014

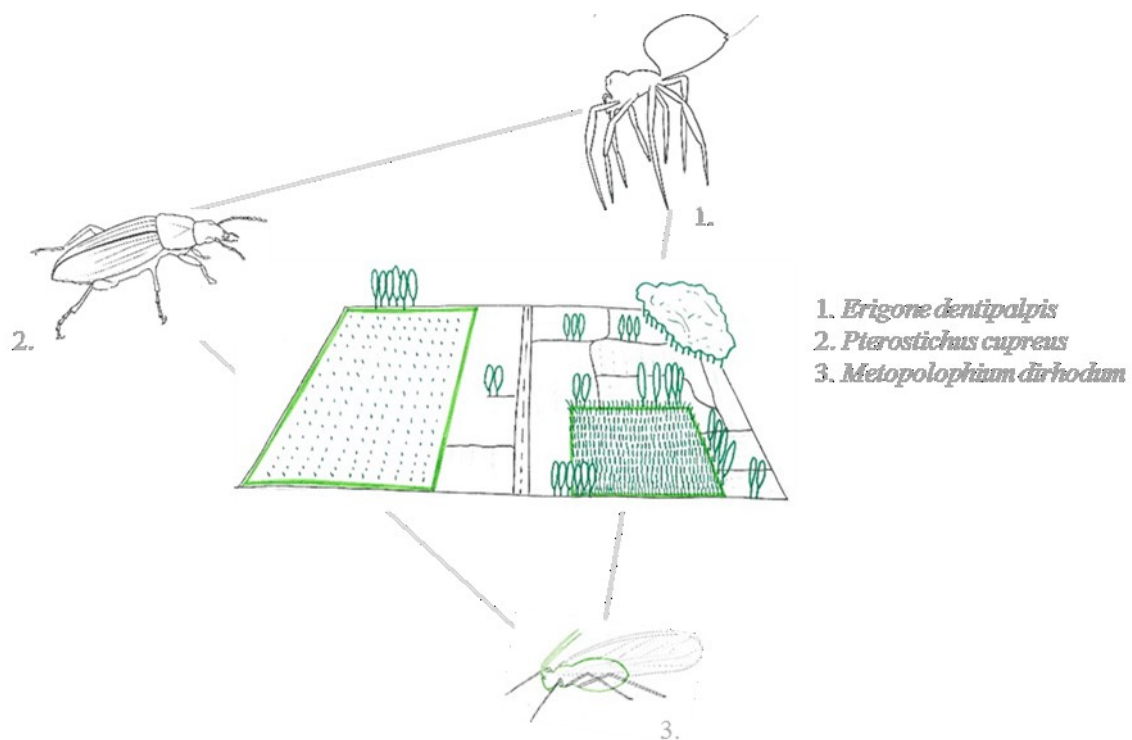


Schéma : Illustration des variables intra-parcellaires et paysagères pouvant influencer les interactions entre prédateurs généralistes et ravageurs.

Remerciements

Un grand merci à Colette pour son encadrement, ses relectures... et ses nombreux conseils pour la réalisation de ce rapport ! Merci aussi à Jacques pour sa patience et son aide qui m'ont permis de prendre du recul sur mes résultats. Merci à Meychun pour sa collaboration lors des échantillonnages de terrain. Merci à Noriane pour son soutien à la cantine et aux pauses goûters !

Merci encore une fois à Colette pour ce stage où les fous rires inattendus même très courts étaient très chouettes.

Sommaire

Introduction.....	1
Matériel et Méthode	3
*Site d'étude.....	3
*Echantillonnage des données biologiques.....	4
-Estimation du potentiel de prédation grâce à l'utilisation de cartes à pucerons.....	4
-Piégeage des communautés d'auxiliaires généralistes par pots barbers	5
-Relevés des variables intra-parcellaires	5
-Variables paysagères.....	5
*Analyses statistiques	5
Résultats.....	7
*Effet des variables intra-parcellaires sur les communautés d'auxiliaires généralistes et sur le taux de prédation.....	7
-Aperçu général des données	7
-Variables corrélées.....	7
-Activité-densité des arthropodes (Tableau 4).....	7
-Taux de prédation des pucerons verts du pois (Tableau 5).....	8
*Effet des variables paysagères sur les communautés de prédateurs et sur le taux de prédation.....	9
-Activité-densité des arthropodes (Tableaux 6).....	9
-Taux de prédation des pucerons verts du pois (Tableau 7).....	9
Discussion.....	11
1/ Influence du paysage et des variables intra-parcellaires sur les communautés d'auxiliaires généralistes	11
- Rôle des variables paysagères.....	11
- Influence des variables intra-parcellaires	12
2/ Influence du paysage et des variables intra-parcellaires sur le potentiel de prédation	13
- Influence des variables intra-parcellaires	13
- Influence des variables paysagères	15

INTRODUCTION

Dans un contexte de remise en question des pratiques agricoles, de nombreuses études portant sur le thème de l'agroécologie recherchent de nouvelles conceptions pour produire plus sainement et durablement avec comme support l'écosystème dans son ensemble. Notamment, dans le cadre du plan Ecophytoⁱ, l'objectif prévu pour 2018 est d'avoir réduit de 50% l'utilisation des produits phytosanitaires qui impactent les régulations biotiques des systèmes anthropisés. En effet, plusieurs travaux portant sur les pesticides ont mis en évidence leurs impacts écologiques sur la biodiversité, fragilisant profondément les milieux agricoles. C'est le cas par exemple du glyphosate largement utilisé comme herbicide, pour lequel il a été démontré en laboratoire des effets sub-létaux sur les attributs biologiques de l'araignée; *Alpaida veniliae*, diminuant notamment la consommation de proies des femelles (Benamù *et al.*, 2010). L'un des leviers d'action pour une agriculture durable serait de maintenir et de favoriser les auxiliaires des culturesⁱⁱ, tels que les araignées (Araneae) (Oelbermann & Scheu, 2009) et les coléoptères carabiques (Coleoptera carabidae), arthropodes qui dominent dans nos régions agricoles et qui sont définis comme prédateurs généralistes des ravageurs des cultures.

Le rôle des carabes et des araignées comme prédateurs des pucerons est aujourd'hui mieux connu. La littérature sur le sujet témoigne d'une réduction significative des ravageurs pour 80% des études et les dégâts occasionnés sur les cultures seraient évités dans 50% des cas (Symondson *et al.*, 2002). D'après Romero & Harwood (2010), même si la qualité énergétique des pucerons est relativement faible pour des prédateurs tels que les araignées (Oelbermann & Scheu, 2009), une importante proportion de proies interceptées le jour sont représentées par les pucerons (contrairement aux collemboles interceptés la nuit et de qualité nutritionnelle plus élevée). Cependant, les résultats des études en conditions naturelles, visant à prouver l'efficacité des araignées et des carabidés en tant qu'agents de contrôle des ravageurs, sont parfois contradictoires. Quelques études indiquent des effets temporaires, faibles ou nuls sur les pullulations de ravageurs (Holland & Thomas, 1997; Lang, 2003; Vichitbandha & Wise, 2002). Comprendre et prévoir la dynamique des populations et les interactions trophiques en milieu agricole est d'autant plus difficile que les systèmes agricoles sont des systèmes complexes et soumis à des changements biotiques et abiotiques rapides. Les effets de l'agriculture sur les auxiliaires et le service de prédation s'opèrent à plusieurs niveaux ; de la parcelle au paysage, induisant des réponses différentes des communautés selon leurs traits écologiques (Burel *et al.*, 2004). Par exemple, l'activité-densité et la richesse spécifique des

araignées (Lycosidae et Linyphiidae) sont sensibles à la richesse en prairies et forêts des paysages agricoles (Schmidt *et al.*, 2008; Gardiner *et al.*, 2010) contrairement aux coléoptères carabiques dont l'activité-densité ne semble pas toujours répondre à une augmentation des habitats semi-naturels dans le paysage (Dauber *et al.*, 2005). A des échelles plus fines (intra-parcellaires), la présence et la distribution des espèces est conditionnée par des facteurs microclimatiques tels que la température et l'humidité (Lovei & Sunderland, 1996; Rypstra *et al.*, 1999). Samu (1993) montre ainsi qu'il existe de fortes relations entre la structure de l'habitat à échelle locale (telles que la nature de la végétation et la couverture de litière) et les communautés d'araignées.

Ainsi comme l'ont suggéré plusieurs études (Samu *et al.*, 1999; Schmidt *et al.*, 2008; Dauber *et al.*, 2005), nous avons travaillé de manière simultanée à différentes échelles spatiales; du paysage au local, en nous intéressant particulièrement aux facteurs qui influencent le potentiel de contrôle biologique. Nous avons testé l'effet de variables intra-parcellaires (telles que la densité, la hauteur du couvert végétal, et la disponibilité en proies des cultures) et des variables paysagères (telles que la complexité paysagère et le pourcentage d'éléments semi-naturels dans un rayon de 500 mètres autour du centre des parcelles échantillonnées) sur l'activité-densité des araignées et carabidés et sur le potentiel de prédation des pucerons au sein des parcelles agricoles. Les relations entre ces variables sont testées dès le début de la saison, période de reprise d'activité des arthropodes et de recolonisation présumée des parcelles par les ennemis naturels (Öberg *et al.*, 2008). A cette période, l'effet de la complexité paysagère devrait être plus marqué (Öberg *et al.*, 2008), tout comme la relation entre l'abondance des prédateurs et le taux de prédation (Östman, 2004).

Nous posons l'hypothèse qu'à des échelles intra-parcellaires, une augmentation de la densité et de la hauteur du couvert végétal augmentera l'activité-densité des groupes d'arthropodes leur conférant un habitat plus favorable et attractif, ce qui pourra contribuer à une augmentation du potentiel de prédation au sein de la parcelle. Nous prendrons également en compte la disponibilité en pucerons dans la parcelle, qui pourrait influencer la présence des arthropodes (Kromp, 1999) et leur état de satiété (Lang & Gsödl, 2001), affectant le potentiel de prédation.

Par ailleurs, les observations en début de saison nous permettront de vérifier si des paysages complexes permettent une recolonisation plus rapide des parcelles, ce qui devrait se traduire par des activités-densités des arthropodes plus élevées. Cela serait dû à une présence des

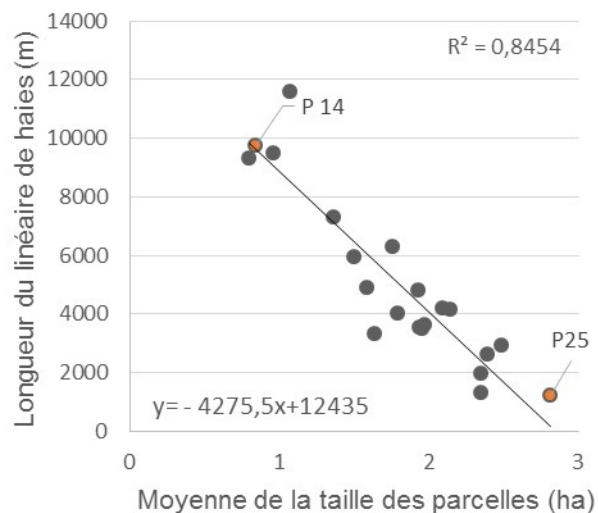
espèces à proximité des parcelles (éléments semi-naturels tels que les haies jouant le rôle de zones refuges lors de la période hivernale) et à des distance de déplacements réduites pour atteindre les éléments cultivés (faible taille des parcelles). On s'attend alors à ce que le potentiel de prédation soit lui aussi plus élevé en début de saison dans les paysages complexes par rapport aux paysages simples. En vue de confirmer ces hypothèses, l'expérimentation a été mise en place de la mi-mars à la mi-mai au sein de la Zone Atelier Armorique, sur un ensemble de 24 parcelles agricoles sélectionnées le long d'un gradient de complexité paysagère. Les deux groupes étudiés sont, à ce stade de l'étude, caractérisés par leur activité-densité globale. L'ambition de cette étude est donc d'orienter les recherches futures vers les facteurs paysagers et locaux des milieux agricoles, susceptibles d'influencer les communautés et le potentiel de prédation.

MATERIEL ET METHODE

*Site d'étude

L'ensemble des données analysées ont été échantillonnées du 19 mars au 15 mai 2014 au sein de la Zone Atelier Armorique (site de Pleine-Fougère) ; dispositif d'observation de 150km² situé à 40km au nord de Rennes (48°N 32' 1° 33'O). Sur cette zone, 24 parcelles ont été sélectionnées le long d'un gradient de complexité paysagère. Ce gradient caractérisé par la taille moyenne des parcelles et par la longueur du linéaire de haies dans des fenêtres de 500m autour du centre de la parcelle (Figure 1), a permis de créer la variable « complexité paysagère », qui sera détaillée par la suite.

Figure 1 : Caractérisation des 24 parcelles de complexité paysagère ; variable déterminée selon la longueur totale du linéaire de haies dans un buffer de 500 mètres (cercle rouge) autour du centre de la parcelle d'intérêt (●) et par la taille moyenne des parcelles dans ce même paysage. R²=0,8454



Afin de limiter l'impact de l'historique de la culture et des éléments non agricoles, les parcelles sont caractérisées par une production exclusive de cultures annuelles (céréales ou

maïs) sur les cinq dernières années et sont localisées dans des paysages présentant entre 70 et 90% de surface agricole. L'indépendance entre les parcelles échantillonnées est assurée par une distance de 600 mètres minimum entre chacune d'elles.

*Echantillonnage des données biologiques

Au sein de chaque parcelle, nous estimons le potentiel de prédation ainsi que l'activité-densité des auxiliaires généralistes le long d'un transect linéaire de 70 mètres, situé à 25 mètres

Tableau 1 : Dates auxquelles ont été réalisées les quatre visites pour l'échantillonnage de l'activité-densité, du potentiel de taux de prédation et des variables intra-parcellaires.

N° de visite	Activité densité		Taux de prédation	
	Du	Au	Du	Au
V1	19/03/2014	02/04/2014	19/03/2014	20/03/2014
V2	02/04/2014	16/04/2014	02/04/2014	03/04/2014
V3	16/04/2014	30/04/2014	16/04/2014	17/04/2014
V4	30/04/2014	14/05/2014	30/04/2014	01/05/2014

de la bordure avec une autre parcelle agricole (Figure 2). La récolte des données réalisée tous les 15 jours, a commencée le 19 mars 2014 et prendra fin en juillet. Les données utilisées dans cette étude portent donc uniquement sur les quatre premières visites (Tableau 1).

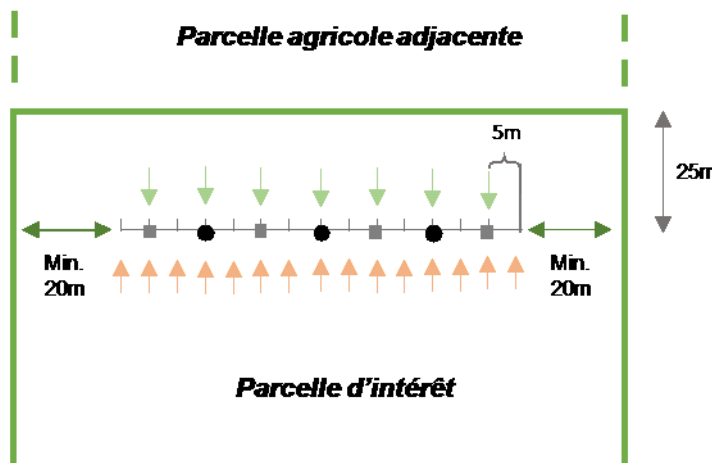


Figure 2 : Plan d'échantillonnage d'une parcelle à l'aide de cartes à pucerons (■) et de pièges Barber (●) correspondant aux variables de biodiversité.

L'évaluation du pourcentage de recouvrement au sol par la végétation (▲), de la hauteur du couvert et du nombre de pucerons (▼) représentent les variables intra-parcellaires.

-Estimation du potentiel de prédation grâce à l'utilisation de cartes à pucerons

Les cartes à pucerons (8cm x 6cm) créées à partir de papier "ponce" comportent 10 pucerons verts du pois (*Acyrtosiphon pisum*) collés vivants à 1 cm les uns des autres et des bords de la carte puis congelées jusqu'à leur utilisation. Elles sont disposées au sol tous les 15 jours pendant 24 heures et permettent d'estimer le taux de prédation potentiel de chaque parcelle, en dénombrant le nombre de pucerons restants à t+24h par rapport au nombre de pucerons initiaux sur la carte à t0.

-Piégeage des communautés d'auxiliaires généralistes par pots barbers

Nous avons piégé les carabes et araignées, en continu (remplacement des pots à chaque visite), afin d'estimer leur activité-densité au sein de chaque parcelle. Les pots barbers couvrant une surface de 56,7 cm² étaient remplis d'une solution de conservation à base d'eau salée et de monopropylène glycol. A ce stade de l'étude, seule l'activité-densité a pu être prise en compte. L'identification des individus sera réalisée par la suite et permettra de prendre en compte la richesse spécifique et la composition des communautés comme autres variables explicatives et à expliquer.

-Relevés des variables intra-parcellaires

Tous les 15 jours sont évaluées : 1) la hauteur du couvert végétal et la disponibilité en proies (comptage de pucerons) au niveau de chaque carte et pot barber, ainsi que 2) la structure de la végétation mesurée par le pourcentage de recouvrement au sol de la culture (Figure 2). Cet indice est estimé après traitement par le logiciel « Can-eye »¹ de photos hémisphériques prises tous les 5 mètres le long du transect.

-Variables paysagères

Nous avons caractérisé le paysage par le pourcentage d'éléments semi-naturels et par une variable nommée complexité paysagère, estimés tous deux dans un buffer de 500 mètres autour du centre de chaque parcelle échantillonnée. Le gradient paysager établi lors de la sélection des parcelles (Figure 1) a permis de définir la complexité paysagère autour de chaque parcelle. La complexité paysagère, prenant en compte la taille moyenne des parcelles et la longueur totale du linéaire de haies dans le paysage de chaque parcelle, est donc construite à partir de la projection orthogonale des points sur la droite de régression ($y = -4275,5x + 12435$). Les distances euclidiennes de chaque nouveau point par rapport à une valeur de référence (Valeur de référence : coordonnées de la parcelle 25, située dans le paysage le plus simple, et dont la valeur de complexité paysagère est fixée à 0) ont permis d'obtenir la valeur de complexité paysagère de chaque parcelle.

***Analyses statistiques**

L'ensemble des variables réponses et explicatives sont présentées dans le tableau 2.

¹ <http://www6.paca.inra.fr/can-eye>

Tableau 2 : Variables réponses biotiques et variables explicatives parcellaires et paysagères analysées au sein des paysages agricoles choisis de la zone Atelier Armorique.

Groupes		Variables	Unité	Description	
Variables réponses		Activité-densité des auxiliaires : Carabidés, Araignées	Nb_C Nb_A	NB	Abondance de chaque auxiliaire par parcelle
		Taux de prédation (Cartes à pucerons)	Tx_Pred	%	[Nombre de pucerons disposés dans la parcelle à T0 – Nombre de pucerons restants à T24] / Nombre de pucerons à T0
Variables explicatives	Intra-parcellaires	Hauteur du couvert	Haut_Couv	cm	Moyenne de la hauteur de la végétation par parcelle
		Densité du couvert	Rec_Couv	%	Moyenne du pourcentage de recouvrement de la végétation au sol par parcelle
		Abondance de pucerons	Disp_Proies	NB	Somme du nombre de pucerons dénombrés sur 70 tiges par parcelle
	Paysagères (Données carto. 2006, 2012, 2014, SIG)	Pourcentage d'éléments semi-naturels	Pourc_ESN_500	%	Pourcentage total de haies, bois, friches, plantations
Complexité paysagère		Comp_Pay_500	/	Coefficient de complexité paysagère qui caractérise simultanément la longueur totale du linéaire de haies et de la taille moyenne des parcelles	

L'effet des variables intra-parcellaires et paysagères sur l'activité-densité des prédateurs ainsi que sur le taux de prédation a été testé par des Modèles Linéaires Généralisés (GLM) sur la base de répliques parcellaires (n=24). Nous avons créés quatre modèles majeurs représentés dans la figure 3. Chaque modèle a été créé pour chaque visite, car les données mesurées au sein des parcelles ne sont pas indépendantes dans le temps (entre les visites). Les données d'activité-densité suivant une loi de Poisson ont été traitées à l'aide d'une famille "quasipoisson" et les données de prédation suivant une loi Binomiale ont été analysées à l'aide de la famille "quasibinomial" (Bouche *et al.*, 2009). L'utilisation de lois « quasi » ont permis de prendre en compte la sur-dispersion des données. Le logiciel R Project a été utilisé pour réaliser l'ensemble des analyses.

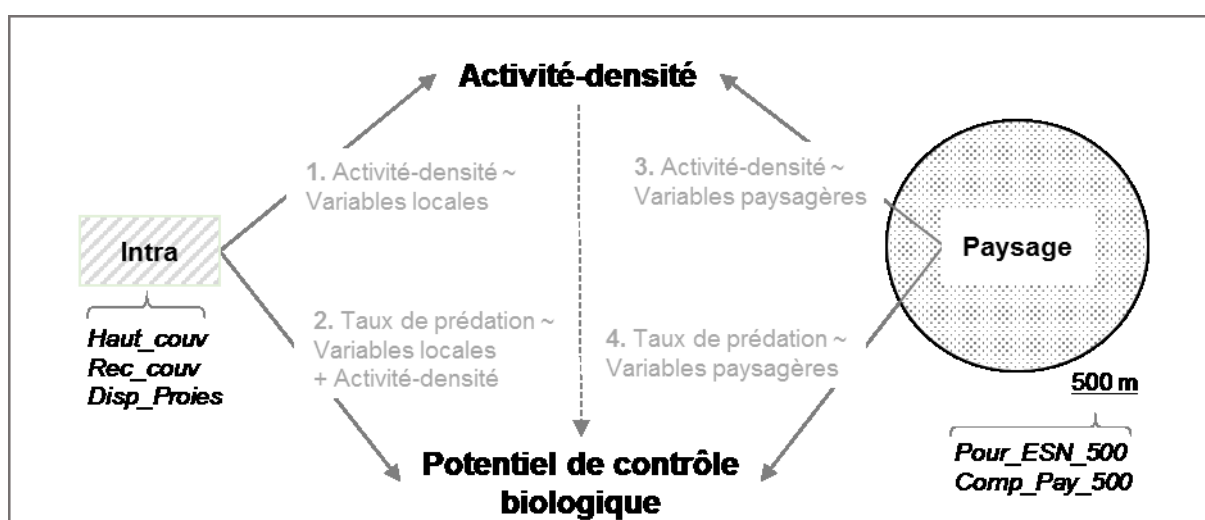


Figure 3 : Relation entre les variables intra-parcellaires et paysagères avec les variables réponses biotiques (activité-densité et taux de prédation). Création de quatre modèles linéaires généralisés.

RESULTATS

***Effet des variables intra-parcellaires sur les communautés d'auxiliaires généralistes et sur le taux de prédation**

-Aperçu général des données

Nous observons une évolution du taux de prédation, de la hauteur du couvert végétal et de son pourcentage de recouvrement au sol, moyennés à l'ensemble des 24 parcelles, au cours des quatre visites (Tableau 3). Le nombre total de pucerons dénombrés dans les 24 parcelles augmente considérablement à la visite 3. En revanche, au sein des 24 parcelles, le nombre total de carabes et d'araignées piégés est relativement stable au cours des quatre visites.

Tableau 3 : Evolution de plusieurs variables sur l'ensemble des 24 parcelles au cours des quatre sessions.

Sessions	Nombre total d'individus piégés sur les 24 parcelles (nb total)		Taux de prédation des 24 parcelles par session (%)	Hauteur moyenne du couvert végétal des 24 parcelles (cm, $\pm \sigma$)	Pourcentage de recouvrement moyen du couvert végétal des 24 parcelles (% , $\pm \sigma$)	Nombre total de pucerons disponibles/dénombrés sur les 24 parcelles (nb total)
	Carabes	Araignées				
V1	1093	1552	17%	15,5 \pm 7,03	27% \pm 15%	2
V2	1155	1480	40%	29,6 \pm 8,93	34% \pm 18%	0
V3	1041	1222	55%	46,9 \pm 9,31	46% \pm 18%	76
V4	1098	1253	64%	62,8 \pm 9,72	54% \pm 18%	114

-Variables corrélées

A la visite quatre la hauteur de couvert est corrélée (coefficient de corrélation de Spearman $> 0,7$) au pourcentage de recouvrement au sol par la végétation ($r_s(V4) = 0,79$, $P < 0,001$). Lors de la construction des modèles de la visite quatre, un choix entre ces deux variables a été établi selon le R^2 expliquant au mieux le degré de lien entre la variable explicative et la variable réponse.

-Activité-densité des arthropodes (Tableau 4)

L'activité-densité des carabes est négativement corrélée au pourcentage de recouvrement au sol à la visite trois (Figure 4, entre 16 et 85% de recouvrement au sol, $R^2 = 0,18$, $a = -0,77$, $P < 0,05$). Concernant les autres modèles, outre quelques tendances, aucune des variables locales prises en compte n'apparaît comme ayant un effet significatif sur l'activité-densité des carabes et des araignées.

Tableau 4 : Modèles linéaires généralisés de l'effet des variables intra-parcellaires sur l'activité-densité (AD) des arthropodes (Carabes : Ca., Araignées : Ar.). Sont présentés pour chacune des variables intégrées dans le modèle les coefficients de la régression (Est.), la significativité de la variable suite à un test de Fisher (P-val), ainsi que le pourcentage de déviance expliquée par la variable (Dev. ou Dev. exp). Lorsqu'une variable n'est pas intégrée au modèle, la cellule porte le signe (-).

N° de visites et Modèles Activité-densité et Intra-parcellaire		Modèle		Variables explicatives								
		Dev. null	Dev. exp.	Rec_Couv			Haut_Couv			Disp_Proies		
				Est.	Dev.	P-val.	Est.	Dev.	P-val.	Est.	Dev.	P-val.
V1	AD Ca. ~ Rec_Couv + Haut_Couv	327,54	4%	-0,20	0%	NS	0,01	3%	NS	-	-	-
	AD Ar. ~ Rec_Couv + Haut_Couv	196,46	18%	0,46	4%	NS	0,02	14%	0,071	-	-	-
V2	AD Ca. ~ Rec_Couv + Haut_Couv	395,88	9%	-0,57	5%	NS	-0,01	5%	NS	-	-	-
	AD Ar. ~ Rec_Couv + Haut_Couv	216,98	10%	0,44	6%	NS	0,01	3%	NS	-	-	-
V3	AD Ca. ~ Rec_Couv + Haut_Couv + Disp_Proies	657,66	34%	-0,77	24%	0,036	-0,03	9%	NS	0,03	1%	NS
	AD Ar. ~ Rec_Couv + Haut_Couv + Disp_Proies	179,02	16%	-0,98	15%	0,063	0,00	0%	NS	-0,00	0%	NS
V4	AD Ca. ~ Rec_Couv + Disp_Proies	688,29	26%	-2,45	15%	0,074	-	-	-	-0,05	11%	NS
	AD Ar. ~ Rec_Couv + Disp_Proies	217,36	11%	-0,77	5%	NS	-	-	-	0,02	6%	NS

-Taux de prédation des pucerons verts du pois (Tableau 5)

Le taux de prédation est positivement corrélé à l'activité-densité des carabes aux trois dernières sessions de piégeage (Visite 2, entre 15 à 143 individus piégés, $R^2=0,15$; Visite 3, Figure 5, entre 9 et 174 individus piégés, $R^2=0,20$; Visite 4, entre 9 et 147 individus piégés, $R^2=0,18$, et pour l'ensemble de ces visites 1,2 et 3 : $a=0,03$, $P<0,01$). En revanche, nous observons une corrélation négative entre le taux de prédation et l'activité-densité des araignées à la visite deux (Entre 25 et 112 individus, $R^2=0,07$, $a=-0,02$, $P<0,01$). Par ailleurs, lors de la deuxième session de piégeage, le taux de prédation est positivement

Tableau 5 : Modèles linéaires généralisés de l'effet des variables intra-parcellaires sur le taux de prédation (Tx_pred) des pucerons par les arthropodes. Sont présentés pour chacune des variables intégrées dans le modèle les coefficients de la régression (Est.), la significativité de la variable suite à un test de Fisher (P-val), ainsi que le pourcentage de déviance expliquée par la variable (Dev. ou Dev. exp). Lorsqu'une variable n'est pas intégrée au modèle, la cellule porte le signe (-).

N° de visites et Modèles taux de prédation et Intra-parcellaire		Modèles		Variables explicatives														
		Dev. null	Dev. exp.	Rec_Couv			Haut_Couv			Disp_Proies			Nb_A			Nb_C		
				Est.	Dev.	P-val.	Est.	Dev.	P-val.	Est.	Dev.	P-val.	Est.	Dev.	P-val.	Est.	Dev.	P-val.
V1	Tx_pred ~ Rec_Couv + Haut_Couv + Nb_A + Nb_C	158,27	16%	1,14	1%	NS	-0,01	0%	NS	-	-	-	-0,01	6%	NS	0,01	9%	NS
	Tx_pred ~ Rec_Couv + Haut_Couv + Nb_A + Nb_C	410,6	63%	4,13	13%	0,015	0,09	9%	0,036	-	-	-	-0,02	18%	0,005	0,03	24%	0,002
V3	Tx_pred ~ Rec_Couv + Haut_Couv + Dispo_Proies + Nb_A + Nb_C	382,6	48%	2,54	1%	NS	0,02	7%	NS	0,04	4%	NS	-0,04	9%	0,087	0,03	28%	0,004
	Tx_pred ~ Haut_Couv + Dispo_Proies + Nb_A + Nb_C	441,00	45%	-	-	-	0,08	5%	NS	-0,08	11%	0,050	0,00	0%	NS	0,03	29%	0,003

corrélé au pourcentage de recouvrement au sol par la végétation (Entre 9 à 83% de recouvrement au sol, $R^2= 0,15$, $a=4,13$, $P<0,05$) et à la hauteur du couvert (Figure 6, entre 14,1 et 45 cm de hauteur, $R^2= 0,15$, $a=0,09$, $P<0,05$).

***Effet des variables paysagères sur les communautés de prédateurs et sur le taux de prédation**

-Activité-densité des arthropodes (Tableaux 6)

L'activité-densité des araignées montre une corrélation positive au gradient de complexité paysagère aux visites deux et trois (Visite 2, Figure 7, $a=7,28E-05$; Visite 3, $a=6,33E-05$, pour ces deux visites : $R^2=0,27$ et $P<0,05$). Lors des visites trois et quatre, nous observons une corrélation positive entre l'activité-densité des carabidés et le pourcentage d'éléments semi-naturels (Entre 0,2% et environ 15% d'éléments semi-naturels, Visite 3, $R^2=0,19$, $a=9,99$; Visite 4, Figure 8, $R^2=0,22$, $a=9,40$; pour l'ensemble de ces deux visites : $P<0,05$).

Tableaux 6 : Modèles linéaires généralisés de l'effet des variables paysagères sur l'activité-densité (AD) des arthropodes (Carabes : Ca., Araignées : Ar.), dans un rayon de 500 mètres autour du centre de la parcelle. Sont présentés pour chacune des variables intégrées dans le modèle les coefficients de la régression (Est.), la significativité de la variable suite à un test de Fisher (P-val), ainsi que le pourcentage de déviance expliquée par la variable (Dev. ou Dev. exp).

N° de visite, Modèles Activité-densité et Paysage à 500m		Modèles		Variables explicatives					
		Dev. null	Dev. exp.	Pourc SN 500			Comp Pay 500		
				Est.	Dev.	P-val	Est.	Dev.	P-val
V1	AD Ca. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	327,25	19%	5,36	6%	NS	-8,11E-05	12%	0,085
	AD Ar. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	193,7	13%	1,99	6%	NS	2,75E-05	8%	NS
V2	AD Ca. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	395,29	12%	5,39	11%	NS	-2,03E-05	1%	NS
	AD Ar. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	211,13	28%	-0,54	2%	NS	7,28E-05	26%	0,015
V3	AD Ca. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	627,32	25%	9,99	24%	0,030	-1,89E-05	0%	NS
	AD Ar. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	173,21	28%	1,02	8%	NS	6,33E-05	20%	0,026
V4	AD Ca. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	657	25%	9,40	25%	0,025	8,16E-06	0%	NS
	AD Ar. ~ Pourc SN 500 + Comp Pay 500	205,78	10%	0,20	2%	NS	4,42E-05	8%	NS

-Taux de prédation des pucerons verts du pois (Tableau 7)

Lors de la première et de la troisième visite, le taux de prédation est négativement corrélé au gradient de complexité paysagère (Visite 1, $R^2=0,09$, $a=-2,08E-04$; Visite 3, Figure 9, $R^2=0,14$, $a=-2,41E-04$; pour l'ensemble des deux visites : $P<0,05$).

Tableau 7 : Modèles linéaires généralisés de l'effet des variables paysagères sur le taux de prédation (Tx_pred) des pucerons par les arthropodes. Sont présentées pour chacune des variables intégrées dans le modèle les coefficients de la régression (Est.), la significativité de la variable suite à un test de Fisher (P-val), ainsi que le pourcentage de déviance expliquée par la variable (Dev. ou Dev. exp).

N° de visite, Modèles Taux de prédation et Paysage à 500m	Modèles		Variables explicatives					
	Dev. null	Dev. exp.	Pourc SN 500			Comp Pay 500		
			Est.	Dev.	P-val	Est.	Dev.	P-val.
V1 Taux de prédation ~ Pourc_SN_500 + Comp Pay 500	156,09	20%	9,73	3%	NS	-2,08E-04	17%	0,043
V2 Taux de prédation ~ Pourc_SN_500 + Comp Pay 500	410,52	15%	8,52	1%	NS	-2,24E-04	15%	0,061
V3 Taux de prédation ~ Pourc_SN_500 + Comp Pay 500	366,81	22%	9,98	1%	NS	-2,41E-04	21%	0,027
V4 Taux de prédation ~ Pourc_SN_500 + Comp Pay 500	432,00	2%	3,97	2%	NS	2,58E-05	0%	NS

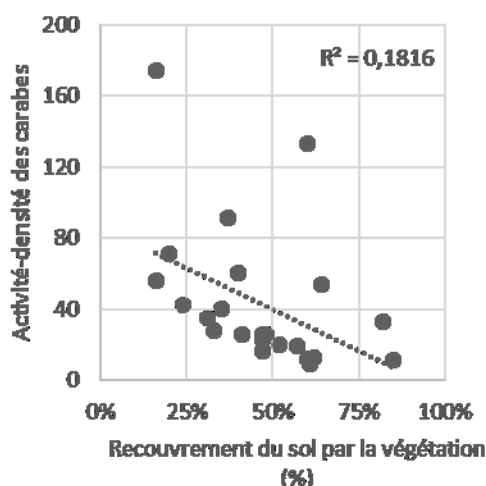


Figure 4 : Régression linéaire entre l'activité-densité des carabes et le pourcentage de recouvrement du sol par la végétation , à la visite 3.

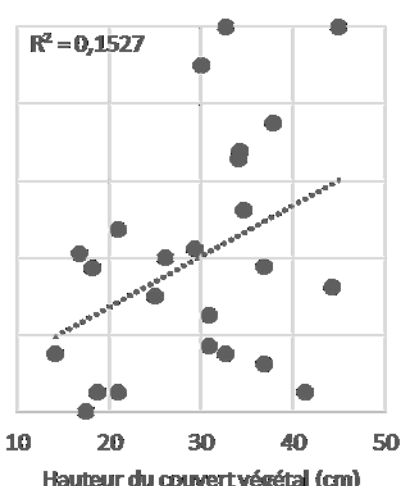
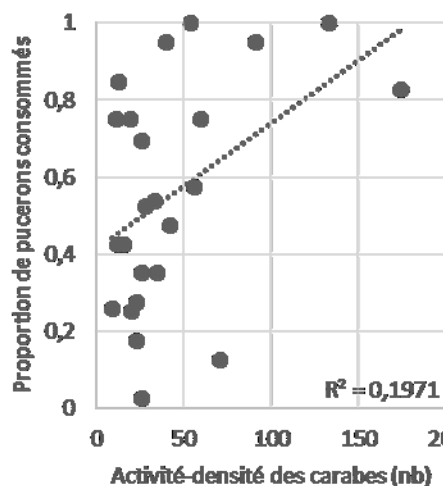


Figure 5 (à gauche) et 6 (à droite) : Régression linéaire entre le taux de prédation de pucerons et l'activité-densité des carabes, à la visite 3, et la hauteur du couvert végétal, à la visite 2.

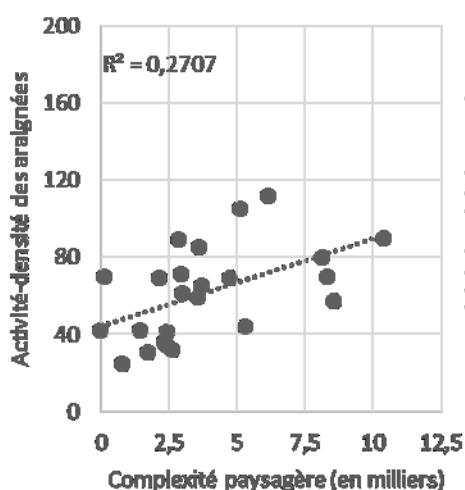


Figure 7 : Régression linéaire entre l'activité-densité des araignées et le gradient de complexité paysagère, à la visite 2.

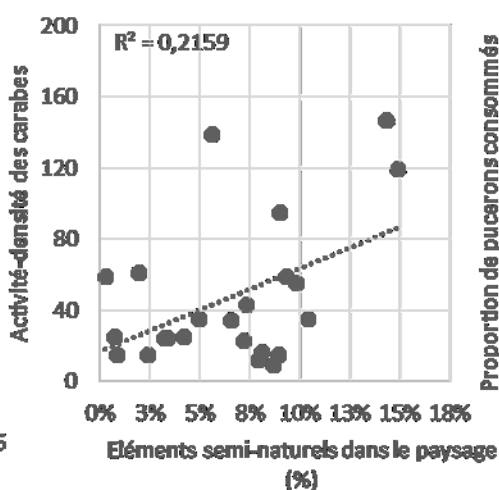


Figure 8 : Régression linéaire entre l'activité-densité des carabes et le pourcentage d'éléments semi-naturels, à la visite 4.

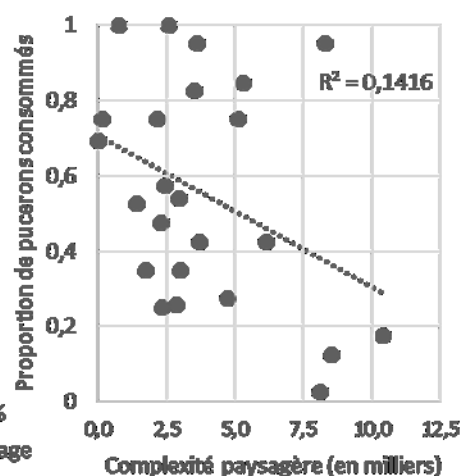


Figure 9 : Régression linéaire entre le taux de prédation de pucerons et le gradient de complexité paysagère, à la visite 3.

Figures 4 - 9 : Régressions linéaires de différentes variables indiquant une corrélation significative ($P < 0,05$) au sein des modèles linéaires généralisés.

DISCUSSION

Les résultats de cette étude ayant portés uniquement sur les données des premières visites (19 mars au 15 mai 2014), les analyses et hypothèses qui suivent sur les interactions en ce début de saison restent à être confirmées par la suite de l'étude qui se prolongera jusqu'à la récolte des cultures.

1/ Influence du paysage et des variables intra-parcellaires sur les communautés d'auxiliaires généralistes

- Rôle des variables paysagères

L'activité-densité des carabes et des araignées est apparue sensible à la composition du paysage. Les carabes ont répondu positivement à une augmentation du pourcentage en éléments semi-naturels du 16 avril au 14 mai (Sessions 3 et 4), et l'activité-densité des araignées a également augmenté avec la complexité paysagère (diminution de la taille des parcelles et augmentation de la longueur totale du linéaire de haies) entre le 2 avril et le 30 avril (Sessions 2 et 3). Ces résultats sont en accords avec de nombreuses études qui témoignent de l'augmentation de l'abondance des auxiliaires généralistes en lien avec la présence d'éléments semi-naturels en milieu agricole. Pywell *et al.*, (2005) ont montré qu'en février, l'abondance et la richesse spécifique en coléoptères et araignées étaient plus importantes au sein des haies bordant les cultures qu'au sein des cultures elles-mêmes, mettant ainsi en évidence l'importance des haies dans les paysages agricoles comme zones refuges des prédateurs généralistes. En effet, ces habitats semi-naturels offrent aux arthropodes des abris face aux pratiques agricoles mais aussi fournissent des sites favorables à la reproduction, à la recherche de proies alternatives nécessaires à leur bon développement, et assurent une connexion des habitats facilitant la dispersion de certaines de ces espèces. La complexité paysagère pourrait ainsi favoriser la recolonisation des espaces cultivés par les auxiliaires généralistes. Ces résultats ont également été confirmés par Gardiner *et al.* (2010), montrant que les araignées auraient une meilleure activité-densité dans les cultures bordées de prairies et patches de forêts (notamment les Lycosidées et les Linyphiidées). Dans le cas de notre étude, le pourcentage de prairies dans le paysage n'a pas été pris en compte (Indisponibilité des données). Bien qu'étant à priori corrélée à la complexité paysagère, il serait préférable de l'intégrer ultérieurement pour prendre en compte son effet positif ou négatif sur les communautés d'auxiliaires (Gardiner *et al.*, 2010). Par ailleurs, et au vue de nos résultats concernant la réponse positive des araignées à la complexité paysagère, nous pouvons émettre

l'hypothèse que dans un paysage « rugueux », caractérisé par un réseau de haies dense, le mouvement des masses d'air puisse être modifié. Pour les araignées Linyphiidées se dispersant par les airs en début de saison, la complexité du paysage pourrait de ce fait ralentir ponctuellement les flux de dispersion et permettre aux paysages complexes de recueillir davantage d'individus (Suter, 1999; Pearce *et al.*, 2005). Öberg *et al.* (2008) ont de leur côté observé qu'il y avait un effet positif des haies sur l'activité-densité des Linyphiidées au début de saison (mars), mais que cet effet disparaissait au cours de l'étude (fin de l'étude début mai). Notre étude ne concerne elle aussi que le début de saison, il est donc intéressant de poursuivre les piégeages au-delà du 15 mai pour déterminer si l'effet positif des éléments semi-naturels sur l'activité-densité des araignées se maintient dans le temps ou si comme l'étude menée par Öberg *et al.* (2008) il prend fin au cours du mois de mai.

Nos résultats montrent également que les réponses des deux taxa à la composition du paysage diffèrent selon les sessions de piégeages. Bien que l'activité-densité des araignées soit fortement liée au gradient de complexité du paysage et celle des carabes au pourcentage d'éléments semi-naturels au cours de deux sessions de piégeage successives, ces potentielles relations observées avec le paysage ne sont pas constantes au cours des 4 visites. D'autres facteurs biotiques et/ou abiotiques, en plus de ceux qui ont été pris en compte dans notre étude, sont donc susceptibles d'intervenir et de moduler la réponse des communautés d'auxiliaires généralistes aux facteurs paysagers.

La complexité paysagère pourrait donc favoriser la présence des auxiliaires dans les parcelles agricoles avant l'arrivée des pucerons (qui commence dans notre étude à la troisième et quatrième visite), et favoriser ainsi le contrôle biologique.

- Influence des variables intra-parcellaires

En comparaison avec l'échelle paysagère, les caractéristiques intra-parcellaires des cultures agricoles semblent moins impacter l'activité-densité des arthropodes étudiés. Pourtant, de nombreuses études ont montré que la composition d'une communauté dépendait de trois échelles distinctes que sont ; le paysage de l'agroécosystème (Tscharrntke *et al.*, 2007), la structure de l'habitat (Bengtsson *et al.*, 2005) et le microclimat au sein de la parcelle, où la température et l'humidité très dépendantes de la structure du couvert végétal sont des facteurs qui régissent la répartition des espèces (Lovei & Sunderland, 1996).

Par ailleurs, nous nous attendions à une augmentation de l'activité-densité des auxiliaires avec une augmentation de la densité du couvert et nos résultats concernant les carabes en visite 3

sont apparus contraires à nos prédictions (pourcentage de recouvrement du couvert variant entre 16 et 85% et corrélation négative de l'activité-densité des carabes avec la densité du couvert). Plusieurs hypothèses pourraient permettre d'expliquer ce résultat. Premièrement, une couverture végétale trop dense créant des conditions micro-environnementales peu favorables pourrait provoquer le mouvement des individus de l'intérieur vers l'extérieur de la parcelle (fuite). Dans une étude de Honek & Jarosik (2000), il a été montré que dans les cultures de colza et de pois, les carabes peuplaient les cultures ayant une faible densité de couvert, et dès lors elles devenaient denses, ils s'agrégeaient dans les cultures de sols nus. Ces préférences en début de saison pour les paysages cultivés dont le couvert végétal apparaît peu dense, peuvent s'expliquer par l'histoire évolutive des carabes au sein des steppes sèches et ouvertes (Andersens, 2000). Deuxièmement, une couverture de végétation plus dense pourrait diminuer les probabilités de piégeages en diminuant l'activité des individus dans la parcelle (Melbourne, 1999; Thomas *et al.*, 2006). Troisièmement, la structure de la végétation pourrait aussi jouer sur la disponibilité en proies, pouvant affecter elle-même les déplacements et l'activité des prédateurs (Samu, 1993; Romero & Harwood, 2010). L'effet observé est donc difficile à expliquer puisque les piégeages par pots barbers ne permettent pas de dissocier l'activité de la densité réelle des individus.

2/ Influence du paysage et des variables intra-parcellaires sur le potentiel de prédation

Cette étude qui vise à estimer un taux de prédation par l'utilisation de cartes à pucerons, permet de tester un "potentiel de prédation", mais ne permet en aucun cas de mesurer l'efficacité réelle du contrôle biologique des ravageurs, rappelant ainsi une des limites de la méthode.

- Influence des variables intra-parcellaires

Le taux de prédation répond positivement à l'activité-densité des carabes dès le 2 avril au cours de trois sessions. Le lien entre le taux de prédation et l'activité-densité des carabes est envisageable dans la mesure où il a déjà été prouvé qu'ils sont capables d'exercer une pression de prédation sur les populations du puceron des céréales, *Rhopalosiphum padi* (Östman, 2004). Lindroth (1992) affirme que les carabes ne sont pas des prédateurs carnivores et que la plupart d'entre eux ne s'attaqueraient pas à une proie indemne, ce qui suggère qu'ils sont aptes à consommer les pucerons mis à disposition sur les cartes. Afin de confirmer ce résultat, il serait intéressant d'utiliser des caméras pour observer sur 24 heures les prédateurs véritablement responsables de la prédation sur les cartes.

Dans une étude menée par Menalled *et al.* (1999), le taux de prédation de pupes de mouches par des coléoptères carabiques est positivement et linéairement corrélé au nombre d'individus des quatre espèces de carabes les plus abondantes. Dans notre cas cependant, il semblerait qu'au-delà d'une certaine activité-densité des carabes (Figure 5, valeur seuil ~ 60 individus/piège) la relation linéaire ne soit plus vérifiée et que le taux de prédation soit à son maximum. Nous aurions alors une relation de type asymptotique, et cet effet seuil du taux de prédation observé sur les cartes illustre la limite de l'utilisation des modèles linéaires généralisés pour décrire ces relations qui n'apparaissent pas toujours linéaires.

Sachant que les populations de ravageurs augmentent considérablement dès lors elles ne sont pas régulées par les prédateurs des cultures, et qu'un contrôle de ces ravageurs apparaît plus efficace en début de saison (Riechert & Bishop, 1990), le potentiel de prédation des carabes dans notre étude en début de saison se révèle intéressant pour espérer limiter les pertes de rendement pouvant être causées par ces ravageurs.

D'autres techniques plus quantitatives ont également permis de détecter l'ingestion de pucerons par les araignées du genre *Pardosa* grâce à l'analyse moléculaire de leur contenu intestinal (Birkhofer *et al.*, 2008). Dans notre cas, les résultats indiquent sur l'une des sessions un taux de prédation négativement corrélé à l'activité-densité des araignées. Des interactions négatives intra-guildes peuvent exister, notamment entre les carabes et les araignées. Ces interférences peuvent être la conséquence d'une compétition/prédation entre les groupes partageant des niches écologiques proches. Lang (2003) a mis en évidence que les carabes présents en début de saison exerçaient une pression de prédation sur les araignées. Par la suite, l'activité-densité des carabes diminuait et simultanément l'activité-densité des araignées augmentait au cours de la saison. Cela confirme l'intérêt de s'intéresser à plusieurs groupes d'auxiliaires, qui peuvent se "relayer" au cours de la saison dans le contrôle biologique exercé sur des proies communes.

La hauteur ainsi que la densité du couvert ont eu un effet ponctuel (Visite 2) sur le taux de prédation, et en tant que variables micro-environnementales, elles sont en effet susceptibles d'influencer l'activité-densité des communautés de prédateurs. Comme l'indique Kromp (1999) dans une synthèse, le taux d'activité des carabes est sensible à la température et influence de manière significative le taux de consommation de proies. Un couvert végétal optimal conférant des conditions microclimatiques particulières pourrait ainsi influencer indirectement le potentiel de prédation au sein des cultures.

- Influence des variables paysagères

Les résultats indiquent que le taux de prédation est négativement affecté par la complexité du paysage, ce qui semble au premier abord contradictoire avec les résultats du paysage sur l'activité-densité des prédateurs. Cette observation peut être expliquée par l'apport de proies alternatives par la diversité des paysages, limitant ainsi la prédation des pucerons présents sur les cartes d'estimation du taux de prédation. Les araignées se nourrissent principalement de collemboles et de diptères (Romero & Harwood, 2010) et des études ont en effet mis en évidence que ces organismes du sol répondaient à la composition du paysage environnant (Bianchi *et al.*, 2006). Bien que la présence de ces proies alternatives puisse contribuer à maintenir les populations de prédateurs généralistes, et indirectement améliorer la pression de prédation sur les ravageurs, une forte abondance de proies alternatives peut également modifier le comportement alimentaires des prédateurs en affectant leurs choix alimentaires ou en se substituant à d'autres proies comme les ravageurs visés (Renkema *et al.*, 2012). De plus, un facteur clé du comportement alimentaire serait l'état de satiété; les carabes affamés consommeraient un nombre de proies supérieur, et seraient moins sélectifs, bien que ceci ne soit pas toujours mis en évidence (Lang & Gsödl, 2001).

Cette hypothèse est en accord avec la tendance à la corrélation négative entre le taux de prédation et la disponibilité en pucerons estimée dans la parcelle au cours de la visite 4. Cependant, notons que le caractère généraliste des prédateurs que nous étudions ne nous permet pas de faire un lien direct entre le taux de prédation et la disponibilité en pucerons dans la parcelle. Par ailleurs, l'évaluation de la disponibilité en proies en 7 localités dans la parcelle pourrait être améliorée du fait de la répartition de type agrégative des pucerons au sein de la végétation (Kromp, 1999). Enfin, ce résultat à la limite de la significativité devrait être confirmé par de prochaines études.

Les carabes et araignées apparaissent donc plus sensibles en début de saison à la mosaïque paysagère qu'aux caractéristiques locales. Présents au sein des cultures avant l'arrivée même des pucerons, ces arthropodes sont des agents de contrôle intéressants susceptibles d'exercer un contrôle biologique des ravageurs présents dans les cultures. Cependant, l'augmentation en éléments semi-naturels dans les milieux agricoles semble freiner le potentiel de prédation, en favorisant également la disponibilité en proies alternatives pour les auxiliaires généralistes.

Bibliographie

- Andersen, J.**, 2000. What is the origin of the carabid beetle fauna of dry, anthropogenic habitats in western Europe? *Journal of Biogeography* 27, 795–806. doi:10.1046/j.1365-2699.2000.00452.x
- Batáry, P.**, Báldi, A., Samu, F., Szuts, T., Erdos, S., 2008. Are spiders reacting to local or landscape scale effects in Hungarian pastures? *Biological Conservation* 141, 2062–2070. doi:10.1016/j.biocon.2008.06.002
- Benamú, M.A.**, Schneider, M.I., Sánchez, N.E., 2010. Effects of the herbicide glyphosate on biological attributes of *Alpaida veniliae* (Araneae, Araneidae), in laboratory. *Chemosphere* 78, 871–876. doi:10.1016/j.chemosphere.2009.11.027
- Bengtsson, J.**, Ahnström, J., Weibull, A.-C., 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42, 261–269. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x
- Bianchi, F.J.J.**, Booij, C.J., Tschamtkke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273, 1715–1727. doi:10.1098/rspb.2006.3530
- Bouche, G.**, Lepage, B., Migeot, V., Ingrand, P., 2009. Intérêt de la détection et de la prise en compte d'une surdispersion dans un modèle de Poisson? : illustration à partir d'un exemple. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* 57, 285–296. doi:10.1016/j.respe.2009.02.209
- Burel, F.**, Butet, A., Delettre, Y.R., Millán de la Peña, N., 2004. Differential response of selected taxa to landscape context and agricultural intensification. *Landscape and Urban Planning, Development of European Landscapes* 67, 195–204. doi:10.1016/S0169-2046(03)00039-2
- Birkhofer, K.**, Gavish-Regev, E., Endlweber, K., Lubin, Y.D., von Berg, K., Wise, D.H., Scheu, S., 2008. Cursorial spiders retard initial aphid population growth at low densities in winter wheat. *Bull. Entomol. Res.* 98, 249–255. doi:10.1017/S0007485308006019
- Chiverton, P.A.**, 1986. Predator density manipulation and its effects on populations of *Rhopalosiphum padi* (Horn.: Aphididae) in spring barley. *Annals of Applied Biology* 109, 49–60. doi:10.1111/j.1744-7348.1986.tb03183.x

- Dauber**, J., Purtauf, T., Allspach, A., Frisch, J., Voigtländer, K., Wolters, V., 2005. Local vs. landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility. *Global Ecology and Biogeography* 14, 213–221. doi:10.1111/j.1466-822X.2005.00150.x
- Ekbom**, B.S., Wiktelius, S., Chiverton, P.A., 1992. Can polyphagous predators control the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*) in spring cereals?: A simulation study. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 65, 215–223. doi:10.1111/j.1570-7458.1992.tb00674.x
- Gardiner**, M.M., Landis, D.A., Gratton, C., Schmidt, N., O’Neal, M., Mueller, E., Chacon, J., Heimpel, G.E., 2010. Landscape composition influences the activity density of Carabidae and Arachnida in soybean fields. *Biological Control* 55, 11–19. doi:10.1016/j.biocontrol.2010.06.008
- Honek**, A., 2013. The effect of temperature on the activity of Carabidae (Coleoptera) in a fallow field. *EJE* 94, 97–104.
- Honek**, A., Jarosik, V., 2000. The role of crop density, seed and aphid presence in diversification of field communities of Carabidae (Coleoptera). *European Journal of Entomology (Czech Republic)*.
- Kavanaugh**, D.H., 1979. Investigations on Present Climatic Refugia in North America Through Studies on the Distributions of Carabid Beetles: Concepts, Methodology and Prospectus, in: Erwin, T.L., Ball, G.E., Whitehead, D.R., Halpern, A.L. (Eds.), *Carabid Beetles*. Springer Netherlands, pp. 369–381.
- Kromp**, B., 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74, 187–228. doi:10.1016/S0167-8809(99)00037-7
- Lang**, A., 2003. Intraguild interference and biocontrol effects of generalist predators in a winter wheat field. *Oecologia* 134, 144–153. doi:10.1007/s00442-002-1091-51.
- Lang**, A., Gsödl, S., 2001. Prey vulnerability and active predator choice as determinants of prey selection? : a carabid beetle and its aphid prey. *Journal of applied entomology* 125, 53–61.

- Lindroth**, C.H., 1992. Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia: a zoogeographical study: Part 3. General analysis with a discussion on biogeographical principles. xii + 814 pp.
- Lovei**, G.L., Sunderland, K.D., 1996. Ecology and Behavior of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology* 41, 231–256. doi:10.1146/annurev.en.41.010196.001311
- Melbourne**, B.A., 1999. Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: An experimental evaluation. *Australian Journal of Ecology* 24, 228–239. doi:10.1046/j.1442-9993.1999.00967.x
- Menalled**, F.D., Lee, J.C., Landis, D.A., 1999. Manipulating carabid beetle abundance alters prey removal rates in corn fields. *BioControl* 43, 441–456. doi:10.1023/A:1009946004251
- Öberg**, S., Mayr, S., Dauber, J., 2008. Landscape effects on recolonisation patterns of spiders in arable fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 123, 211–218. doi:10.1016/j.agee.2007.06.005
- Oelbermann**, K., Scheu, S., 2009. Control of aphids on wheat by generalist predators: effects of predator density and the presence of alternative prey. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 132, 225–231. doi:10.1111/j.1570-7458.2009.00876.x
- Östman**, Ö., 2004. The relative effects of natural enemy abundance and alternative prey abundance on aphid predation rates. *Biological Control* 30, 281–287. doi:10.1016/j.biocontrol.2004.01.015
- Pearce**, S., Zalucki, M.P., Hassan, E., 2005. Spider ballooning in soybean and non-crop areas of southeast Queensland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105, 273–281. doi:10.1016/j.agee.2004.02.010
- Pywell**, R.F., James, K.L., Herbert, I., Meek, W.R., Carvell, C., Bell, D., Sparks, T.H., 2005. Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. *Biological Conservation* 123, 79–90. doi:10.1016/j.biocon.2004.10.010
- Renkema**, J.M., Lynch, D.H., Cutler, G.C., MacKenzie, K., Walde, S.J., 2012. Predation by *Pterostichus melanarius* (Illiger) (Coleoptera: Carabidae) on immature *Rhagoletis mendax* Curran (Diptera: Tephritidae) in semi-field and field conditions. *Biological Control* 60, 46–53. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.10.004

- Riechert**, S.E., Bishop, L., 1990. Prey Control by an Assemblage of Generalist Predators: Spiders in Garden Test Systems. *Ecology* 71, 1441–1450. doi:10.2307/1938281
- Rypstra**, A.L., Carter, P.E., 1995. The web-spider community of soybean agroecosystems in southwestern Ontario. *Journal of Arachnology* 23, 135–144.
- Rypstra**, A. L., Carter, P. E., Balfour, R. A., & Marshall, S. D. (1999). Architectural features of agricultural habitats and their impact on the spider inhabitants. *Journal of Arachnology*, 371-377.
- Romero**, S.A., Harwood, J.D., 2010. Diel and seasonal patterns of prey available to epigeal predators: Evidence for food limitation in a linyphiid spider community. *Biol. Control* 52, 84–90. doi:10.1016/j.biocontrol.2009.09.013
- Samu**, F. (1993). Wolf spider feeding strategies: optimality of prey consumption in *Pardosa hortensis*. *Oecologia*, 94(1), 139-145.
- Samu**, F., Sunderland, K.D., Szinetar, C., 1999. Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: A review. *J. Arachnol.* 27, 325–332.
- Schmidt**, M.H., Thies, C., Nentwig, W., Tscharnkte, T., 2008. Contrasting responses of arable spiders to the landscape matrix at different spatial scales. *Journal of Biogeography* 35, 157–166. doi:10.1111/j.1365-2699.2007.01774.x
- Suter**, R. B. (1999). An aerial lottery: the physics of ballooning in a chaotic atmosphere. *Journal of Arachnology*, 281-293.
- Symondson**, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H., 2002. Can Generalist Predators Be Effective Biocontrol Agents?1. *Annual Review of Entomology* 47, 561–594. doi:10.1146/annurev.ento.47.091201.145240
- Thomas**, C. F. G., Brown, N. J., & Kendall, D. A. (2006). Carabid movement and vegetation density: Implications for interpreting pitfall trap data from split-field trials. *Agriculture, ecosystems & environment*, 113(1), 51-61.
- Tscharnkte**, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Nouhuys, S. van, Vidal, S., 2007. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 43, 294–309. doi:10.1016/j.biocontrol.2007.08.006

Vichitbandha, P., Wise, D.H., 2002. A field experiment on the effectiveness of spiders and carabid beetles as biocontrol agents in soybean. *Agricultural and Forest Entomology* 4, 31–38. doi:10.1046/j.1461-9563.2002.00118.x

Effet de variables intra-parcellaires et paysagères sur les communautés printanières d'auxiliaires généralistes et sur le potentiel de contrôle des ravageurs en milieu agricole

Au sein des agroécosystèmes et dans un contexte de réduction des produits phytosanitaires, les ennemis naturels tels que les Coléoptères carabiques et les araignées s'avèrent être de bons éléments pour réguler efficacement les populations de ravageurs (pucerons). Plusieurs hypothèses ont été établies sur les facteurs environnementaux et microclimatiques pouvant maintenir et/ou favoriser les communautés de prédateurs et le contrôle biologique des ravageurs. L'objectif de cette étude a été de mettre en évidence en début de saison l'effet de variables intra-parcellaires (densité, hauteur du couvert végétal de la culture et disponibilité en proies) et paysagères (éléments semi-naturels, linéaire de haies, taille des parcelles) sur les communautés de prédateurs et sur le potentiel de prédation. A l'aide de pièges barber (mesure de l'activité-densité des auxiliaires) et de cartes à pucerons (évaluation du potentiel de prédation), nous avons suivi 24 parcelles de céréales de la mi-mars à la mi-mai et caractérisé le paysage environnant dans des rayons de 500 mètres autour du centre de chaque parcelle. Les résultats obtenus à l'aide de modèles linéaires généralisés (GLM) ont permis de montrer qu'en début de saison les carabes et les araignées semblent plus sensibles aux caractéristiques paysagères qu'aux variables intra-parcellaires. L'activité-densité des auxiliaires répond notamment positivement au pourcentage d'éléments semi-naturels et à la complexité paysagère. Cependant, le potentiel de prédation, bien qu'étant positivement corrélé à l'activité-densité des carabes, répond négativement à la complexité paysagère.

Mots-clés : Contrôle biologique, Carabidae, Araneae, structure de la végétation, composition et configuration paysagère

Effects of local habitat and landscape variables on spring communities of generalist natural enemies and on biological control potential in arable landscape

In arable landscape and in order to reduce the use of pesticides, generalist natural enemies such as carabid beetles and spiders, can be efficient predators against crop pests (as aphids). Several hypothesis have been proposed concerning the positive role of environmental and microclimatic factors on the preservation and enhancement of predators' communities and on biological control of insect pests. The aim of this study is to highlight the effect of local habitat factors (crop height, crop density and prey availability) and of landscape variables (semi-natural habitats, hedgerows length, mean field size) on natural enemies' communities and on the potential of bio-control. Using pitfall traps (to measure the activity-density of pest control agents) and aphid cards (to evaluate a potential of predation), we sampled 24 cereal fields from the mid-march to the mid-may and we characterized surrounding landscape in a 500 meters radius of the crop center. The results obtained using generalized linear models (GLM) have shown that early in the season, ground beetles and spiders seems to be more sensitive to landscape features than to local habitat factors. Natural enemies' activity-density increases with the proportion of semi-natural areas and with landscape complexity. However, biological control potential decreases with the landscape complexity, although positively correlated with the activity-density of carabids.

Key-words: Biological control, Carabidae, Araneae, vegetation structure, landscape composition and configuration

ⁱ Plan Ecophyto mis en place par le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, sur la période de 2008 à 2018.

ⁱⁱ L'auxiliaire est un organisme, le plus souvent un parasite, un prédateur ou un agent pathogène, qui tue le ravageur en s'en nourrissant ou tout au moins limite son développement. (Source : INRA).