

Effet des pratiques biologiques et conventionnelles sur les communautés d'insectes auxiliaires dans les paysages agricoles

Puech C.¹, Baudry J.¹, Aviron S.¹

¹ INRA, UR SAD-Paysage, F-35000 Rennes

Correspondance : camille.puech@rennes.inra.fr

Résumé

La sécurité alimentaire ainsi que la conservation de la biodiversité font partie des principaux enjeux de l'agriculture moderne. En raison de ses pratiques alternatives, l'Agriculture Biologique (AB) constitue un mode de production prometteur pour répondre à ces problématiques. En particulier, le contrôle biologique des ravageurs par leurs ennemis naturels semble être une alternative possible aux insecticides utilisés en Agriculture Conventielle (AC). L'objectif de cette étude est de décrire la diversité des pratiques de conduite du blé d'hiver en AB et en AC, et d'en comprendre les effets sur les insectes auxiliaires, à l'échelle de la parcelle et du paysage. Des relevés entomologiques et agronomiques ont été réalisés dans quarante parcelles (vingt en AB et vingt en AC) situées dans des contextes paysagers différents. Les résultats montrent qu'il existe une diversité de stratégies de conduite du blé chez les exploitants en AB et en AC, même si la dichotomie entre les deux modes de production reste bien marquée. Au niveau parcellaire, les stratégies en AB semblent plus favorables à la présence d'auxiliaires que les stratégies en AC, suggérant un contrôle biologique efficace. Néanmoins, aucun effet de la proportion de surface en AB dans le paysage environnant n'a été mis en évidence.

Mots-clés: coccinelles, carabes, parasitoïdes, contrôle biologique, pratiques agricoles

Abstract: Effect of organic and conventional practices on the insects natural enemies communities in agricultural landscapes

Food security and biodiversity conservation are among the main challenges of modern agriculture. Organic Farming (OF) is considered as a promising type of production to meet these challenges due to the use of alternative practices on organic systems. In particular, biological control of pests by their natural enemies is considered as a possible way to reduce pesticide use in Conventional Farming (CF). The aim of this work is to describe the diversity of practices on winter wheat in organic and conventional farms, and to understand their effects on natural enemies, at field and landscape scales. Entomological surveys and agronomic surveys were carried out in forty fields (twenty under OF and twenty under CF) located in different landscape contexts. The results showed that both farmers under OF or CF implemented a diversity of management strategies on winter wheat, although the dichotomy between the two production types remained well marked. At the field scale, organic practices seemed to be more favorable to the presence of beneficial insects than conventional practices, suggesting a more effective biological control. However, no effect of the proportion of OF in the landscape context of fields was found.

Keywords: ladybirds, carabid beetles, parasitoids, biological control, farming practices

1. Introduction

L'Agriculture Biologique (AB) est un mode de production agricole de plus en plus répandu en Europe (FIBL, 2013). Son développement vient en réponse à de nouvelles problématiques liées à la sécurité

alimentaire ainsi qu'à la productivité et à la durabilité des agro-écosystèmes. Ainsi, on a constaté que l'Agriculture Conventiennelle (AC), en lien avec l'utilisation de pesticides, provoque des modifications importantes de biodiversité, ce qui réduit la réalisation des services assurés par les écosystèmes tels que la pollinisation ou le contrôle biologique des ravageurs (Benton *et al.*, 2003 ; Leroux *et al.*, 2008). Afin de s'assurer que l'AB est une alternative durable d'un point de vue écologique et agronomique, il est nécessaire de bien comprendre les effets qu'elle peut avoir sur les agro-écosystèmes et les services qu'ils peuvent rendre à l'agriculture.

Les pratiques en AB suivent un cahier des charges précis, qui interdit notamment l'utilisation de pesticides et fertilisants de synthèse, d'hormones de croissance, d'antibiotiques et d'OGM (Conseil de l'Union Européenne, 2007). Au-delà de cette législation, les agriculteurs adoptent diverses techniques agricoles alternatives pour contrôler les bioagresseurs, basées sur les principes de la protection intégrée des cultures (Pingault *et al.*, 2009). Un travail du sol plus fréquent est par exemple mis en place pour limiter le développement des adventices (Zehnder *et al.*, 2007). De la même façon, le contrôle des ravageurs de cultures par des insectes prédateurs ou parasites naturellement présents dans l'environnement des cultures est de plus en plus mobilisé, en particulier en culture de plein champ. La lutte biologique par conservation vise à optimiser la présence des auxiliaires et la réalisation de ce service de contrôle biologique au sein des parcelles, par des modifications des pratiques culturales et la mise en place d'aménagements paysagers supposés favorables (Altieri, 1999).

Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier les facteurs qui affectent l'abondance et la distribution des communautés d'auxiliaires au sein des paysages agricoles. De nombreux travaux se sont intéressés aux facteurs qui interviennent à l'échelle de la parcelle. Ils montrent que l'abondance et la diversité des auxiliaires sont fortement influencées par les interactions biotiques locales (disponibilité en proies, compétition ou prédation entre espèces auxiliaires, etc.) (Snyder et Ives, 2003) et les conditions abiotiques (température, humidité, etc.) (Lovei et Sunderland, 1996 ; Langellotto et Denno, 2004) au sein des cultures. Les communautés d'insectes auxiliaires sont également influencées par les systèmes de culture mis en place. Ainsi, certaines pratiques ont déjà été identifiées comme étant favorables (par ex. la fertilisation organique ; Garratt *et al.*, 2011) ou défavorables (par ex. les pesticides ; Theiling et Croft, 1988) à ces insectes. Plus globalement, de nombreuses études ont comparé les effets des modes de production en AB et AC. Dans l'ensemble, elles montrent un effet positif des systèmes de culture en AB sur l'abondance et la diversité des auxiliaires, mais parfois des effets nuls voire négatifs de ce mode de production (Bengtsson *et al.*, 2005). Cette incertitude est probablement due au fait que ces études ne tiennent pas compte de la diversité des pratiques adoptées par les exploitants en AB et en AC et qui est susceptible d'affecter les processus écologiques (Vasseur *et al.*, 2012).

A l'échelle du paysage, il a été montré que la nature et l'organisation des différents éléments du paysage environnant les cultures peuvent affecter les communautés d'auxiliaires. En particulier, des surfaces importantes en éléments semi-naturels (bois, haies, prairies permanentes) favorisent leur présence et leur diversité car ils fournissent des habitats indispensables à leur développement ou des zones de refuge (Bianchi *et al.*, 2006, Winqvist *et al.*, 2011). Quelques travaux ont porté sur l'effet de la nature et de l'organisation des pratiques réalisées dans le paysage environnant des parcelles mais cette question de recherche reste encore peu explorée, en particulier concernant le service de régulation biologique (Diekötter *et al.*, 2010 ; Gabriel *et al.*, 2010). On peut cependant supposer que les insectes auxiliaires, qui se déplacent entre les parcelles (Fahrig, 2007), peuvent être affectés par l'ensemble des interventions réalisées dans un paysage. L'intensification générale de l'agriculture a ainsi engendré une transformation des agro-écosystèmes (réduction de la quantité et de la qualité des éléments semi-naturels) affectant les arthropodes de façon importante (Bianchi *et al.*, 2006). Concernant les pratiques parcellaires, on suppose qu'une parcelle située dans un contexte d'AB pourrait présenter une diversité et une abondance plus importantes d'auxiliaires qu'une parcelle située dans un contexte d'AC, sans que ceci soit directement lié aux pratiques mises en œuvre sur la parcelle elle-même.

Cet article présente les résultats d'une étude qui aborde cette question au niveau des communautés d'auxiliaires de cultures annuelles dans des systèmes de polyculture-élevage en Bretagne. En particulier, l'objectif est de comprendre l'effet des pratiques agricoles sur l'abondance des ennemis naturels des pucerons du blé d'hiver (carabes, coccinelles et parasitoïdes), à l'échelle de la parcelle et du paysage. A l'échelle de la parcelle, il s'agit de déterminer si la diversité des pratiques en AB et AC ainsi que les conditions d'habitat associées affectent les auxiliaires. A l'échelle du paysage, l'objectif est d'évaluer l'effet de la quantité de surfaces occupées par les pratiques en AB et AC sur ces insectes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation du site d'étude

L'étude a été réalisée en Ille et Vilaine sud, dans une zone bocagère où l'agriculture occupe des surfaces importantes. Afin de pouvoir tester les effets de surfaces plus ou moins étendues en AB à l'échelle du paysage, vingt paysages de 1km², répartis selon un gradient de surface en AB allant de 6% à 35%, ont été sélectionnés (Figure 1). Ils présentent cependant, dans la mesure du possible, des quantités similaires d'éléments boisés (bois: 0-21% ; haies: 34-98m/ha), d'eau (0-3%), de zones artificialisées (bâti+routes: 3-24%), et de zones cultivées (71-96%) car l'étude ne cherche pas à tester l'effet de ces éléments (Figure 2).

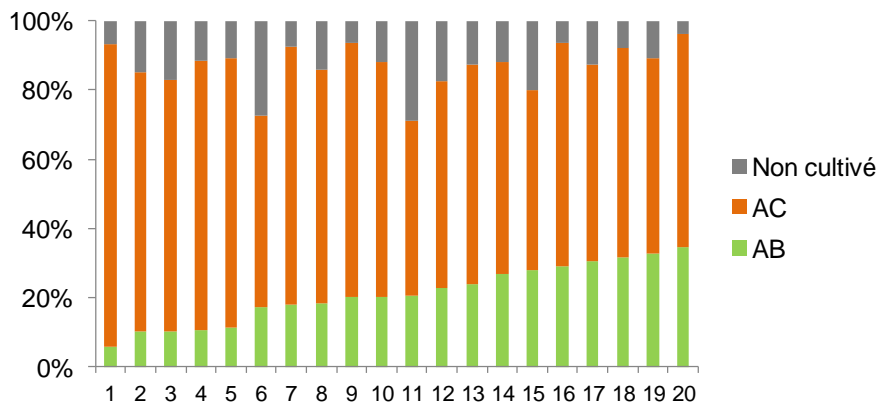


Figure 1 : Répartition des pratiques biologiques (AB) et conventionnelles (AC) dans les vingt paysages sélectionnés.

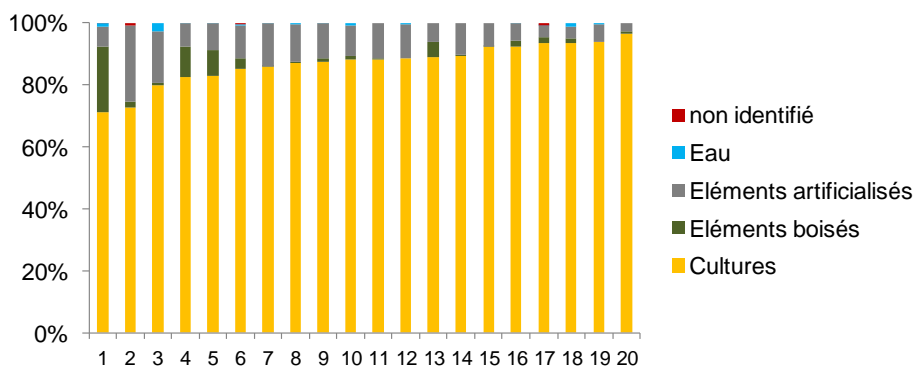


Figure 2 : Répartition de l'occupation du sol dans les vingt paysages sélectionnés.

Au sein de chaque paysage, une parcelle de blé d'hiver en AB et une parcelle de blé d'hiver en AC ont été sélectionnées. Le blé a été choisi car c'est une des espèces les plus cultivées en Bretagne et qui

peut connaître des attaques de ravageurs importantes. Au total, quarante parcelles ont donc été suivies dans cette étude.

2.2. Caractérisation des communautés d'auxiliaires

Les relevés biologiques ont été réalisés entre avril et juillet 2012, au moment de la période d'activité des insectes. Tous les échantillonnages ont été faits à au moins 10 m des bords de champs, afin de ne capturer que les insectes vivant dans les cultures et non dans les bordures de champs.

Les coccinelles adultes ont été échantillonnées à l'aide de filets fauchoirs. Dans chaque parcelle, dix séries de cinquante fauches ont été réalisées le long de deux transects perpendiculaires à un bord de champ. Ces relevés ont été réalisés cinq fois pendant la saison.

Les carabes ont été capturés à l'aide de pots Barber. Il s'agit de pots en plastique de 10 cm de profondeur x 5 cm de diamètre, enfoncés dans le sol et remplis au tiers d'un liquide conservant. Dans chaque parcelle, deux pièges distants de 10 m ont été placés, sachant qu'un piège est constitué de deux pots Barber. Les pièges ont été relevés toutes les deux semaines entre avril et juillet. Au total, sept relevés ont donc été effectués.

Afin d'estimer l'abondance des parasitoïdes, les pucerons parasités (momies) ont été récoltés dans chaque parcelle au niveau de dix points d'échantillonnage. Ces dix points étaient répartis le long de deux transects perpendiculaires à un bord de champ. A chaque point, toutes les momies rencontrées sur dix talles ont été récoltées et ramenées au laboratoire en attendant l'émergence des parasitoïdes adultes. Cet échantillonnage a été réalisé cinq fois durant la saison.

2.3. Caractérisation des conditions d'habitat au sein des cultures

Les conditions d'habitat pour les auxiliaires au sein des cultures étudiées ont été décrites par la disponibilité en proies (abondance des pucerons) et les conditions abiotiques (caractéristiques de la végétation).

Les pucerons ont été comptés directement sur les plants de blé, au niveau de dix points d'échantillonnage. Ces dix points étaient répartis le long de deux transects perpendiculaires à un bord de champ. A chaque point, tous les pucerons rencontrés ont été dénombrés et identifiés sur dix talles. Ces comptages ont été réalisés trois fois durant la saison.

Des relevés de végétation ont été réalisés afin de disposer de descripteurs (indirects) des conditions microclimatiques parcellaires. Au sein de chaque parcelle, les mesures suivantes ont été effectuées dans quatre quadrats de 250 cm² : hauteur moyenne du blé, densité de blé et pourcentage de recouvrement par le blé, les adventices, la litière et le sol nu. Les pourcentages de recouvrement ont été estimés à l'aide de l'indice de Braun-Blanquet (0-5% : 1 ; 5-25% : 2 ; 25-50% : 3 ; 50-75% : 4 ; 75-100% : 5). Ces relevés ont été réalisés sept fois durant la saison.

2.4. Caractérisation des systèmes de culture des parcelles étudiées

Suite aux récoltes des blés, des enquêtes ont été réalisées avec les 39 agriculteurs propriétaires des cultures (un agriculteur possédait deux parcelles) afin de décrire les pratiques agricoles réalisées sur ces parcelles. Elles ont porté sur la rotation, le précédent cultural, l'interculture, le semis et l'itinéraire technique du blé (travail du sol, fertilisation et pesticides). La majorité des agriculteurs enquêtés ont des exploitations en polyculture-élevage.

Quinze variables ont été extraites de ces enquêtes et recodées en classes d'effectifs similaires afin de simplifier les analyses (Tableau 1) : le précédent cultural, le nombre de passages de travail du sol (préparation du semis et désherbage mécanique), la présence de labour, le nombre de variétés de blé semées, la densité de semis, la longueur de la rotation (nombre de cultures), la quantité de fertilisants organiques, la quantité et le nombre de passages d'herbicides, de fongicides, de fertilisants minéraux, ainsi que la quantité de régulateurs et les insecticides. Les nombres de passages de fertilisants

organiques et de régulateurs n'ont pas été pris en compte car ils varient très peu entre les agriculteurs (rarement plus d'un passage). De la même façon, l'analyse des insecticides a été simplifiée (présence/absence) car peu d'agriculteurs en ont utilisé en 2012.

Pour les quantités d'herbicides, de fongicides et de régulateurs, des calculs plus poussés ont dû être effectués. En effet, à chaque application, les agriculteurs utilisent très souvent plusieurs produits en proportions variables. Pour chaque produit utilisé par un agriculteur, un indice a donc été attribué en fonction de la dose homologuée (0-40% de la dose homologuée=1 ; 41-80%=2 ; 81-100%=3). Pour chaque type d'intrant et chaque agriculteur, les indices ont été sommés afin d'obtenir un score final. Les quarante parcelles ont finalement été réparties en classes en fonction de leurs scores respectifs (Tableau 1).

Tableau 1 : Signification et effectifs des classes réalisées pour chacune des 15 variables issues des enquêtes sur les pratiques agricoles.

Pratiques agricoles	Modalités	Signification	Nombre de parcelles
précédent cultural	maïs	maïs	25
	autre	blé, chanvre, prairie, pois, colza, sarrasin, lin, betterave ou pomme de terre	15
nombre de passages de travail du sol	1	2 interventions	13
	2	3 interventions	15
	3	4 à 8 interventions	12
labour	0	non	7
	1	oui	33
nombre de variétés semées	1	1 variété	23
	2	2 à 5 variétés	17
densité de semis	1	115kg grains/ha à 125kg grains/ha	12
	2	130kg grains/ha à 150kg grains/ha	19
	3	160kg grains/ha à 180kg grains/ha	9
longueur de la rotation	1	2 à 3 cultures	13
	2	4 à 6 cultures	15
	3	7 à 12 cultures	12
quantité de fertilisants organiques	0	rien	28
	1	40 uN/ha à 90 uN/ha	6
	2	100 uN/ha à 160 uN/ha	6
quantité d'herbicides	0	rien	20
	1	1 à 3 points	7
	2	4 à 5 points	7
	3	6 à 10 points	6
nombre de passages d'herbicides	0	rien	20
	1	1 traitement	14
	2	2 à 3 traitements	6
quantité de fongicides	0	rien	20
	1	1 à 5 points	8
	2	6 à 7 points	7
	3	8 à 12 points	5
nombre de passages de fongicides	0	rien	20
	1	1 à 2 traitements	11
	2	3 traitements	9
quantité de fertilisants minéraux	0	rien	20
	1	45 uN/ha à 130 uN/ha	9
	2	140 uN/ha à 180 uN/ha	11
nombre de passages de fertilisants minéraux	0	rien	20
	1	1 à 2 traitements	5
	2	3 à 4 traitements	15
quantité de régulateurs	0	rien	26
	1	1 à 2 points	3
	2	3 à 6 points	11
insecticides	0	non	37
	1	oui	3

2.5. Caractérisation du contexte paysager des parcelles

Afin de décrire le paysage environnant des parcelles et d'en tester l'effet sur les auxiliaires, deux types de cartographie ont été réalisées à l'aide des Systèmes d'Information Géographique (logiciel ArcGis 9.3) : une cartographie des types d'occupations du sol et une cartographie des pratiques agricoles dans un rayon de 500 m autour de chaque parcelle échantillonnée (Figure 3). La répartition des exploitations

en AB dans les paysages étudiés a été obtenue grâce à l'annuaire de l'Agence Bio et par enquêtes auprès des agriculteurs.

Différents descripteurs du paysage ont été calculés à partir de ces cartes : le pourcentage de surfaces en AB, le pourcentage de cultures et le pourcentage d'éléments boisés.

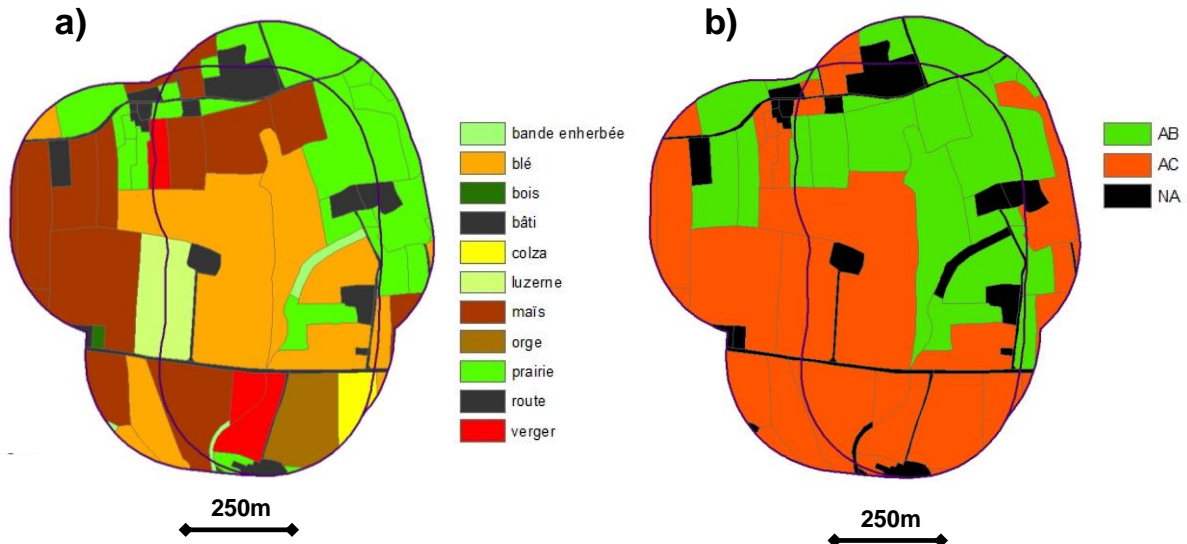


Figure 3 : Cartes de description de l'occupation du sol (a) et des pratiques agricoles (b) dans un rayon de 500m autour des deux parcelles de blé d'un des vingt paysages de la zone d'étude. AB : Agriculture Biologique ; AC : Agriculture Conventionnelle ; NA : zones non cultivées.

3. Résultats et discussion

3.1. Diversité des pratiques agricoles

Afin de décrire la diversité des pratiques agricoles, une première analyse a été réalisée à partir des 15 variables issues des enquêtes. Cette analyse permet de représenter les différentes pratiques de façon synthétique sous forme d'axes. Seuls les trois premiers axes ont été conservés, expliquant respectivement 21,53%, 15,08% et 9,93% de la variabilité des données. Chacun est représentatif d'un gradient de pratiques (Figure 4).

On observe tout d'abord que les quarante parcelles se répartissent de façon relativement homogène le long des trois axes, ce qui traduit une diversité et un continuum dans les stratégies de pratiques des exploitants. Ce résultat indique que certains agriculteurs en AB et en AC réalisent des pratiques très proches sur le blé d'hiver.

Les principales différenciations de pratiques, représentées par l'axe 1, se traduisent par (i) une utilisation croissante d'intrants chimiques, (ii) une diminution d'utilisation des fertilisants organiques, de la fréquence de travail du sol, de la longueur des rotations, du nombre de variétés semées et de la densité de semis, et (iii) le passage à un précédent de type maïs. Le long de ce gradient, les deux types de production semblent bien discriminés, les parcelles de blé en AC correspondant aux valeurs les plus fortes du gradient décrit précédemment. Cette dichotomie est principalement expliquée par l'utilisation exclusive d'intrants chimiques par les agriculteurs conventionnels. En alternative, les agriculteurs en AB semblent développer des techniques agricoles qui leur permettent de maintenir la qualité agronomique des parcelles et de lutter contre les bioagresseurs. La fertilisation du sol est par exemple assurée par des apports plus importants de lisier/fumier et par la mise en place de rotations plus longues et plus diversifiées (Zehnder *et al*, 2007). La gestion des adventices se fait quant à elle grâce à un travail du sol plus important (faux semis, désherbage mécanique) et par une couverture plus importante au niveau du

sol (forte densité de semis) (Bond et Grundy, 2001). Enfin, l'utilisation d'assemblages de variétés peut fournir une protection efficace contre le développement des maladies, le principe étant d'associer différents génotypes résistants au cortège de pathogènes pouvant endommager la culture (Mundt, 2002).

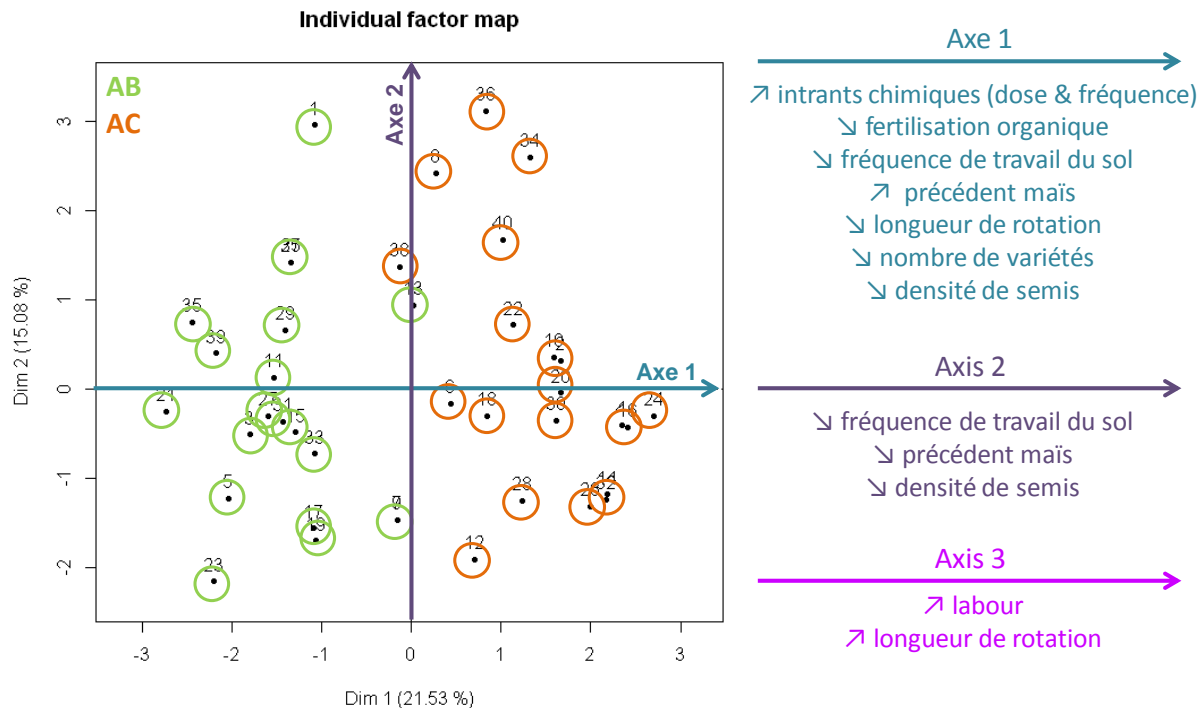


Figure 4 : Résultat de l'analyse multi factorielle réalisée sur les pratiques agricoles. Seuls les deux premiers axes ont été représentés. Les quarante points correspondent aux quarante parcelles suivies, les biologiques (AB) sont en vert, les conventionnelles (AC) en orange.

Les pratiques réalisées dans les quarante parcelles se différencient également, mais de façon moins importante (axe 2 de l'analyse, Figure 4), par une diminution du nombre de passages de travail du sol, de la densité de blé et le passage à un précédent autre que le maïs. A un troisième niveau d'information (axe 3), on observe une augmentation du labour et de la longueur des rotations. Le long de ces deux gradients, les parcelles se répartissent de façon homogène indépendamment du mode de production, traduisant une diversité de pratiques commune et transversale aux modes de production AB et AC. Ce résultat témoigne d'une diversité des pratiques telles que le travail du sol, le choix des rotations ou le semis, quel que soit type de production considéré. Cette diversité, qui a déjà été mise en évidence dans une étude de David *et al.* (2005), peut être liée à des facteurs aussi bien agronomiques qu'économiques. Les choix des agriculteurs sont par exemple dépendants de leurs objectifs de rendement, des contraintes microclimatiques et géomorphologiques propres à chaque parcelle, mais également des conseillers ou des politiques publiques (Vasseur *et al.*, 2012).

3.2. Effet des pratiques agricoles sur les auxiliaires

3.2.1 Description du cortège d'auxiliaires et de pucerons sur blé d'hiver

Au cours de l'étude, 548 coccinelles ont été récoltées sur l'ensemble des 40 blés d'hiver suivis, appartenant à sept espèces dont trois dominantes : la coccinelle à sept points (*Coccinella septempunctata* ; 48% des individus ; aphidiphage), la coccinelle à damier (*Propylea*

quatuordecimpunctata ; 30% des individus ; polyphage) et la coccinelle à 16 points (*Tytthaspis sedecimpunctata* ; 21% des individus ; mycophage).

Concernant les carabes, 26 850 individus ont été récoltés, appartenant à 88 espèces. Les trois principales sont *Pterostichus cupreus* (31% des individus), *Agonum dorsale* (21% des individus) et *Brachynus sclopeta* (17% des individus).

501 momies de pucerons ont été récoltées. Pour 43% d'entre elles, les parasitoïdes avaient déjà émergé et 15% n'ont jamais émergé. Parmi les parasitoïdes ayant émergé, 53% sont des parasitoïdes primaires (genre *Aphidius* principalement) et 47% des hyperparasitoïdes (familles des Pteromalidae et des Megaspilidae principalement).

Enfin, 791 pucerons ont été dénombrés, appartenant à trois espèces : *Metopolophium dirhodum* (55% des individus), *Sitobion avenae* (37% des individus) et *Rhopalosiphum padi* (8% des individus).

Il est important de noter que ces abondances sont faibles, probablement car les conditions climatiques en 2012 n'ont pas été favorables au développement des insectes, notamment les pucerons. Les résultats présentés ici ne permettent donc pas de conclure sur l'état des communautés d'auxiliaires en cas de forte infestation par les pucerons.

3.2.2 Effets des pratiques agricoles et des conditions d'habitat au niveau parcellaire

Afin de tester l'effet des pratiques agricoles sur les abondances d'auxiliaires, les résultats de l'analyse des pratiques réalisée précédemment (Figure 4) ont été utilisés. Ainsi, les coordonnées de chaque parcelle le long des trois axes ont été extraites afin d'obtenir trois variables synthétiques des pratiques réalisées par chaque agriculteur. Ces données agronomiques ainsi que les données concernant la qualité de l'habitat local (végétation et pucerons) ont été mises en relation avec les données biologiques grâce à des modèles linéaires.

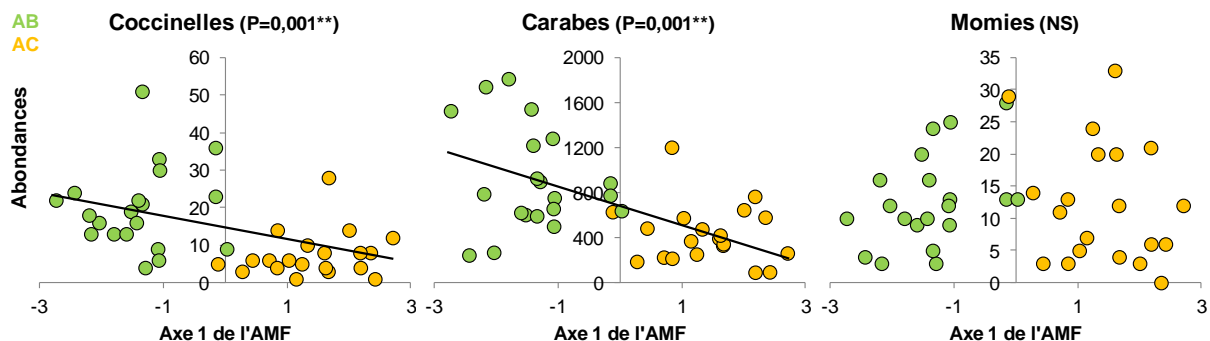


Figure 5 : Abondances de coccinelles, carabes et momies en fonction du 1^{er} axe de l'Analyse Multi Factorielle réalisée sur les pratiques. Cet axe traduit une augmentation des intrants chimiques, une diminution de la fertilisation organique, du travail du sol, de la longueur de rotation, du nombre de variétés et de la densité de semis, ainsi que le passage à un précédent de type maïs. Les parcelles biologiques (AB) sont en vert et les conventionnelles (AC) en orange. NS=relation non significative.

Parmi les différents facteurs testés à l'échelle parcellaire, seul le premier gradient de pratiques opposant les cultures en AB et AC (1^{er} axe de l'analyse multi factorielle) a un effet sur les abondances d'auxiliaires, en particulier des coccinelles et des carabes (Figure 5). Ainsi, plus les pratiques se rapprochent de celles adoptées en AC, moins les coccinelles et carabes sont abondants au sein des parcelles. En effet, les pesticides de synthèse (insecticides, fongicides, herbicides) utilisés en AC peuvent avoir des effets létaux directs (par contact) ou indirects (via l'ingestion de proies contaminées) sur les insectes auxiliaires (Theiling et Croft, 1988 ; Brust, 1990 ; Obrycki et Kring, 1998).

Les fortes abondances de carabes dans les blés d'hiver en AB peuvent s'expliquer par la fertilisation organique importante, qui peut améliorer la structure et l'humidité du sol et ainsi les conditions d'habitat (Holland et Luff, 2000 ; Garratt *et al.*, 2011). Cependant, ces fortes abondances de carabes dans les cultures en AB sont en contradiction avec les résultats d'études précédentes, qui ont montré des effets létaux d'un travail du sol répété sur les larves de carabes qui hivernent dans le sol des cultures (Holland et Reynolds, 2003 ; Shearin *et al.*, 2007). On peut supposer que le travail réalisé par les agriculteurs dans les parcelles de l'étude n'était pas suffisamment profond (rarement plus de 10 cm) pour atteindre les larves. Concernant les coccinelles, il est peu probable qu'elles aient été affectées par le travail du sol car elles sont en hibernation en dehors des parcelles au moment où il est réalisé. Il semble difficile de discuter d'éventuels effets du précédent cultural et de la longueur des rotations sur les insectes auxiliaires, ces facteurs étant peu étudiés et les quelques résultats existants, contradictoires (Hammond et Stinner, 1987 ; Gallo et Pekar, 2002).

Il est important de noter que les différences d'abondances de coccinelles et de carabes observées entre cultures en AB et AC, ne sont pas seulement liées aux pratiques culturales, mais également à l'état de la végétation dans ces cultures. Dans les cultures en AB, l'absence d'utilisation d'herbicides ainsi que la diversité des variétés semées en forte densité, s'accompagne en effet d'un recouvrement plus important du sol par les adventices, et d'une végétation plus haute et complexe que dans les cultures en AC. Cette végétation offre un microclimat (ombrage, humidité, température) au niveau du sol qui est favorable aux arthropodes (Ali et Reagan, 1985 ; Griffin et Yearga, 2002 ; Langellotto et Denno, 2004). La flore adventice présente au sein des cultures en AB est également susceptible de fournir du pollen et nectar, considérés comme des ressources alimentaires importantes pour les coccinelles (Lundgren, 2009).

Contrairement aux carabes et aux coccinelles, les abondances de parasitoïdes ne varient pas selon les pratiques de conduire des cultures ou l'état de la végétation (Figure 5). Ces résultats sont contradictoires avec ceux d'autres études, qui ont mis en évidence un effet positif des pratiques biologiques sur l'abondance et la diversité des parasitoïdes, comparativement aux pratiques conventionnelles (Roschewitz *et al.*, 2005 ; Holzschuh *et al.*, 2010). Dans la présente étude, on peut supposer que la capacité de dispersion importante de ces insectes (Godfray, 1994) a pu leur permettre d'échapper facilement aux perturbations créées par les différentes pratiques réalisées dans les cultures suivies. Cependant, l'absence d'effet des pratiques agricoles sur les parasitoïdes est probablement davantage lié à leur abondance en 2012, trop faible pour pouvoir observer une variabilité d'une parcelle à une autre. De la même façon, les infestations réduites de pucerons pendant la saison d'échantillonnage expliquent sans doute le fait que leur abondance n'a pas eu d'effet sur les auxiliaires.

3.2.3 Effet de l'environnement paysager des cultures

Les données paysagères ont elles aussi été mise en relation avec les données biologiques grâce à des modèles linéaires.

Les résultats montrent que le contexte paysager des cultures étudié n'a pas d'effet sur l'abondance des auxiliaires. En ce qui concerne les pourcentages de cultures et d'éléments boisés, ce résultat n'est pas surprenant puisque les vingt paysages ont été choisis de façon à en présenter des quantités relativement similaires. En ce qui concerne les pratiques agricoles à l'échelle paysagère, les résultats sont en contradiction avec ceux d'une étude de Gabriel *et al.* (2010), qui ont mis en évidence un effet positif de paysages présentant des surfaces importantes en AB sur les communautés d'arthropodes. Dans ces travaux, l'effet des pratiques agricoles a été mesuré dans un rayon de 10 km autour des parcelles. On peut donc se demander si l'échelle choisie ici (1 km²) est réellement pertinente compte tenu des capacités de dispersion des groupes étudiés. Par ailleurs, les résultats présentés ici sont uniquement valables pour le type de paysage dans laquelle l'étude a eu lieu, à savoir le bocage. Or, il a déjà été montré que dans ce type de paysages complexes (réseau de haies dense, beaucoup de surfaces boisées et de prairies), les pratiques biologiques ne sont pas plus favorables aux insectes

auxiliaires que les pratiques conventionnelles (Rundlöf et Smith, 2006). En effet, les différents habitats offerts par le bocage pourraient permettre de compenser les effets des perturbations causées par les pratiques agricoles intensives. Ils constituent des zones de refuge et de ressources alternatives indispensables au développement et au maintien des communautés d'insectes (Bianchi *et al.*, 2006).

Conclusion

Cette étude a finalement permis de montrer que les exploitants en AB, comme les exploitants en AC, peuvent présenter des stratégies de pratiques très variables pour la conduite du blé d'hiver. Les deux modes de production se différencient principalement par l'utilisation ou non d'intrants. Afin de gérer le développement des bioagresseurs (adventices, champignons), les exploitants en AB développent des stratégies alternatives telles que la réalisation de rotations longues. Cependant, certaines pratiques comme le labour présentent la même variabilité dans les deux types de production et on constate que les stratégies en AB et en AC peuvent être très proches. Les trois groupes d'insectes auxiliaires suivis ne sont pas affectés de la même façon par ces pratiques locales. Les carabes et les coccinelles sont nettement plus abondants dans les parcelles biologiques que dans les parcelles conventionnelles, en lien avec l'absence de pesticides et avec des conditions microclimatiques plus favorables, notamment créées par les adventices au niveau du sol. Les parasitoïdes ne semblent quant à eux pas affectés par les pratiques locales. Ces résultats suggèrent que les stratégies de pratiques mises en place par les exploitants en AB sont plus favorables à la réalisation du service de contrôle biologique par certains groupes d'auxiliaires que les stratégies en AC. Cependant, certaines pratiques conventionnelles étant proches de l'AB, on peut penser que ce mode de production pourrait lui aussi permettre le développement des communautés d'auxiliaires au sein des parcelles. La prise en compte de l'ensemble des stratégies de pratiques en AB et AC semble donc indispensable pour ce type d'études.

Les pratiques agricoles réalisées dans l'environnement des parcelles ne semblent pas affecter les communautés d'insectes auxiliaires. Ces résultats suggèrent que dans les systèmes de polyculture-élevage des paysages bocagers bretons, l'organisation territoriale des exploitations biologiques et conventionnelles n'a pas d'effet sur l'efficacité du contrôle biologique. Ainsi, pour un exploitant en AB, le choix d'un parcellaire groupé et à proximité d'autres exploitants AB ne semble pas indispensable au développement des communautés d'insectes auxiliaires. Ces résultats doivent cependant être relativisés puisqu'ils ne sont valables que pour un type de paysage, une année d'étude (aux conditions climatiques particulières) et les trois groupes d'auxiliaires choisis.

Pour compléter cette étude, il est nécessaire de renouveler les échantillonnages afin de voir dans quelle mesure les résultats sont reproductibles et s'ils peuvent être confirmés. Pour cette raison, l'expérimentation est reproduite en 2013. Il serait également intéressant de les comparer à ceux obtenus dans d'autres types de paysages plus ouverts, tels que ceux de la plaine de Beauce, et avec d'autres groupes biologiques. Enfin, il est envisagé d'étudier les effets de l'ensemble des stratégies de pratiques réalisées dans le paysage environnant, à l'aide d'enquêtes réalisées auprès des agriculteurs cultivant les parcelles présentes dans un rayon de 250 m autour des blés suivis.

A terme, cela pourrait permettre d'identifier les situations dans lesquelles le service de contrôle biologique peut réellement être efficace, et donc fournir des propositions d'aménagement et de gestion aux différents acteurs des territoires agricoles.

Références bibliographiques

Ali A.D., Reagan T.E., 1985. Vegetation manipulation impact on predator and prey populations in Louisiana sugarcane ecosystems. *Journal of economic entomology* 78, 1409-1414.

- Altieri M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19-31.
- 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.
- Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18, 182-188.
- Bianchi F.J.J.A., Booij C.J.H., Tscharntke T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society* 273, 1715-1727.
- Bond W., Grundy A.C., 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41, 383-405.
- Brust G.E., 1990. Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (coleoptera: Carabidae). *Pesticide Science* 30, 309-320.
- Conseil de l'Union européenne, 2007. Règlement (CE) N°834/2007 du conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) n°2092/91. JO du 20/07/2007.
- David C., Jeuffroy M.-H., Henning J., Meynard J.-M., 2005. Yield variation in organic winter wheat: a diagnostic study in the Southeast of France. *Agronomy for Sustainable Development* 25, 213-223.
- Diekötter T., Wamser S., Wolters V., Birkhofer K., 2010. Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137, 108-112.
- Fahrig L., 2007. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. *Functional Ecology* 21, 1003-1015.
- FIBL (Research Institute of Organic Agriculture), IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), 2013. *The world of organic agriculture - Statistics and Emerging Trends 2013*. Willer & Kilcher (Eds.), Bonn.
- Gabriel D., Sait S.M., Hodgson J.A., Schmutz U., Kunin W.E., Benton T.G., 2010. Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* 13, 858-869.
- Gallo J., Pekar S., 2001. Effect of ploughing and previous crop on winter wheat pests and their natural enemies under integrated farming system in Slovakia. *Anzeiger für Schadlingskunde* 74, 60-65.
- Garratt M.P.D., Wright D.J., Leather S.R., 2011. The effects of farming system and fertilisers on pests and natural enemies: A synthesis of current research. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141, 261-270.
- Godfray H.C.J., 1994. *Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology*, 520 pages. Princeton University Press.
- Griffin M.L., Yeagan K.V., 2002. Factors Potentially Affecting Oviposition Site Selection by the Lady Beetle *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmental Entomology* 31, 112-119.
- Hammond R.B., Stinner B.R., 1987. Soybean Foliage Insects in Conservation Tillage Systems: Effects of Tillage, Previous Cropping History, and Soil Insecticide Application. *Environmental Entomology* 16, 524-531.
- Holland J.M., Luff M.L., 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews* 5, 109-129.
- Holland J.M., Reynolds C.J.M., 2003. The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia* 47, 181-191.
- Holzschuh A., Steffan-Dewenter I., Tscharntke T., 2010. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology* 79, 491-500.
- Langellotto G.A., Denno R.F., 2004. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* 139, 1-10.

- Leroux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade R., Sarthou J.P., Trommetter M., 2008. Agriculture et Biodiversité - Valoriser les synergies - Expertises scientifiques collectives INRA, 178 pages. Quae Editions, Versailles.
- Lövei G.L., Sunderland K.D., 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology* 41, 231-256.
- Lundgren J.G., 2009. Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. *Biological Control* 51, 294-305.
- Mundt C.C., 2002. Use of multiline cultivars and cultivars mixtures for disease management. *Annual Review of Phytopathology* 40, 381-410.
- Obrycki J.J., Kring T.J., 1998. Predaceous coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology* 43, 295-321.
- Pingault N., Pleyber E., Champeaux C., Guichard L., Omon B., 2009. Produits phytosanitaires et protection intégrée des cultures : l'indicateur de fréquence de traitement (IFT). *Notes et études socio-économiques* 32, 61-94.
- Roschewitz I., Hücker M., Tschardt T., Thies C., 2005. The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108, 218-227.
- Rundlöf M., Smith H.G., 2006. The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43, 1121-1127.
- Shearin A.F., Reberg-Horton S.C., Gallandt E.R., 2007. Direct Effects of Tillage on the Activity Density of Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Weed Seed Predators. *Environmental Entomology* 36, 1140-1146.
- Snyder W.E., Ives A.R., 2003. Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators and pea aphid biocontrol. *Ecology* 84, 91-107.
- Theiling K.M., Croft B.A., 1988. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A database summary. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 21, 191-218.
- Vasseur C., Joannon A., Aviron S., Burel F., Meynard J.-M., Baudry J., 2012. The cropping systems mosaic: How does the hidden heterogeneity of agricultural landscapes drive arthropod populations? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 166, 3-14.
- Winqvist C., Bengtsson J., Aavik T., Berendse F., Clement L.W., Eggers S., Fischer C., Flohre A., Geiger F., Liira J., Pärt T., Thies C., Tschardt T., Weisser W.W., Bommarco R., 2011. Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology* 48, 570-579.
- Zehnder G., Gurr G.M., Kühne S., Wade M.R., Wratten S.D., Wyss E., 2007. Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* 52, 57-80.