



**HAL**  
open science

# Effet des pratiques agricoles sur une communauté d'insectes utiles (les coccinelles), à l'échelle de la parcelle et du paysage.

Zoé Mallet

► **To cite this version:**

Zoé Mallet. Effet des pratiques agricoles sur une communauté d'insectes utiles (les coccinelles), à l'échelle de la parcelle et du paysage.. 2013, 46 p. hal-01210062

**HAL Id: hal-01210062**

**<https://hal.science/hal-01210062>**

Submitted on 6 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.

INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE DE CAEN

DEPARTEMENT GENIE BIOLOGIQUE

2<sup>ème</sup> année option : Génie de l'environnement

Effet des pratiques agricoles sur une communauté d'insectes utiles (les coccinelles), à l'échelle de la parcelle et du paysage

Zoé MALLET

Entreprise : INRA SAD-Paysage

Maîtres de stage : Camille PUECH, Jacques BAUDRY



Enseignant référent : Laurence Mariey

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012-2013



INSTITUT UNIVERSITAIRE DE TECHNOLOGIE DE CAEN

DEPARTEMENT GENIE BIOLOGIQUE

2<sup>ème</sup> année option : Génie de l'environnement

Effet des pratiques agricoles sur une communauté d'insectes  
utiles (les coccinelles), à l'échelle de la parcelle et du paysage

Zoé MALLET

Entreprise : INRA SAD-Paysage

Maîtres de stage : Camille PUECH, Jacques BAUDRY



Enseignant référent : Laurence Mariey

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012-2013

# **SOMMAIRE**

Présentation de la structure d'accueil : L'unité SAD-Paysage de l'INRA .....	7
Introduction.....	7
Matériel et méthodes.....	10
1/ Zone d'étude .....	11
1/a. Choix des paysages .....	11
1/b. Choix des parcelles .....	11
2/ Modèles biologiques.....	12
2/a. Blé d'hiver .....	12
2/b. Pucerons.....	12
2/c. Coccinelles.....	13
3/ Protocoles de suivi.....	14
3/a. Suivi de pucerons .....	14
3/b. Suivi des coccinelles.....	14
3/c. Suivi de la végétation.....	15
4/ Enquêtes.....	15
5/ Analyse des données.....	15
5/a. Préparation des variables .....	15
5/b. Méthodes statistiques.....	18
Résultats.....	19
1/ Diversité des pratiques agricoles .....	19
2/ Effets des pratiques agricoles sur l'abondance de coccinelles .....	22
2/a. Echelle parcellaire.....	22
2/b. Echelle paysagère .....	24
Discussion.....	26

1/ Diversité des pratiques agricoles .....	26
2/ Effets des pratiques agricoles sur l'abondance de coccinelles .....	27
2/a. Echelle parcellaire.....	27
2/b. Echelle paysagère .....	29
2/c. Limites de l'étude .....	30
Conclusion .....	31
Références.....	33
Annexe I: Plans d'échantillonnage .....	39
Annexe II: Fiche d'identification des pucerons.....	41
Annexe III: Questionnaire d'enquête.....	42
Annexe IV : Contributions des variables pour l'AMF .....	44

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens tout d'abord à remercier mes maîtres de stage, Camille Puech et Jacques Baudry pour m'avoir accueilli au sein de l'équipe du SAD-Paysage, pour leurs conseils et les explications qu'ils ont put m'apporter que ce soit du domaine de l'écologie ou pour les statistiques.

Je souhaite aussi remercier celles qui nous ont accompagnés lors des journées de terrain, Marie Cipièrre et Stéphanie Aviron.

Je remercie enfin toute l'équipe du SAD-Paysage pour leur bonne humeur, leur accueil chaleureux et avoir fait de ce stage une expérience enrichissante.

## **Présentation de la structure d'accueil : L'unité SAD-Paysage de l'INRA**

L'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) a été fondé en 1946 dans le but de « nourrir les hommes ». En 2013, il représente 8500 agents titulaires, 18 centres régionaux et 13 départements scientifiques avec 6 grands programmes transversaux de recherches et s'intéresse aux domaines de l'alimentation, de l'agriculture et de l'environnement.

Mon stage a été effectué au sein de l'unité SAD-Paysage (Science pour l'Action et le Développement-Paysage) (<http://www6.rennes.inra.fr/sad>) située sur le site de l'Agrocampus Ouest de Rennes. Elle étudie la biodiversité, l'agriculture et leurs interactions à différentes échelles, c'est une unité pluridisciplinaire. Ses objectifs sont:

- Identifier les conditions de maintien des fonctions écologiques des paysages et de la biodiversité.

- Identifier les conditions de compromis mais aussi de synergies entre la préservation des fonctions écologiques du paysage et la préservation des fonctions agricoles.

## **Introduction**

L'augmentation rapide de la population amène la perspective de 9 milliards de personnes à nourrir sur la planète en 2050. Cette augmentation des besoins en nourriture nécessiterait celle de la production agricole d'environ 70% (1). Cependant, les pratiques actuellement utilisées en agriculture, comme l'utilisation intensive de produits phytosanitaires, provoquent des nuisances importantes sur l'environnement (2). Ceci ne permet pas d'assurer une durabilité des agroécosystèmes et provoque des risques sanitaires importants. Elles augmentent par exemple les teneurs en nitrates des eaux les rendant parfois impropres à la consommation (3). De la même façon, l'air transporte les pesticides sur de longues distances et provoque leur inhalation. Ainsi, dans le monde, 1 million de personnes sont intoxiquées aux pesticides tous les ans dont environ 220 000 décèdent (4). Un autre impact majeur de l'agriculture est celui sur la biodiversité. Ainsi, l'abondance et la richesse spécifique de nombreuses espèces d'oiseaux et d'insectes diminuent considérablement (5;6), tandis que les ravageurs de culture deviennent résistants aux pesticides utilisés contre eux (7). Il est donc nécessaire de trouver de



nouvelles solutions pour éradiquer ces ravageurs à l'aide de systèmes agricoles autant ou plus productifs mais aux impacts environnementaux et sanitaires réduits.

C'est dans ce cadre que se développe l'agriculture biologique (AB). Il s'agit d'un mode de production régit par une réglementation spécifique. L'usage d'OGM (Organisme Génétiquement Modifié) et de produits chimiques de synthèse (pesticides, fertilisants) sont interdits, et l'emploi d'intrants y est limité afin de respecter les équilibres naturels (8). L'AB privilégie une approche préventive plutôt que curative dans la lutte contre les ravageurs. Le nombre d'exploitations et la surface en AB ont fortement augmenté durant les dernières décennies. En effet, en 16 ans la surface agricole en biologique a été multipliée par 10 et représentait en 2011 3,6% de la surface agricole française (Fig. 1).

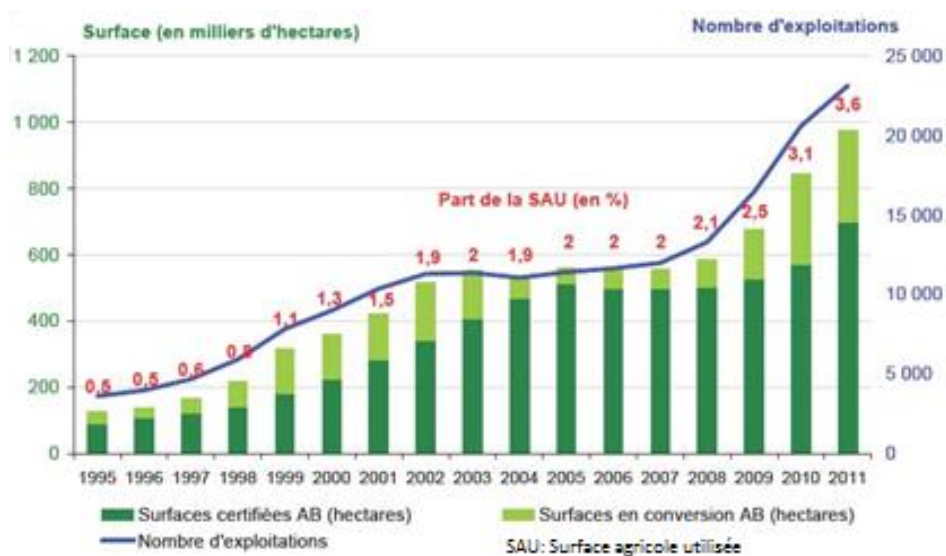


Figure 1 Evolution du nombre d'exploitations engagées en bio et des surfaces en mode de production biologique en France, Source: INSEE 2011

Pour compenser l'absence d'intrants chimiques, ce système peut s'appuyer sur des services rendus par la biodiversité (9), comme le contrôle biologique. Il consiste en l'utilisation de prédateurs naturels, des auxiliaires, pour réduire les dégâts causés par les ravageurs grâce à un contrôle par le haut (top-down). Il existe plusieurs sortes de contrôles biologiques : le contrôle biologique classique consiste à lâcher directement les prédateurs dans le milieu tandis que le contrôle biologique par conservation consiste à aménager le milieu afin que les auxiliaires soient naturellement présents (10). Un exemple de contrôle biologique par conservation est celui de Chappell (11) qui a démontré en 2007 que diminuer la quantité d'insecticides utilisés pour éliminer les

pucerons du coton permettait l'augmentation de la densité de coccinelles aphidiphages et de diminuer ainsi les ravages causés aux cultures par les pucerons.

Cependant, cette méthode n'est pas toujours efficace car son fonctionnement n'est pas clairement établi. Pour cela, il est nécessaire d'identifier les différents facteurs susceptibles d'influencer la distribution des auxiliaires et des ravageurs. Par exemple, on sait que les coccinelles n'ont pas une prédation continue dans les milieux très perturbés (cultures annuelles) (12) et que la durée de leur cycle de vie est influencée par la température (si celle-ci est trop basse le temps nécessaire au développement est allongé) (13). L'humidité et l'ensoleillement peuvent aussi influencer la répartition des insectes, les carabes préféreront les zones ombragées et humides par exemple (14). Mais les facteurs abiotiques ne sont pas les seuls à influencer la densité et la distribution des insectes au sein d'une parcelle. Ainsi, les coccinelles sont capables d'ajuster leur densité en fonction de celle des pucerons présents après un certain temps de latence nécessaire à leur multiplication (15). De plus, les mouvements entre les cultures ainsi qu'entre milieux cultivés et non cultivés sont mal connus et rendent difficiles l'évaluation de la prédation (16).

Malgré tout, de nombreuses études ayant comparé les effets de l'AB et de l'agriculture conventionnelle (AC) observent généralement une diversité d'ennemis naturels plus importante dans les parcelles biologiques (17). Néanmoins, ces résultats restent incertains (18), probablement car ces études se sont limitées à des comparaisons strictes entre AB et AC sans prendre en compte la diversité des pratiques de chaque type de production. En effet, certains agriculteurs conventionnels choisissent de réduire leur utilisation de pesticides et les biologiques ne gèrent pas tous les adventices (plantes non cultivées), les rotations culturales ou la densité de semis de la même façon (19).

Afin de comprendre l'organisation spatiale, les flux écologiques et les transformations à une échelle large, l'écologie du paysage a émergé dans les années 1970 (20). Le paysage y est défini comme «une portion d'espace correspondant à une échelle de concernement des activités humaines » (20). L'hétérogénéité d'un paysage est définie par la diversité et l'arrangement spatial des éléments qui le composent (21). Elle peut affecter les auxiliaires en modifiant le nombre d'habitats disponibles (22). En effet, la biodiversité est par exemple favorisée en présence de zones non cultivées (haies, bois) dans le paysage qui peuvent servir de zones d'hivernation ou de refuge

(23). Plus récemment, des études se sont penchées sur l'hétérogénéité paysagère créée par les pratiques agricoles, leur diversité et leur organisation spatiale étant également susceptibles d'affecter les ennemis naturels et les ravageurs (24). Gabriel *et al.* (25) ont par exemple observé une quantité plus importante d'arthropodes dans les paysages présentant des surfaces importantes d'AB. Cependant, les effets des pratiques agricoles à l'échelle du paysage restent encore très peu connus.

Une identification des pratiques ayant un effet positif sur la présence de ces auxiliaires et celle d'un éventuel effet des types de cultures environnantes (biologiques ou conventionnelles) pourrait permettre une meilleure approche des milieux agricoles afin d'améliorer la biodiversité tout en favorisant la présence des auxiliaires de culture dans l'ensemble du paysage. Pour cela, nous allons nous poser les questions suivantes :

- Existe-t-il une diversité des pratiques agricoles en AB et en AC ?
- Quelles sont les effets de ces pratiques sur l'abondance des auxiliaires de contrôle biologique dans les parcelles et dans les paysages environnants ?

L'hypothèse est que les pratiques biologiques sont plus favorables aux auxiliaires mais que ces derniers présentent des variations d'abondance au sein de chaque type de production liées à la diversité de pratiques. De plus, il est supposé qu'un paysage présentant une importante surface en AB sera plus favorable à la présence d'auxiliaires.

Pour vérifier cela, le couple ravageur/auxiliaire formé par les pucerons et les coccinelles a été suivi dans 40 parcelles de blé d'hiver en AB et en AC, réparties dans des paysages contrastés en terme de pratiques agricoles.

## **Matériel et méthodes**

Le stage s'inscrit dans le cadre de la thèse de Camille Puech sur « le rôle de la diversité et de l'organisation spatiale des pratiques en agriculture biologique et conventionnelle pour le contrôle biologique des ravageurs » qui participe au projet LANDSCAPHID étudiant l'influence du paysage sur les pucerons ravageurs de cultures et le potentiel de contrôle biologique. Ce rapport porte sur les données récoltées en 2012

mais j'ai participé pendant mon stage au travail de terrain pour la récolte des données de 2013.

## 1/ Zone d'étude

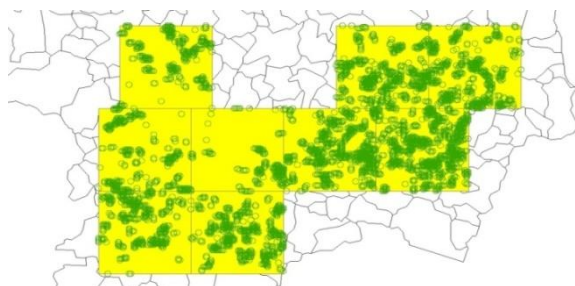
L'étude a eu lieu en Ille et Vilaine sud (Bretagne), une zone caractérisée par du bocage. 40 parcelles de blé d'hiver pur (20 en agriculture biologique et 20 en agriculture conventionnelle) ont été sélectionnées, réparties par paires dans 20 paysages de 1km<sup>2</sup>. Ces 20 paysages ont des quantités similaires de cultures, d'éléments semi-naturels et de surfaces artificialisées mais des surfaces en agriculture biologique variables. La sélection des paysages et des parcelles a été faite en 2012, en suivant la méthodologie suivante.

### 1/a. Choix des paysages

Les paysages ont été sélectionnés à l'aide d'une cartographie de l'occupation du sol et des haies de 2010 fournie par le COSTEL (Climat et Occupation du Sol par TELédétection, Université de Rennes 2) et du logiciel Chloe 3.1 (26), qui permet de caractériser la composition et la structure spatiale d'un paysage à différentes échelles. Grâce à des fenêtres glissantes, l'occupation du sol de 33481 paysages de 1km<sup>2</sup> a ainsi été caractérisée. Parmi eux, 4088 paysages (*Fig. 2*) ont été conservés à l'aide d'une combinaison de filtres définissant le pourcentage de chaque élément paysager (*Tabl. 1*).

**Tableau 1 : Tableau final des filtres en % permettant la sélection des paysages éventuels**

	<i>eau</i>	<i>forêts</i>	<i>cultures</i>	<i>bâti</i>	<i>PP</i>	<i>blé</i>	<i>haies</i>	<i>routes</i>	combinaison des 9
filtre inf	0	0	60	0	0	0	0,5	0	
filtre sup	2	3	100	3	2	100	1,5	2	
<b>nb fenêtres</b>	<b>30499</b>	<b>17717</b>	<b>21453</b>	<b>18538</b>	<b>22186</b>	<b>33481</b>	<b>25372</b>	<b>30766</b>	<b>4088</b>



**Figure 2: Répartition des paysages pouvant faire l'objet de l'étude en Ille et Vilaine sud**

### 1/b. Choix des parcelles

La liste des exploitations en AB de l'Agence Bio a permis de repérer les agriculteurs cultivant du blé d'hiver biologique dans les paysages présélectionnés. Ces

derniers ont été contactés afin de connaître l'emplacement exact de leurs parcelles et d'obtenir les coordonnées de voisins en AC cultivant eux aussi du blé d'hiver.

Au final, les 20 paysages sélectionnés sont répartis dans l'ensemble de l'Ille et Vilaine sud et présentent un gradient de surfaces en agriculture biologique allant de 6 à 37% (Fig. 3).

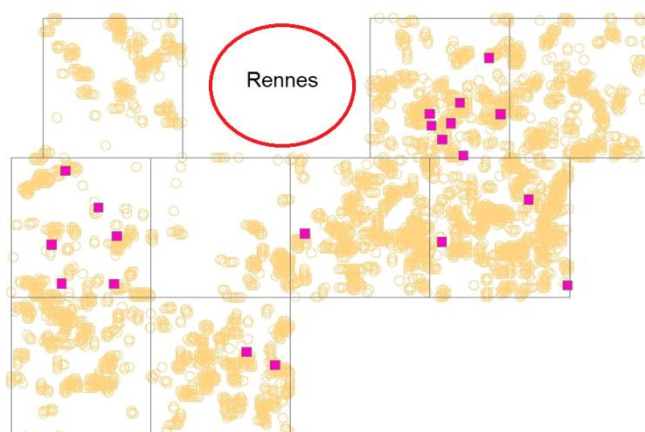


Figure 3: Cartographie des 20 paysages sélectionnés pour l'étude

## 2/ Modèles biologiques

Les modèles biologiques sont les espèces suivies lors de l'étude. Là aussi leur sélection a été faite en 2012.

### 2/a. Blé d'hiver

Le blé d'hiver a été choisi car il représente une grande surface de culture en Bretagne (22.6% des terres cultivées) et car il y s'agit de la première culture biologique. De plus, le blé d'hiver subit d'importantes pertes de rendements à cause des ravageurs.

Le blé d'hiver est un blé qui est semé à l'automne, il caractérise les régions méditerranéennes et tempérées.

C'est une plante herbacée du genre *Triticum* de la famille des Graminées (Poacées). Il s'agit d'une plante annuelle à feuilles alternes et constituée d'épis en deux rangées d'épillets.

### 2/b. Pucerons

Le puceron a été sélectionné car il est le principal ravageur du blé en Bretagne et cause donc des pertes de rendements que l'on cherche à minimiser.

Le puceron est un insecte de l'ordre des Hemiptera, sous-ordre Sternorrhyncha et de la super-famille des aphidoidea. Il existe environ 4700 espèces de pucerons dans le monde dont 50 sont considérées comme des ravageurs de cultures. Il s'agit d'un insecte de type piqueur-suceur faisant entre 2 et 5mm de long (27).

Lorsque les conditions sont bonnes les pucerons peuvent se reproduire par parthénogénèse, une femelle donne alors une femelle sans l'intervention de mâle. Dans de mauvaises conditions la reproduction est sexuée. La reproduction parthénogénétique, qui donne le plus de générations de pucerons, provoque des pullulations importantes à son commencement au printemps ainsi qu'en été (27).

### 2/c. Coccinelles

La coccinelle a été sélectionnée car il s'agit d'un auxiliaire prédateur de pucerons dont le rôle dans la lutte biologique est bien reconnu. De plus, son activité d'auxiliaire a lieu quel que soit son stade de développement (larvaire ou adulte).

- Généralités

La coccinelle est un insecte de la famille Coccinellidae appartenant à l'ordre des Coleoptera, il en existe plus de 3000 espèces dont 90 en France. La coccinelle adulte est de forme demi-sphérique et les colorations de son corps, et des points le couvrant, sont variables. Elle mesure de 1mm à 10mm (28).

Les coccinelles vivent généralement sur les arbres et arbustes bien qu'on les retrouve sur les végétaux herbacés en période de reproduction et de prise de nourriture pour ensuite se regrouper dans des lieux de dormance (écorces d'arbres, interstices de maisons, litière du sol...) pour passer l'hiver jusqu'à la hausse des températures (28).

L'alimentation des coccinelles dépend de l'espèce, elles sont généralement spécialistes. Selon l'espèce elles se nourrissent de pucerons (aphidiphages) (entre 50 et 100 pucerons par jours pour l'adulte) ou de cochenilles mais elles peuvent aussi se nourrir de nectar ou d'autres coccinelles (cannibalisme) (28).

- Cycle biologique

Le cycle biologique de la coccinelle se fait en 4 phases : œuf, larve, nymphe et adulte. La reproduction, au printemps, est sexuée et la ponte a lieu sur des plantes

colonisées par les pucerons (pour les espèces aphidiphages). Les larves sortent au bout de 7 jours et se nourrissent des pucerons présents sur la plante pendant 3 semaines, ou plus si la nourriture n'est pas assez abondante. Lorsque la larve est assez grosse, elle se suspend à une feuille sous forme de nymphe qui se transforme en coccinelle adulte en 8 jours (28).

### **3/ Protocoles de suivi**

Le suivi des 2 espèces sélectionnées se fait dans les 40 parcelles de blé d'hiver. Lors du suivi, la recherche des insectes se fait toujours à une distance minimale de 10m par rapport à la limite du champ afin d'éviter « l'effet bordure ». Le suivi présenté est celui ayant été effectué en 2012, cependant les mêmes observations sont mises en place durant le stage afin de confirmer les informations de l'année précédente. Les plans d'échantillonnage sont présents en annexe I.

#### 3/a. Suivi de pucerons

Dans chaque parcelle, les pucerons sont comptés sur 100 talles de blé. 10 points d'échantillonnage, distants de 5m, sont répartis le long de 2 transects perpendiculaires au bord de champs. A chaque point, tous les pucerons observés sur 10 talles sont comptés et identifiés à l'aide d'une fiche présentant les espèces majoritaires en cultures de blé (voir Annexe II).

En 2012, les pucerons ont été échantillonnés 3 fois, en Avril, en Mai et en Juin.

#### 3/b. Suivi des coccinelles

Les coccinelles adultes ont été échantillonnées à l'aide de filets fauchoirs. Dans chaque parcelle, 10 séries de 50 fauches sont effectuées, réparties le long de 2 transects perpendiculaires au bord de champs. A la fin de chaque série, les individus récoltés sont récupérés avec un aspirateur à bouche et stockés dans des piluliers.

Les larves ont été comptées dans des quadras de 50cm<sup>2</sup> sur 10 points d'échantillonnage, distants de 5m et répartis le long de 2 transects perpendiculaires au bord de champs.

En 2012, les relevés pour les coccinelles ont eu lieu 4 fois durant la saison, en avril, en mai et 2 fois en juin. Toutes les coccinelles adultes échantillonnées ont été

congelées pour être ensuite identifiées en laboratoire à l'aide de l'Atlas des Coccinelles de la Manche (29).

### 3/c. Suivi de la végétation

Dans chaque parcelle, l'état de la végétation a été évalué dans 4 quadras de 50 cm<sup>2</sup>. La hauteur du blé ainsi que le recouvrement du sol en blé, adventices, litière et sol nu (indice de Braun-Blanquet (30) ont été mesurés. Le nombre de plants de blé a aussi été déterminé lors du premier relevé.

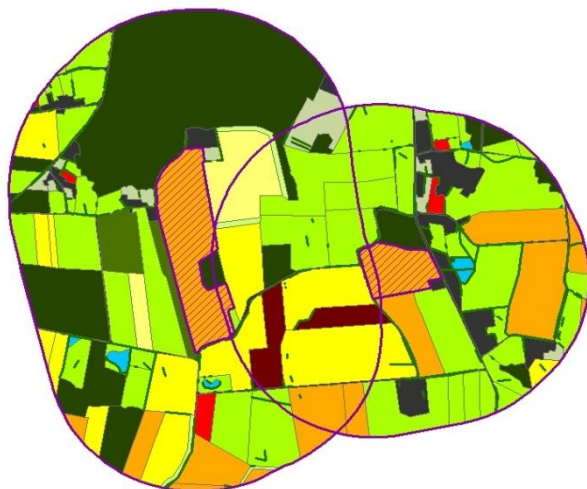
## **4/ Enquêtes**

Des enquêtes ont été menées après la récolte auprès des exploitants des parcelles échantillonnées. Ces enquêtes ont porté sur les caractéristiques générales de l'exploitation (ex : Surface Agricole Utile), les caractéristiques agronomiques de la parcelle (ex : teneur en matière organique), le précédent cultural, la rotation effectuée et l'itinéraire technique détaillé du blé (semis, travail du sol, intrants). Le questionnaire d'enquête est disponible en annexe III.

## **5/ Analyse des données**

### 5/a. Préparation des variables

Pour les analyses, les paysages de 1km<sup>2</sup> de forme carré ont été transformés en buffers (zones tampon autour de chaque parcelle) de 500m afin de bien décrire l'environnement de chaque parcelle (figure 4).



**Figure 4: Représentation de buffers autour des 2 parcelles d'un paysage**



Dans chaque buffer, 2 types de cartographies ont été réalisées en 2012, grâce au logiciel ArcGis 9.0 : la cartographie de l'occupation du sol (cultures, bois, haies, bâti, routes) et la cartographie des exploitations en AB et en AC. A partir de ces cartes, le pourcentage de la surface occupée par chaque élément/pratique a pu être calculé dans chaque buffer.

Les données issues des enquêtes ont été simplifiées afin de faciliter la réalisation des analyses statistiques. Au final, 15 variables ont été conservées et catégorisées pour la description des pratiques (Tableau 2).

Les données espèces (coccinelles et pucerons) ont été analysées à partir des abondances sommées sur l'ensemble de la saison d'échantillonnage. Les indices de pourcentage de recouvrement par la végétation ont été convertis à l'aide de la formule suivante : Coefficient de Recouvrement% =  $((\Sigma \text{ des Recouvrements moyens } \times 100) / \text{nombre de relevés du tableau})$  (31).

Ce travail de préparation des variables a été réalisé préalablement à mon stage.

**Tableau 2: Catégorisation des variables utilisées pour la description de la diversité des pratiques agricoles**

<b>pratiques agricoles</b>	<b>classes</b>	<b>signification</b>	<b>nombre d'exploitants</b>
Culture précédente	maïs		26
	autre	blé, chanvre, prairie, pois, colza, betterave...	14
Nombre de travail du sol	peu	2 interventions	14
	moyen	3 interventions	14
	beaucoup	4 à 8 interventions	12
Labour	non		7
	oui		33
Nombre de variétés	peu	1 variété	24
	beaucoup	2 à 5 variétés	16
Densité de semis	peu	115kg/Ha à 125kg/ha	12
	moyen	130kg/ha à 150kg/ha	19
	beaucoup	160kg/ha à 180kg/ha	9
Rotation	peu	2 à 3 cultures	13
	moyen	4 à 6 cultures	15
	beaucoup	7 à 12 cultures	12
Dose de fertilisation organique	rien		28
	peu	40 N unités/Ha à 90 N unités/Ha	6
	beaucoup	100 N unités/Ha à 160 N unités/Ha	6
Dose d'herbicides	rien		21
	peu	1 à 3 points	6
	moyen	4 à 5 points	7
	beaucoup	6 à 10 points	6
Nombre de passage d'herbicides	rien		20
	peu	1 traitement	14
	beaucoup	2 à 3 traitements	6
Dose de fongicides	rien		20
	peu	1 à 5 points	8
	moyen	6 à 7 points	7
	beaucoup	8 à 12 points	5
Nombre de passage de fongicides	rien		20
	peu	1 à 2 traitements	11
	beaucoup	3 traitements	9
Dose de fertilisation minérale	rien		20
	peu	45 N unités/Ha à 130 N unités/Ha	9
	beaucoup	140 N unités/Ha à 180 N unités/Ha	11
Passages de fertilisants minéraux	rien		20
	peu	1 à 2 traitements	5
	beaucoup	3 à 4 traitements	15
Dose de Régulateurs	rien		26
	peu	1 à 2 points	3
	beaucoup	3 à 6 points	11
Insecticides	non		37
	oui		3

### 5/b. Méthodes statistiques

La diversité des pratiques agricoles a été décrite à l'aide d'une Analyse MultiFactorielle (AMF) à partir des 15 variables décrites précédemment. Elles ont été regroupées de la façon suivante :

-groupe intrants : fertilisations organique et minérale, herbicides, insecticides, régulateurs, fongicides (doses et nombres de passage)

- groupe semis : densité de semis et nombre de variétés

- groupe sol : nombre de passages de travail du sol et labour

- groupe précédent : précédent cultural

- groupe rotation : nombre de cultures dans la rotation

L'Analyse MultiFactorielle est utilisée pour les tableaux de données dont les variables s'organisent en groupes. Elle permet ainsi d'équilibrer le poids de chaque groupe dans l'analyse et d'étudier le lien entre les variables. L'analyse réduit un nuage de points d'un espace à n dimensions à un espace synthétique, comme une analyse multivariée classique. Sont ainsi obtenues une projection des observations et une projection des variables.

Les coordonnées des 40 parcelles projetées le long des axes de l'AMF ont permis d'extraire des variables synthétiques représentatives de gradients de pratiques agricoles.

Pour décrire l'effet des pratiques agricoles sur l'abondance des coccinelles, deux modèles linéaires ont été réalisés : un à l'échelle de la parcelle et un à l'échelle du paysage.

Pour identifier les variables à intégrer dans les modèles, la première étape a été de calculer les corrélations entre variables. Des tests de Spearman (non paramétrique) ou de Pearson (paramétrique) ont donc été réalisés après avoir vérifié la normalité de chaque variable avec le test de Shapiro-Wilk. Lorsque 2 variables étaient corrélées une seule a été conservée pour les tests statistiques car si l'une influence l'abondance d'auxiliaires l'autre aussi étant donné qu'elles sont dépendantes. De plus, l'intégration

de plusieurs variables redondantes dans un même modèle risque de diminuer la fiabilité de celui-ci.

Une fois les variables sélectionnées, les deux modèles linéaires ont été réalisés, l'un avec les variables parcellaires (abondance de pucerons, pratiques agricoles, végétation) et l'autre avec les variables paysagères (occupation du sol, pratiques agricoles). Afin d'éviter un éventuel biais d'autocorrélation spatiale (= ressemblance des valeurs prises par une variable, exprimée en fonction de leur localisation géographique) dû au fait que les parcelles sont réparties par paires dans les paysages, on a réalisé des modèles mixtes avec facteur aléatoire (lmer). Pour chaque modèle, la normalité de la distribution des résidus a été vérifiée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk.

Le seuil de significativité  $\alpha$  a été fixé à 5% pour l'ensemble des analyses qui ont toutes été effectuées avec le logiciel R (version 2.15.0).

## Résultats

### 1/ Diversité des pratiques agricoles

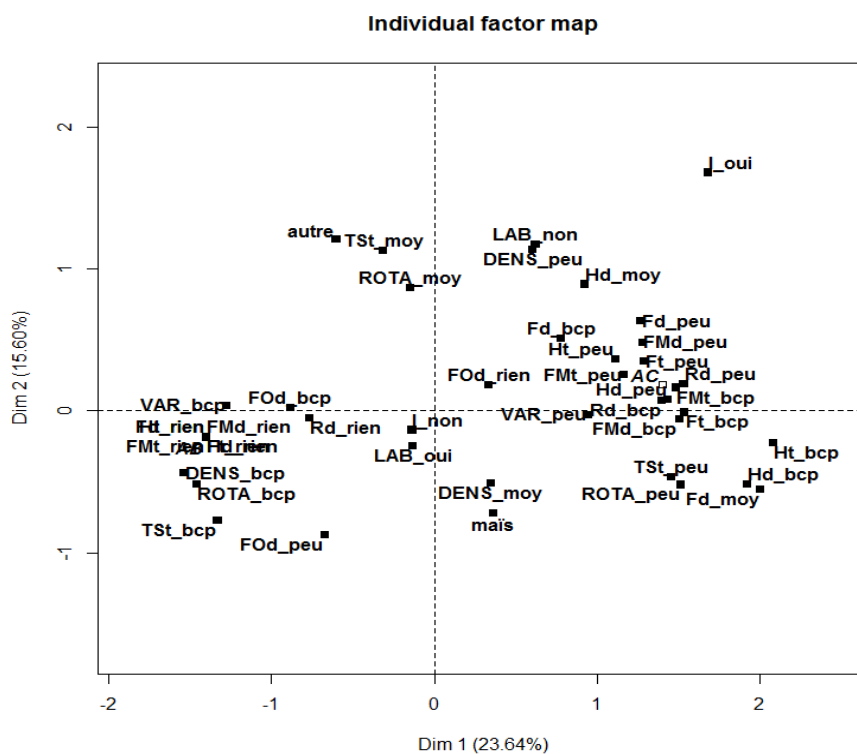


Figure 5 : Graphique de projection des variables de l'Analyse Multi Factorielle, axes 1 et 2. TSt : nombre de travail du sol, autre/mâis : précédent, ROTA : longueur rotation, Fd : fertilisation minérale dose, Ft : fertilisation minérale fréquence, LAB : labour, DENS : densité, FOD : fertilisation organique dose, VAR : nombre de variétés, Hd : herbicide dose, Ht : herbicide fréquence, Rd : régulateur dose, I : insecticide

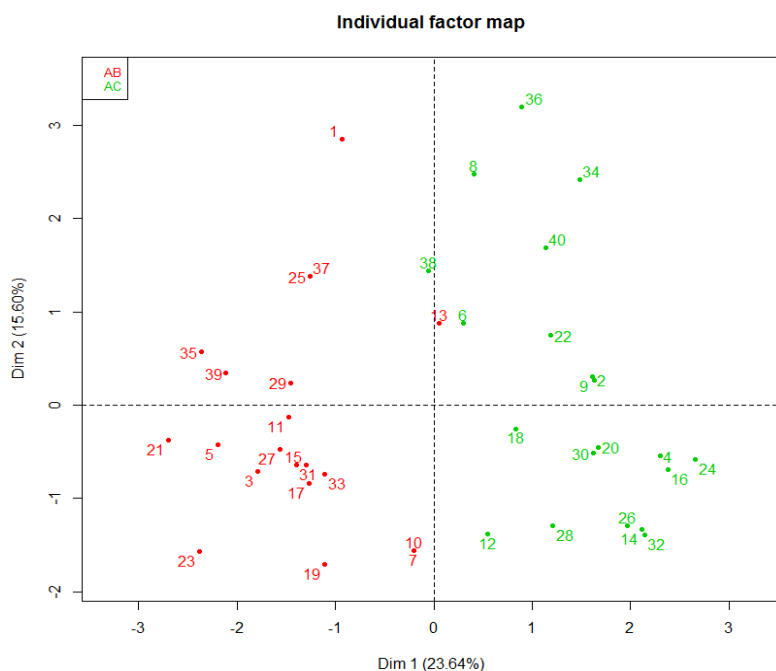


Figure 6 : Graphique de projection des individus de l'Analyse Multi Factorielle, axes 1 et 2, les parcelles biologiques sont en rouge et les conventionnelles en vert.

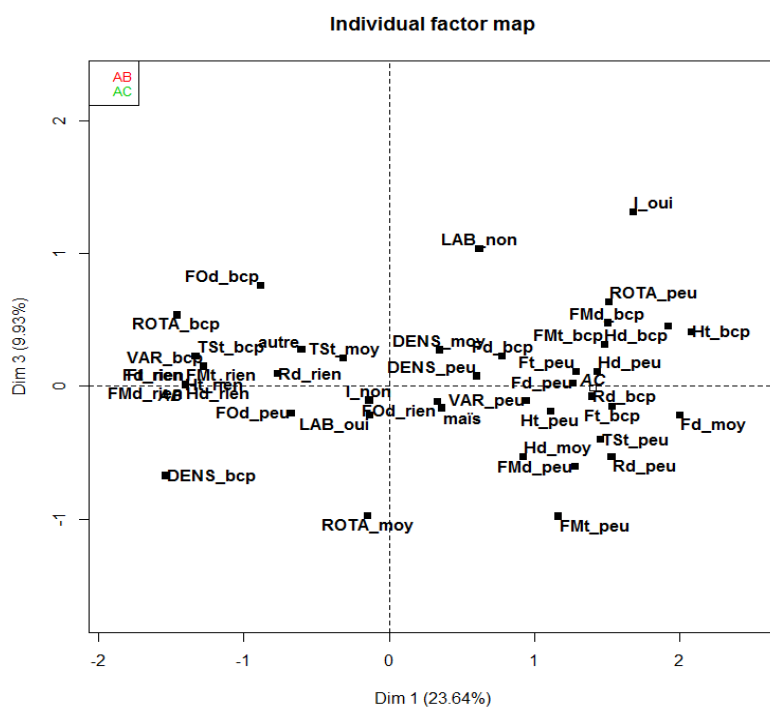
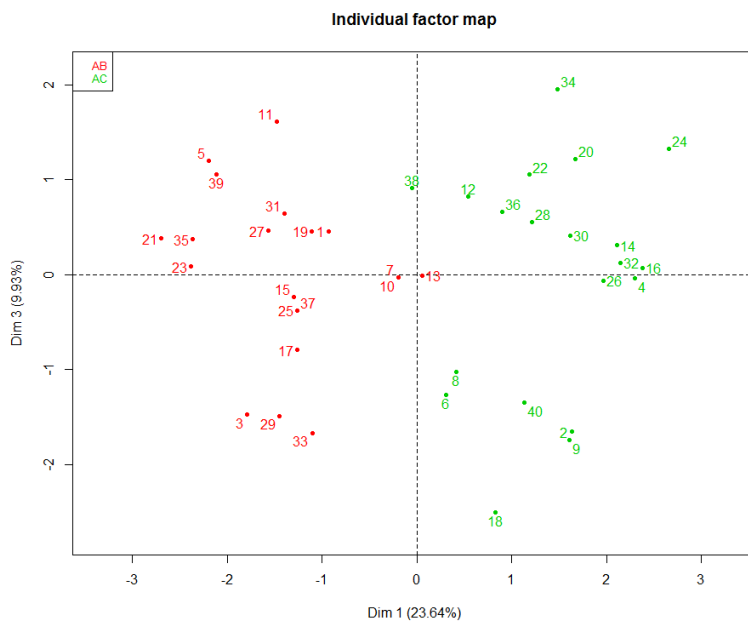


Figure 7: Graphique de projection des variables de l'Analyse Multi Factorielle, axes 1 et 3



**Figure 8 : Graphique de projection des individus de l'Analyse Multi Factorielle, axes 1 et 3, les parcelles biologiques sont en rouge et les conventionnelles en vert.**

Les 3 premiers axes de l'analyse multi factorielle ont été conservés, expliquant respectivement 23,64 15,60% et 9,33% de la variance des données. Ces résultats sont corrects sachant que l'on traite des données écologiques.

Le graphique de projection des variables (figure 5) ainsi que leurs contributions aux axes (Annexe IV) permettent de caractériser ces 3 axes de la façon suivante. L'axe 1 est majoritairement expliqué par une augmentation de la quantité et de la fréquence d'utilisation des intrants (herbicides, fongicides, régulateurs, fertilisants minéraux) dans le sens des coordonnées croissantes. Il est aussi expliqué par le nombre de variétés semées, la longueur de la rotation et la fréquence de travail du sol qui diminuent lorsque les coordonnées sur l'axe 1 augmentent. L'axe 2 est principalement expliqué par les variables « précédent » et « densité de blé ». A l'extrémité négative de l'axe, les agriculteurs ont un précédent maïs et sèment en forte densité, à l'autre extrémité ils ont un autre précédent (colza, orge, pomme de terre, etc) et sèment en faible densité. Enfin, l'axe 3 est principalement expliqué par la pratique du labour ou non.

Le graphique de projection des individus (figures 6 ; 8), montre que les 40 parcelles se répartissent de façon relativement homogène le long des 3 axes, ce qui témoigne d'une diversité importante au sein de chaque mode de production. Cependant,

on constate qu'il existe une dichotomie, à quelques individus près, entre parcelles AB et parcelles AC le long de l'axe 1. De manière générale les agriculteurs biologiques sèment plus de variétés de blé et réalisent un travail du sol plus important que les conventionnels. De plus, les parcelles AC se caractérisent par une utilisation importante d'intrants chimiques tandis que les parcelles AB sont d'avantage fertilisées organiquement. Le long des axes 2 et 3, les parcelles AB et AC se superposent. Les pratiques AB et AC sont donc opposées en matière d'intrants mais présentent une diversité commune sur d'autres pratiques comme la culture précédant le blé d'hiver.

## **2/ Effets des pratiques agricoles sur l'abondance de coccinelles**

### 2/a. Echelle parcellaire

#### 2/a.1. Sélection des variables pour le modèle

Les variables de description de la végétation étant fortement corrélées entre elles (tableaux 3 ; 4), seule la variable « pourcentage d'adventices » est conservée. Ainsi, un fort recouvrement en adventices témoigne d'un blé plus haut mais moins dense et d'un recouvrement moins important en sol nu, litière et blé.

**Tableau 3: p-value des tests de corrélation Shapiro-Wilk des données de végétation**

	% sol nu	% adventices	% blé	Hauteur blé	Densité blé	% litière
% sol nu		7.864*10 <sup>-3</sup>	0.1759	0.0001616	0.046	0.01997
% adventices			0.0002099	0.0002596	0.0002472	0.1246
% blé				0.4922	0.002011	0.7038
Hauteur blé					0.6984	0.2839
Densité blé						0.8785
% litière						

**Tableau 4: r<sup>2</sup> des tests de corrélation Shapiro-Wilk des variables paysagères**

	% sol nu	% adventices	% blé	Hauteur blé	Densité blé	% litière
% sol nu		(-)0.7449	0.0476	(-)0.3156	0.1007	(-)0.1344
% adventices			(-)0.3066	0.2998	(-)0.2166	0.0609
% blé				(-)0.0124	0.2245	(-)0.0038
Hauteur blé					0.0039	0.1736
Densité blé						(.)0.0006
% litière						

De plus, on a constaté que le pourcentage d’adventices au sol est également corrélé à l’axe 1 de l’Analyse Multi factorielle sur les pratiques (test de spearman ; p-value=2.386\*10<sup>-7</sup> ; r= -0.7133932). Ainsi, moins les agriculteurs utilisent d’intrants, plus ils sèment de variétés et plus ils travaillent le sol, plus il y a d’adventices dans les parcelles. Le pourcentage d’adventice n’est donc pas non plus conservé dans le modèle.

#### 2/a.2. Effet des pratiques agricoles sur l’abondance de coccinelles

Au cours du suivi 548 coccinelles ont été récupérées sur les 40 parcelles, ce qui est peu. Cette faible abondance est certainement due aux conditions climatiques (froid et humide) qui n’ont pas été favorables aux insectes en 2012. Les individus récoltés appartiennent à 7 espèces, dont 3 dominantes : *Coccinella septempunctata* (47.6%), *Propylea quatuordecimpunctata* (29.7%) et *Tytthaspis sedecimpunctata* (21.0%).

Le modèle statistique réalisé est le suivant :

$$abco \sim abp + axe1 + axe2 + axe3 + (1 | paysage)$$

(abco : abondance de coccinelles ; abp : abondance de puceron)

Seul l’axe 1 a un effet négatif significatif sur l’abondance de coccinelles (figure 9, tableau 5). Les pratiques proches de l’AB semblent donc plus favorables aux coccinelles que celles proches de l’AC. De plus, l’axe 1 étant corrélé au pourcentage d’adventices, leur présence (ainsi que la hauteur du blé) semble jouer un rôle important dans ce résultat.



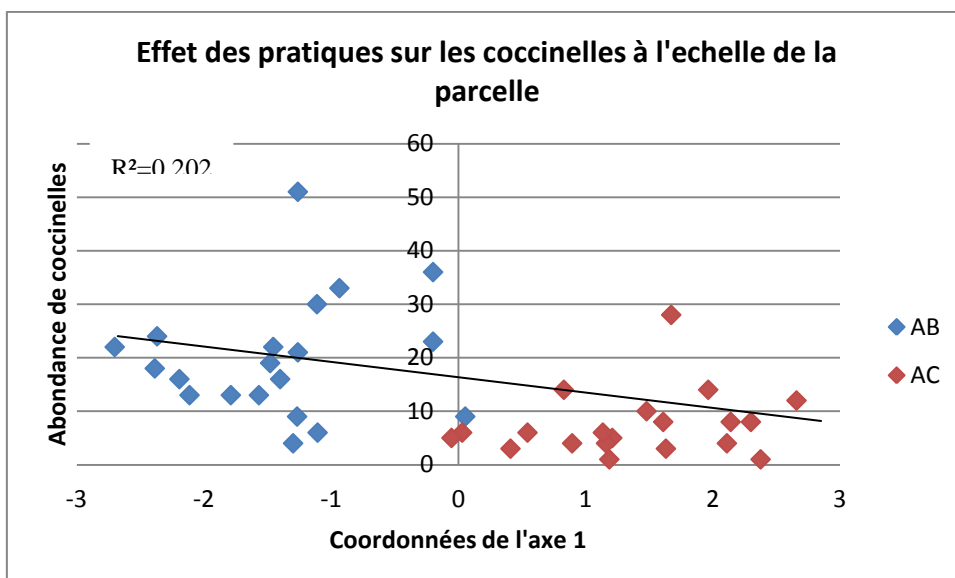


Figure 9 : Représentation graphique de l'effet de l'axe 1 sur l'abondance de coccinelles

L'abondance de pucerons, l'axe 2 et l'axe 3 n'ont aucun effet sur l'abondance de coccinelles.

Tableau 5: Résultats du modèle linéaire mixte avec facteur aléatoire à l'échelle parcellaire sur l'effet des grandes stratégies issues de l'AMF sur l'abondance de coccinelles

Variables	p-value	t-value	estimate
abondance de pucerons	0.1362	-1.525	-0.1857
axe 1	0.0086	-2.784	-2.767
axe 2	0.9998	0.000	0.0003
axe 3	0.328	0.992	6.197E-09

## 2/b. Echelle paysagère

### 2/b.1. Sélection des variables pour le modèle

Les variables paysagères étant fortement corrélées entre elles (tableaux 6 ; 7), seule la variable « pourcentage d'AB » est conservée. Elle témoigne d'un faible pourcentage d'AC et de cultures mais d'un fort pourcentage de bois et une importante longueur de haies.

**Tableau 6: p-value des tests de corrélation Shapiro-Wilk des variables paysagères**

	% bois	% surfaces artificialisées	% AC	% AB	% culture	Longueur de haies
% bois		0.1895	0.3493	0.3553	0.0001825	0.5529
% surfaces artificialisées			0.142	0.9058	1.984*10 <sup>-5</sup>	0.9333
% AC				1.822*10 <sup>-9</sup>	0.008672	0.04044
% AB					0.4641	0.006655
% culture						0.3656
Longueur de haies						

**Tableau 7: r<sup>2</sup> des tests de corrélation Shapiro-Wilk des variables paysagères**

	% bois	% surfaces artificialisées	% AC	% AB	% culture	Longueur de haies
% bois		(-)0.0448	(-)0.0230	(-)0.0225	(-)0.2282	(-)0.0093
% surfaces artificialisées			(-)0.0557	0.0003	(-)0.3981	0.0001
% AC				(-)0.6182	0.1699	(-)0.1052
% AB					0.0141	0.1782
% culture						0.0214
Longueur de haies						

### 2/b.2. Effet du paysage sur l'abondance de coccinelles

Le modèle statistique réalisé est le suivant :

$$abco \sim PAB + (1 \mid \text{paysage})$$

(abco : abondance de coccinelles ; PAB : pourcentage de surface en agriculture biologique)

On trouve alors que le pourcentage d'AB présent dans les buffers de 500m n'a pas d'effet significatif sur l'abondance de coccinelles (p-value=0.3545, t-value=0.937,

estimate=0.1560). Les autres variables paysagères sont corrélées à celle-ci, elles n'ont donc pas d'effet non plus.

## **Discussion**

### **1/ Diversité des pratiques agricoles**

L'analyse multi factorielle réalisée sur les pratiques agricoles a mis en évidence une large diversité de pratiques chez les agriculteurs biologiques comme chez les conventionnels, avec malgré tout une dichotomie entre les deux types de production.

La dichotomie entre AC et AB est principalement causée par les intrants. Cela est explicable par le fait que tous les intrants utilisés dans cette étude sont de nature chimique, hors fertilisation organique, et sont donc interdits en AB. Il aurait cependant été possible que certains exploitants sous AB utilisent des intrants autorisés par la réglementation pour lutter contre les ravageurs (32). Ce n'est cependant pas le cas dans les parcelles biologiques étudiées où seule la fertilisation organique est pratiquée. De plus, les exploitants conventionnels suivis dans cette étude utilisent pour la plupart des quantités importantes d'intrants. Cette uniformisation des pratiques agricoles due à l'intensification de l'agriculture a déjà été observée par Benton *et al.* (33).

Comparativement aux exploitants conventionnels, les biologiques réalisent plus de travail du sol car ils gèrent les adventices par du désherbage mécanique (alternative aux herbicides). Une forte densité de blé leur permet également de couvrir le sol et d'en limiter le développement (34). De la même façon, leurs rotations sont plus longues afin de permettre une fertilisation naturelle du sol (35) et augmenter le nombre de variétés présentes dans la parcelle permet de limiter la propagation des maladies (36).

En dehors de cette dichotomie, il existe malgré tout une diversité des pratiques agricoles au sein de chaque type de production. En effet, bien que certaines pratiques opposent les exploitants biologiques et conventionnels, d'autres présentent une variation importante au sein des deux types d'agriculture. C'est le cas du précédent cultural et du labour. Cette diversité des pratiques agricoles peut en partie être expliquée par des différences de contraintes subies par les agriculteurs. Ainsi, bien que les parcelles soient soumises à un climat similaire du fait d'être situées dans la même région, les conditions

locales peuvent être plus variables, en particulier au niveau des caractéristiques du sol (texture, humidité, présence de cailloux, etc.).

## **2/ Effets des pratiques agricoles sur l'abondance de coccinelles**

### 2/a. Echelle parcellaire

Le 1<sup>er</sup> axe de l'analyse multi factorielle réalisée sur les pratiques est la seule variable influant sur l'abondance des coccinelles à l'échelle de la parcelle. Ainsi, moins les agriculteurs utilisent d'intrants chimiques, plus ils sèment de variétés et augmentent la longueur de la rotation et le travail du sol, plus il y a de coccinelles dans les parcelles. Or, on sait que les pesticides peuvent avoir des effets directs ou indirects, létaux ou sub-létaux, sur les arthropodes. Ainsi, certains insecticides destinés aux ravageurs ont un spectre large et affectent de façon directe d'autres insectes, dont des auxiliaires, en leur étant toxique. C'est par exemple le cas des œufs et des larves de coccinelles qui y sont plus sensibles que les adultes (37). Même lorsque la toxicité de ces pesticides n'est pas directe, les insectes auxiliaires peuvent les ingérer indirectement en consommant un puceron touché ou qui s'est nourri d'une plante visée par des herbicides (38). L'accumulation d'une quantité importante de pesticides peut alors provoquer des baisses de fécondité ou de croissance, comme cela a été montré pour les coccinelles (39). De façon indirecte, les produits phytosanitaires peuvent également impacter le régime alimentaire des coccinelles en diminuant le nombre de proies disponibles dans les parcelles (40).

L'utilisation de fertilisants et d'herbicides peut modifier l'habitat des coccinelles en modifiant le couvert végétal créé par les adventices au sol. Or, cette végétation permet l'existence de lieux de ponte supplémentaires (41) et peut servir de nourriture de substitution pour les coccinelles qui se nourrissent de nectar (42) quand l'abondance de pucerons n'est pas suffisante. Elle peut également jouer un rôle de refuge face aux prédateurs comme les oiseaux qui ont plus de difficultés à les repérer. Les adventices fournissent aussi un ombrage au niveau du sol qui permet de limiter de grandes variations de température et d'humidité au cours de la journée (43 ; 44), créant ainsi un microclimat favorable aux coccinelles. Une grande hauteur et densité de blé ainsi qu'un nombre important de variétés peuvent également contribuer à ce microclimat favorable

(complexification de la structure de la végétation). Il a été prouvé qu'en présence d'un fort pourcentage de sol nu, le nombre de prédateurs dans les parcelles diminue (45). Le fort recouvrement en adventices, en lien avec les pratiques réalisées, semble donc contribuer à la présence de coccinelles dans les parcelles biologiques (46 ; 47 ; 48 ; 50 ; 51).

Il a été montré, dans de précédentes études, que le labour peut avoir un effet négatif sur les populations d'auxiliaires dans les parcelles (49). Cependant, les coccinelles ne semblent pas affectées par cette pratique. En effet, il s'agit d'un insecte volant probablement plus apte à fuir une perturbation que d'autres auxiliaires moins mobiles et vivant au niveau du sol comme c'est le cas des carabes. De plus, dans les parcelles de blé, le labour est réalisé à l'automne, à une période où les coccinelles sont en hibernation dans les bords de champs. Il n'est donc pas étonnant que cette pratique ne les affecte pas.

La culture précédant le blé d'hiver n'a pas non plus d'effet significatif sur l'abondance des coccinelles. Cela semble indiquer que le passé de la parcelle n'influe pas la distribution des coccinelles. Certaines études montrent un effet positif ou négatif du précédent sur les auxiliaires en fonction de sa nature (52 ; 53) alors que d'autres ne montrent pas d'effet du précédent sur les auxiliaires (54). Cependant ces études portent sur d'autres auxiliaires que les coccinelles. En définitive, il est difficile de conclure sur l'effet de cette pratique.

Les espèces de coccinelles présentes dans le blé étant prédatrices spécialistes sur pucerons, on s'attendait à ce que leurs abondances soient dépendantes. Cela ne semble cependant pas être le cas ici. Ce résultat est confirmé par d'autres études qui ont noté que la réponse agrégative des coccinelles n'était pas liée à l'abondance de pucerons ou seulement à certaines échelles spatiales (55 ; 56). Ceci pourrait s'expliquer dans notre cas par une faible abondance de pucerons qui seraient en quantité insuffisante pour permettre un développement correct des coccinelles. Il a été montré que dans de telles situations, certaines espèces de coccinelles peuvent consommer du pollen ou du nectar (29).

## 2/b. Echelle paysagère

A l'échelle du paysage, on ne détecte pas d'effet du pourcentage de surface en AB dans un rayon de 500m autour des parcelles. Ce résultat n'est pas en accord avec ce qui a pu être mis en évidence dans d'autres études qui ont montré que les parcelles en AB jouent un rôle de source débordant sur les parcelles en AC environnantes (57 ; 58). Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer cette contradiction. La première serait que l'échelle choisie n'est pas pertinente compte tenu des capacités de dispersion des coccinelles. En effet, dans notre étude les paysages font 1km<sup>2</sup> tandis que dans l'étude de Gabriel *et al.* (57) les paysages considérés font 10km<sup>2</sup>.

Une autre hypothèse est celle de l'effet du contexte global. L'étude de Gabriel *et al.* (57) a été réalisée dans des paysages différents des nôtres et on sait que, les processus écologiques ne sont pas les mêmes d'un type de paysage à un autre. Ainsi, plusieurs études ont montré que quand un paysage est hétérogène (grandes quantités d'éléments boisés), la différence entre AB et AC est beaucoup moins importante que dans un paysage homogène. En effet, les pratiques biologiques ne semblent apporter aucune plus value car la présence d'éléments boisés permet déjà de favoriser la présence des auxiliaires dans le paysage (59). Cette étude ayant été réalisée dans une zone de bocage relativement dense, cette hypothèse peut expliquer l'absence d'effet des pratiques à l'échelle du paysage. Pour la confirmer, il faudrait comparer ces résultats à ceux d'études réalisées dans des paysages plus ouverts.

Enfin, il est possible que d'autres variables paysagères jouent un rôle plus important que les pratiques dans la distribution des coccinelles. Pour vérifier cette hypothèse, il faudrait tester l'effet de nouvelles variables, comme le pourcentage de prairies ou de fourrages....

De plus, la dichotomie entre AB et AC ne permet pas de décrire l'effet des pratiques à l'échelle paysagère, on ne considère au final la diversité des pratiques qu'à l'échelle parcellaire. L'identification des pratiques mises en place dans les paysages et leurs effets sur l'abondance de coccinelles est un travail qui sera fait plus tard au cours de la thèse dans laquelle s'inscrit ce stage.

## 2/c. Limites de l'étude

Cette étude ne tient pas compte de la complexité des relations trophiques qui peuvent influencer sur la distribution des coccinelles et des pucerons. La présence de nombreux autres auxiliaires dans les parcelles, comme les parasitoïdes et les carabes (60) peut par exemple créer de la compétition avec les coccinelles et modifier les abondances de populations. Afin d'améliorer ce point, il serait judicieux d'échantillonner l'ensemble des communautés présentes dans le blé. Cette méthode nécessiterait cependant un travail de terrain très conséquent.

De plus, l'échantillonnage ne permet pas de connaître le contrôle biologique effectif par les coccinelles sur les parcelles. Or, bien que leur fonction de prédation sur les pucerons soit bien reconnue les coccinelles ne sont pas toujours efficaces dans la capacité de contrôle biologique (61). Pour le vérifier il aurait fallu par exemple effectuer des dissections de coccinelles pour connaître le contenu de leurs systèmes digestifs (62) ou des mesures de prédatons à l'aide de cartes sur lesquelles sont collés des pucerons.

Il a été montré que les différentes espèces de coccinelles ont des préférences en terme de microclimat, poussant certaines à vivre en haut de la végétation et d'autres plus près du sol (63). Or, les filets fauchoirs ne permettent de capturer que celles situées en haut de la végétation. Pour diminuer ce biais une solution peut être de diversifier les techniques de piégeage. On pourrait par exemple utiliser des pièges jaunes qui sont des disques sur lesquels les insectes se collent en se posant.

De même, le protocole mis en place n'a permis de récolter aucune larve de coccinelle. Il est possible que les larves soient trop rapides et sortent du quadra avant le début du comptage ou à l'approche des échantillonneurs. Cependant, le comptage est la méthode non destructive la plus fiable pour estimer la population de larve de coccinelles (64).

Une autre difficulté du protocole est dans le choix des paysages. En effet, bien que lors du choix basé sur des cartes « théoriques » les paramètres souhaités sont contrôlés, la longueur de haies est généralement différente sur la carte et dans la réalité. Ainsi, cette variable devient perturbatrice car non contrôlée.

Pour finir, les effets mis en évidence pour les coccinelles ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble des auxiliaires sans vérification préalable car leurs modes de

vie sont différents et ils ne sont donc probablement pas impactés de la même façon par les pratiques agricoles. Elle ne peut pas non plus être généralisée pour l'identification des pratiques à mettre en place à ce stade. En effet, les résultats actuels ne sont valables que pour une année d'étude en une région donnée avec une météo particulière (mauvais temps) et ne permet donc pas de savoir ce qu'il arriverait en cas d'infestation de pucerons.

## **Conclusion**

Cette étude a permis de mettre en évidence une diversité de pratiques agricoles chez les exploitants biologiques et conventionnels cultivant du blé d'hiver. Cependant, l'abondance de coccinelles sur les parcelles semble principalement liée à la dichotomie entre les deux types d'exploitation. En effet, les pratiques réalisées préférentiellement par les exploitants en AB (absence d'intrants chimiques, nombreuses variétés semées, fortes densités de semis, rotations longues, travail du sol fréquent) semblent favoriser leur présence. Certaines de ces pratiques semblent agir de façon indirecte sur les coccinelles en modifiant la qualité de l'habitat parcellaire. Ainsi, les parcelles biologiques présentent un recouvrement important du sol par la végétation adventice, ce qui rend très certainement le milieu plus favorable aux individus. En définitive, on peut supposer un contrôle biologique plus efficace dans les parcelles biologiques que dans les parcelles conventionnelles.

Le pourcentage d'AB dans le paysage environnant n'a pas d'effet sur l'abondance des coccinelles dans cette étude. Des analyses supplémentaires devront cependant être faites pour confirmer ce résultat.

Les pratiques employées en AB semblent donc plus favorables aux auxiliaires à l'échelle de la parcelle. Il serait donc bon d'encourager ces stratégies avec des conseils auprès des agriculteurs qui débutent ou souhaitent convertir leur exploitation. Pour cela la mise en place de conseillers mais aussi une plus grande connaissance de ces pratiques alternatives dans les services publics seraient nécessaires.

Malgré leur impact positif sur les auxiliaires ces pratiques peuvent provoquer des diminutions de rendements qui rendent les exploitations difficilement viables économiquement. C'est pourquoi, un nouveau compromis entre la protection de la



biodiversité et la productivité des exploitations doit être trouvée. C'est par exemple le cas de l'agriculture écologiquement intensive qui s'efforce à se rapprocher de l'AB en réduisant l'utilisation d'intrants chimiques sans pour autant s'en interdire l'emploi en cas de besoin.

## Références

- (1) Food and Agriculture Organization, 2009, Forum d'experts de haut niveau : comment nourrir le monde 2050
- (2) X. Le Roux, R. Barbault, J. Baudry, F. Burel, I. Doussan, E. Garnier, F. Herzog, S. Lavorel, R. Lifran, R. Roger-Estrade, J.-P. Sarthou and M. Trommetter (2008) Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, INRA
- (3) Burkart MR, Stoner JD, 2007, Nitrate in aquifers beneath agricultural systems, Water science and technology 56 Issue 1, p59-69
- (4) WHO. UNEP, 1989. "Public Health Impact of Pesticides used in Agriculture." (OMS et PNUE, Genève, Suisse)
- (5) Butler S. J., Vickery J. A., Norris K. 2007. Farmland biodiversity and the footprint of agriculture. Science 315, p 381–384.
- (6) Paoletti, G. M., Pimentel, D. (Eds). 1992. Biotic Diversity in Agroecosystems. Elsevier, Amsterdam
- (7) Robert L. Metcalf, 1983, Implications and prognosis of resistance to insecticides, Pest Resistance to Pesticides III, p. 703-733, Springer US
- (8) Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, Espace pro : Environnement : Agriculture biologique [en ligne], disponible sur : <http://agriculture.gouv.fr/agriculture-biologique> (consulté le 25/04/13)
- (9) IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements), 2010, The world of organic agriculture
- (10) Barbosa P, Conservation biological control, Etats-Unis : Academic Press, 1998, Introduction, p 1-2
- (11) Chappell A.S., 2007. Reliance on predators in making cotton aphid treatment decisions. M.S. Thesis, University of Arkansas, 71pp.
- (12) Dixon AFG 2000, Insect Predator–Prey Dynamics: Ladybird Beetles and Biological Control, Cambridge University Press, New York

- (13) Gilbert N, Raworth DA, 1996, Insects and temperature- a general theory, *Canadian Entomologist* 128, p 1-13
- (14) Kromp B, 1999, Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement, *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, p. 187–228
- (15) Agarwala BK, Bardhanroy P, 1999, Numerical response of ladybird beetles (Col., Coccinellidae) to aphid prey (Hom., Aphididae) in a field bean in north-east India, *Journal of Applied Entomology* 123, p 401-405
- (16) Frazer BD. 1988. Coccinellidae. In *Aphids—Their Biology, Natural Enemies and Control*, ed. AK Minks, P Harrewijn, Vol. B, pp. 231–47. New York; Amsterdam: Elsevier. 364 pp
- (17) Paoletti, M.G., Pimentel, D., Stinner, B.R, Stinner, D., 1992, Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 40, p 3–23.
- (18) Bengtsson J, Ahnström J, Weibull AC, 2005, The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis, *Journal of applied ecology* 42, p 261-269
- (19) 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. *Agron. Sustain. Dev.* 25, p 213–223
- (20) Burel F, Baudry J, 1999, *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications*, Editions TEC & DOC, Paris, 359pp, ISBN : 2-7430-0305-7
- (21) Fahrig L, Baudry J, Brotons L, Burel FG, Crist TO, Fuller RJ, Sirami C, Siriwardena GM, Martin JL, 2011, Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes, *Ecology Letters* Volume 14 Issue 2, p 101-112
- (22) Benton TG, Vickery J, Wilson J, 20003, Farmland biodiversity : is habitat heterogeneity the key ?, *Trends in ecology & evolution* Volume 18 Issue 4, Cell Press, Etats-Unis, p 182-188
- (23) Nault BA, Kennedy GG, 2000, Seasonal changes in habitat preference by *Coleomegilla maculata* : implications for Colorado potato beetle management in potato, *Biol. Control.* 17, p 164-173

- (24) Vasseur C, Joannon A, Aviron S, Burel F, Meynard JM, Baudry J, 2012, The cropping systems mosaic: How does the hidden heterogeneity of agricultural landscapes drive arthropod populations?, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166, p 3-14
- (25) Gabriel D, Sait SM, Hodgson JA, Schmutz U, Kunin WE, Bento TG, 2010, Scale matters : the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales, *Ecology letters* Volume 13 Issue 7, Wiley-Blackwell, Etats-Unis, p 858-869
- (26) Baudry J., Boussard H., Schermann N., 2006, Chloé 3.1: Freeware of multi-scales analyses on ASCII raster files, Rennes, INRA SAD-Armorique
- (27) Equipe écologie et génétique des insectes de l'Inra, Qu'est ce qu'un puceron ? [en ligne], disponible sur : <https://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Qu-est-ce-qu-un-puceron/> (consulté le 10/04/13)
- (28) Hemptinne JL, Magro A, Majerus M, Les coccinelles, Edition delachaux et niestlé, France : 2005, 189pp, Collection Les sentiers du naturaliste, ISBN 2-603-01328-9
- (29) Le Monnier A, Livory A, Atlas des coccinelles de la Manche, Manche Nature, 2003, 206pp
- (30) Braun-Blanquet, 1964, Pflanzensociologie: Grundzuge der Vegetationskunde. 3te aufl. Springer-Verlag, Wein. 865 pp
- (31) Rachid Meddour, 2011, La méthode phytosociologique sigmatisé ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
- (32) Bahlai CA , Xue YG, McCreary CM, Schaafsma AW, 2010, Choosing Organic Pesticides over Synthetic Pesticides May Not Effectively Mitigate Environmental Risk in Soybeans, *PLOS ONE* 5 Issue 6
- (33) Benton, T.G., Vickery, J.A., Wilson, J.D., 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol. Evol.* 18, p 182–188
- (34) Zehnder G, Gurr GM, Kühne S, Wade MR, Wratten SD, Wyss E, 2007, Arthropod pest management in organic crops, *Annu. Rev. Entomol.* 52, p 57-80
- (35) Altieri M, 1987. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*, Westview Press, Boulder, NY, USA

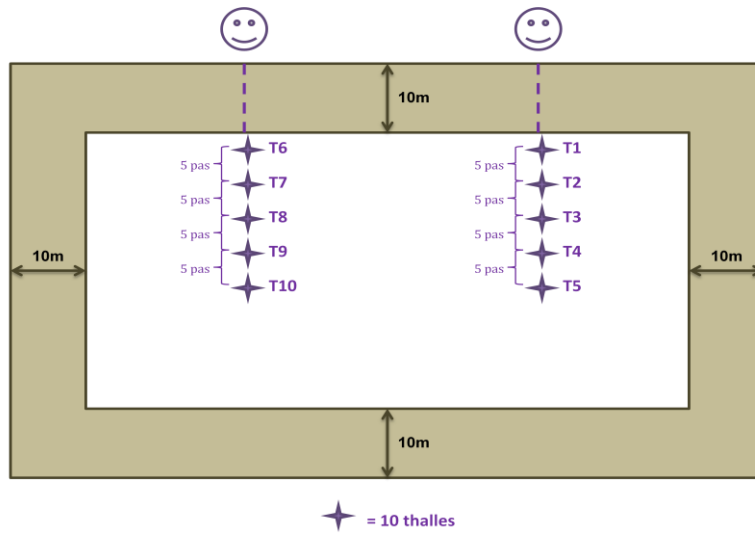
- (36) Wolfe MS, 1985, The Current Status and Prospects of Multiline Cultivars and Variety Mixtures for Disease Resistance, Annual Review of Phytopathology 23, p 251-273
- (37) S.R. Singh, K.F.A. Walters, G.R. Port, 2001, Behaviour of the adult seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to dimethoate residue on bean plants in the laboratory, Bull. Entomol. Res. 91, p 221–226
- (38) DeBach P, Rosen D., 1991, Biological Control by Natural Enemies, Cambridge: Cambridge Univ. Press. 440 pp
- (39) Obrycki JJ, King TJ, 1998, Predaceous Coccinellidae in biological control, Annu. Rev. Entomol. 43, p 295–321
- (40) S.R. Singh, K.F.A. Walters, G.R. Port, 2001, Behaviour of the adult seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to dimethoate residue on bean plants in the laboratory, Bull. Entomol. Res. 91, p. 221–226
- (41) Griffin ML, Yearga KV, 2002, Factors Potentially Affecting Oviposition Site Selection by the Lady Beetle *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae), Environmental Entomology 31, p 112-119
- (42) Lundgren JG, 2009, Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae, Biological Control 51, p 294-305, p 531-538
- (43) Hoeck A, 1979, Plant density and occurrence of *Coccinella septempunctata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera, Coccinellidae) in cereals, Acta Entomol. Bohemoslov. 76, p 308-312
- (44) Langellotto GA, Denno RF, 2004, Response of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats, a meta-analytical synthesis, Oecologia. 139, p 1-10
- (45) Schimdt MH, Thewes U, Thies C, Tschamtke T, 2004, Aphid suppression by natural enemies in mulched cereal, Entomol. Exp. Appl. 113, p 87-93
- (46) Schimid A, 1992, Untersuchungen zur Attraktivität von Ackerwildkräuter für aphidophage Marienkäfer. Agrarökologie. 5, p 1-122

- (47) Silva EB, Franco JC, Vasconcelos T, Branco M, 2010, Effect of ground cover vegetation on the abundance and biodiversity of beneficial arthropods in citrus orchards, *Bull. Entomol. Res.* 100, p 489-499
- (48) Bahena JF, TLE Fregoso 2007 Entomophagous insects in fields under reduced tillage and conservation in the bay of México, *Proc. 15 Congr. Biol. Control: OIBC Symposium, Méridé, México, November 2007, Published on CD*
- (49) Holland JM, Luff ML, 2000, The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems, *Integrated Pest Management Reviews* 5, p 109–129
- (50) Honeck A, 1979, Plant density and occurrence of *Coccinella septempunctata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera, Coccinellidae) in cereals, *Acta Entomol. Bohemoslov.* 76, p 308-312
- (51) Honek A, 1982, Factors which determine the composition of field communities of adult aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera), *Z. Angew. Entomol.* 94, p 157-168
- (52) Gallo J, Pekar S, 1999, Winter wheat pests and their natural enemies under organic farming system in Slovakia : Effect of ploughing and previous crop, *Anzeiger für Schädlingskunde* 72 Issue 2, p 31-36
- (53) Hammond RB, Stinner BR, 1987, Soybean Foliage Insects in Conservation Tillage Systems: Effects of Tillage, Previous Cropping History, and Soil Insecticide Application, *Environmental Entomology* 16 Number 2, p 524-531
- (54) Gallo J, Pekar S, 2002, Effect of ploughing and previous crop on winter wheat pests and their natural enemies under integrated farming system in Slovakia, *Anzeiger für Schädlingskunde* 74 Issue 3, p 60-65
- (55) Ives AR., Kareiva P, Perry R, 1993, Response of a predator to variation in density at 3 hierarchical scales- Lady beetles feeding on aphids, *Ecology* 74 Issue 7, p 1929-1938
- (56) Elliott NC, Kieckhefer RW, Beck DA, 2002, Effect of aphids and the surrounding landscape on the abundance of Coccinellidae in cornfields, *Biological Control* 20 Issue 3, p 214-220

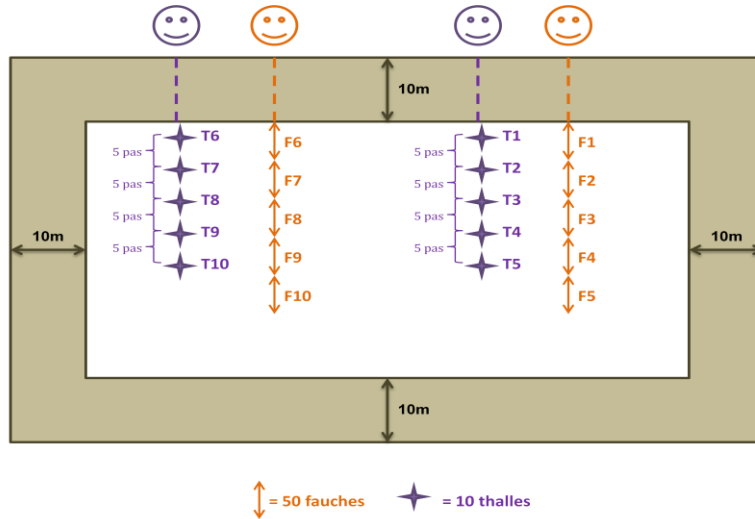
- (57) Gabriel D, Sait SM, Hodgson JA, Schmutz U, Kunin WE, Benton TG, 2010, Scale matters : the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales, *Ecology letters* 13, p 858-859
- (58) Meyer, B., Jauker, F. & Steffan-Dewenter, I. (2009). Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. *Basic Appl. Ecol.* 10, p 178–186
- (59) Rundlof M, Smith HG, 2006, The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context, *Journal of applied ecology* 43 Issue 6, p 1121-1127
- (60) Edwards CA, Sunderland KD, Geaorge KS, 1979, Studies on Polyphagous Predators of Cereal Aphids, *Journal of Applied Ecology* 16 No. 3, p 811-823
- (61) Dixon AFG, Hemptinne JL, Kindlmann P, 1997, Effectiveness of ladybirds as biological control agents: Patterns and processes, *Entomophaga* 42 Issue 1-2, p 71-83
- (62) Forbs SA, 1883, The food relations of the Carabidae and Coccinellidae, *Bull. Ill. St. Lab. Nat. Hist.* 1, p 33-64
- (63) Honek A, 1985, Activity and predation of *Coccinella septumpunctata* adults in the field (Col., Coccinellidae), *Z. Angew. Entomol.* 100, p 399-409
- (64) Musser FR, Nyrop JP, Shelton AM, 2004, Survey of predators and sampling method comparison in sweet corn, *Journal of Economic Entomology* 97, p 136-144

## Annexe I: Plans d'échantillonnage

- Pucerons:

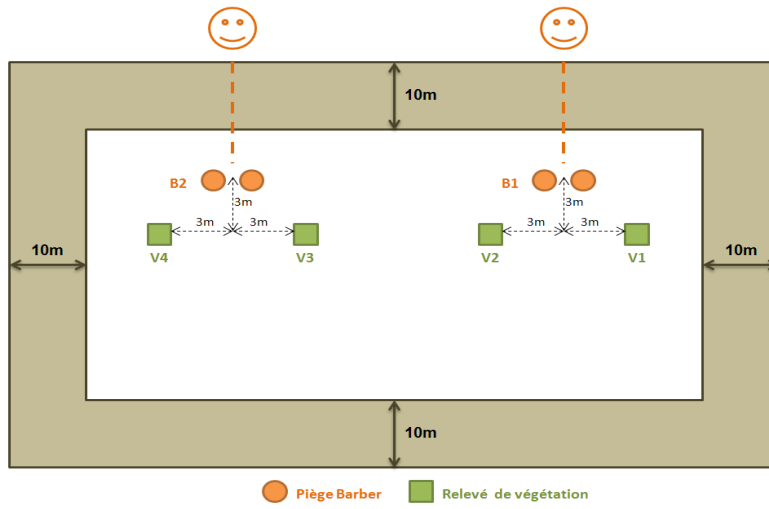


- Coccinelles:



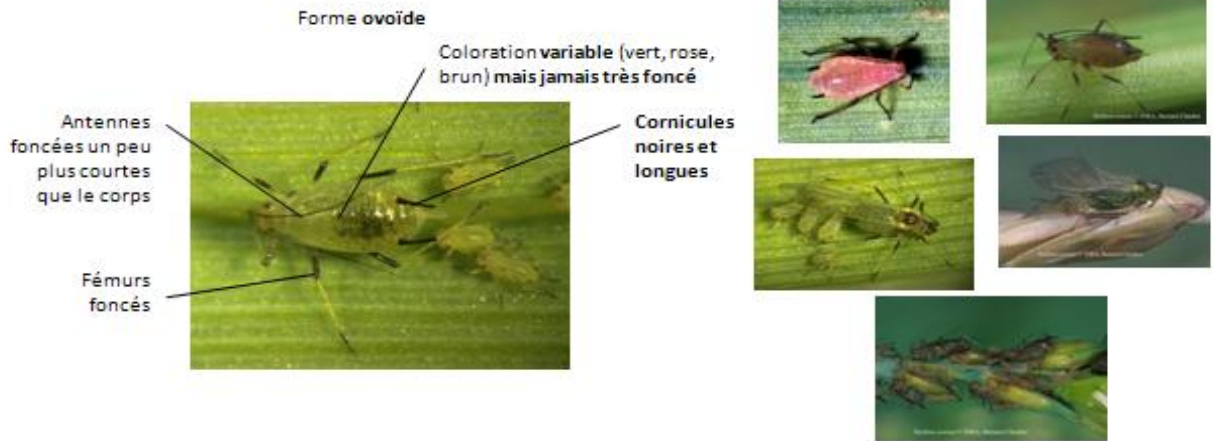


- Végétation :

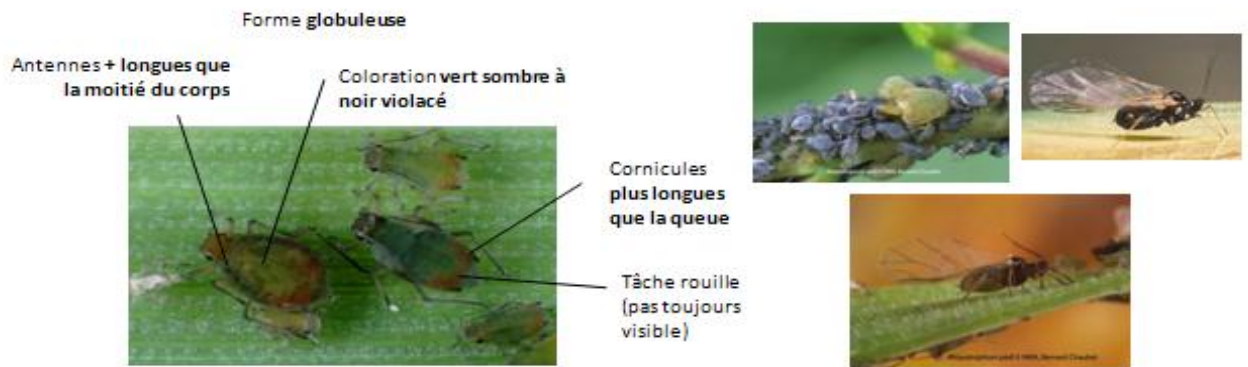


## Annexe II: Fiche d'identification des pucerons

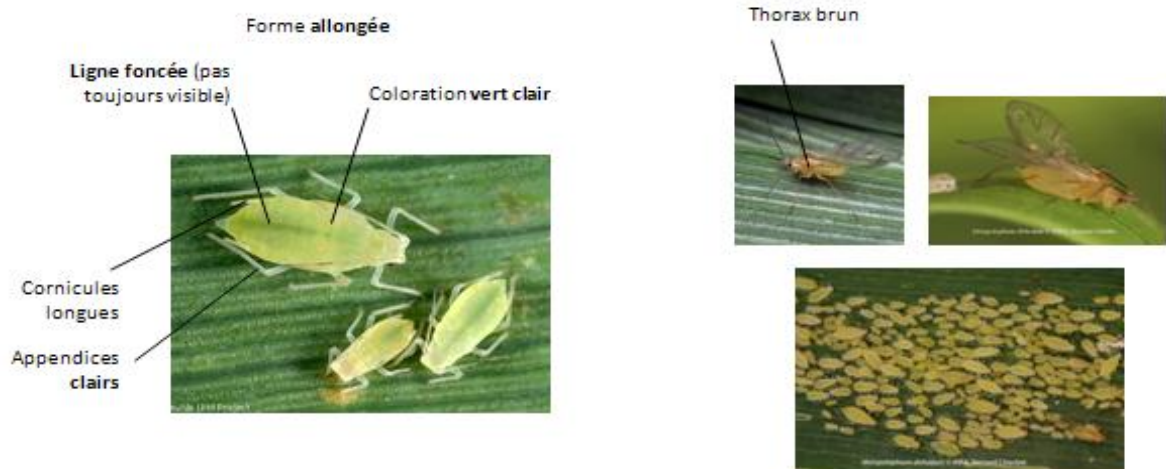
### *Sitobion avenae* (plutôt sur les épis)



### *Rhopalosiphum padi* (plutôt sur les feuilles basses)



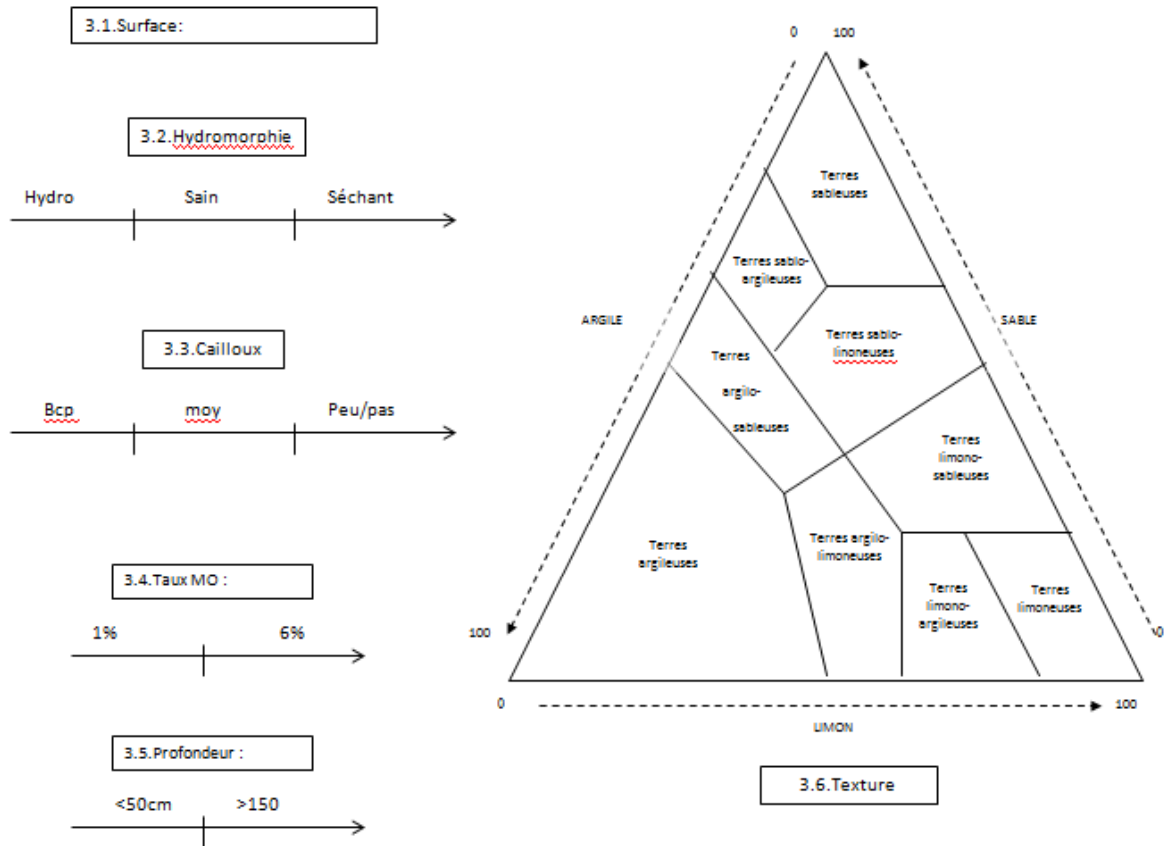
### *Metopolophium dirhodum* (plutôt sur les feuilles médianes)



## Annexe III: Questionnaire d'enquête

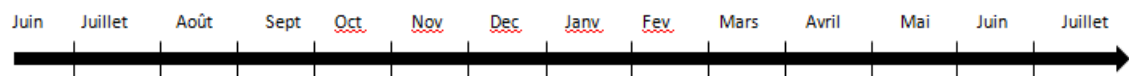
1. Informations générales sur l'exploitation		
SAU		
Engagements (bio, MAE..)		Contraintes
Date de conversion si bio		
Zonage (Natura 2000..)		Contraintes

### 3. Caractéristiques de la parcelle



## 4. ITK du blé

- 4.1.rotation:
- 4.2.Précédent: - nature:  
- insecticides-fongicides-herbicides O/N:  
- *date de récolte*
- 4.3.interculture: - culture intermédiaire O/N:  
- nature:  
- *date implantation/interventions/date+nature destruction*
- 4.4.travail du sol: *nature/date/matériel/profondeur*
- 4.5.semis: - variété:  
- traitement des semences:  
- densité (*/\*) unité – kg/Ha ou nb grains/m<sup>2</sup>):  
- *date*
- 4.6.fertilisation organique: *date/nature(SA)/quantité(/*\*) unité – KgN/Ha)*
- 4.7.fertilisation minérale: *date/nature(SA)/quantité(/*\*) unité – U/Ha)*
- 4.8.problèmes rencontrés: - adventices: - peu/moyen/bcp:  
- solution:  
- herbicides: *dates/nature(SA)/quantité*
- maladies: - peu/moyen/bcp:  
- solution:  
- fongicides: *dates/nature(SA)/quantité*
- ravageurs: - peu/moyen/bcp:  
- solution:  
- insecticides: *dates/nature(SA)/quantité*
- 4.9.régulateur: *date/nom/dose*
- 4.10.récolte: - *date*  
- rendement: - réalisé:  
- objectif:  
- moyen 5 ans:
- 4.11.événements exceptionnels (*/\*) verse):
- 4.12.entretien bordures: - généralement: chimique(SA)/mécanique/rien:  
- cette année: chimique(SA)/mécanique/rien:



## 5) Paysage

Confirmez-vous votre parcellaire (cf. carte)?

Y a-t-il d'autres parcelles AB dans le paysage (cf. carte)?

Connaissez-vous les agriculteurs qui possèdent les exploitations voisines (cf. carte)?

## Annexe IV : Contributions des variables pour l'AMF

	Dim.1	Dim.2	Dim.3
F0d_bcp	0.27784722	3.788648e-04	1.149703e+00
F0d_peu	0.16068074	6.242729e-01	8.215750e-02
F0d_rien	0.18452438	1.272629e-01	1.322538e-01
Hd_bcp	1.31089424	2.164518e-01	4.099441e-01
Hd_moy	0.35236613	7.555787e-01	6.595193e-01
Hd_peu	0.85074074	6.148239e-03	2.856692e-02
Hd_rien	2.32247035	9.352183e-02	8.861204e-04
Ht_bcp	1.53536267	4.095170e-02	3.357191e-01
Ht_peu	1.02072070	2.480001e-01	1.721370e-01
Ht_rien	2.32247035	9.352183e-02	8.861204e-04
Fd_bcp	0.17882018	1.770468e-01	8.295141e-02
Fd_moy	1.65585443	2.933114e-01	1.123267e-01
Fd_peu	0.75968720	4.322931e-01	1.501144e-03
Fd_rien	2.32247035	9.352183e-02	8.861204e-04
Ft_bcp	1.25796073	1.471712e-04	7.219691e-02
Ft_peu	1.08243109	1.792100e-01	4.117034e-02
Ft_rien	2.32247035	9.352183e-02	8.861204e-04
Rd_bcp	1.27159288	8.173618e-03	2.161908e-02
Rd_peu	0.41597050	1.447255e-02	2.857660e-01
Rd_rien	0.90735826	9.934084e-03	7.685215e-02
I_non	0.04047747	9.289170e-02	1.402460e-01

I_oui	0.49922212	1.145664e+00	1.729701e+00
FMd_bcp	1.46942455	4.734025e-03	8.344315e-01
FMd_peu	0.86798631	2.829662e-01	1.111457e+00
FMd_rien	2.32247035	9.352183e-02	8.861204e-04
FMT_bcp	1.94614349	5.392665e-02	4.873115e-01
FMT_peu	0.39897697	4.385171e-02	1.609449e+00
FMT_rien	2.32247035	9.352183e-02	8.861204e-04
autre	2.19228591	2.018603e+01	2.556063e+00
mais	1.31537155	1.211162e+01	1.533638e+00
TSt_bcp	6.98259363	5.438114e+00	1.119209e+00
TSt_moy	0.45234364	1.345441e+01	1.159783e+00
TSt_peu	9.72820679	2.277184e+00	4.228707e+00
LAB_non	0.88883378	7.233299e+00	1.386874e+01
LAB_oui	0.18854050	1.534336e+00	2.941853e+00
VAR_bcp	8.52217774	1.796621e-02	6.570167e-01
VAR_peu	6.29900094	1.327937e-02	4.856210e-01
DENS_bcp	6.57629411	1.226336e+00	7.173788e+00
DENS_moy	0.70383620	3.513228e+00	2.460469e+00
DENS_peu	1.35770362	1.100618e+01	1.195724e-01
ROTA_bcp	10.26986719	2.992447e+00	7.816750e+00
ROTA_moy	0.12984681	1.041826e+01	3.248765e+01
ROTA_peu	12.01323248	3.258520e+00	1.180884e+01

## **RESUME**

Les produits phytosanitaires utilisés en agriculture provoquent des dégâts sur l'environnement. L'agriculture biologique, n'utilisant pas d'intrants chimiques semble être une alternative prometteuse grâce à l'utilisation du contrôle biologique fourni par les auxiliaires pour éradiquer les ravageurs. Cependant, le fonctionnement de ce service écosystémique est encore mal compris, notamment en ce qui concerne son interaction avec les pratiques agricoles. L'objectif de cette étude est d'en étudier l'effet sur la distribution des insectes utiles (auxiliaires) à l'échelle de la parcelle et du paysage. Vingt parcelles biologiques et 20 parcelles conventionnelles, en blé, réparties par paires au sein de paysages distribués le long d'un gradient de surfaces en AB (6 à 37%) ont été sélectionnées. Dans chacune d'elles, les pucerons et les coccinelles ont été échantillonnées pendant 4 mois de printemps et les pratiques agricoles ont été connues par enquêtes. Les résultats montrent que les pratiques biologiques et conventionnelles sont très différentes, principalement en lien avec l'utilisation d'intrants, même si une diversité existe au sein de chaque type de production (ex : travail du sol). Cette dichotomie se traduit par une abondance de coccinelles plus forte en AB à l'échelle parcellaire. Ce résultat peut s'expliquer par un effet direct des pratiques (ex : effet létal des pesticides) et indirect (ex : microclimat favorable créé par les adventices). Il suggère un contrôle biologique plus efficace dans les parcelles biologiques que conventionnelles. Par contre, l'étude ne met en évidence aucun effet des pratiques dans le paysage environnant. Cependant, ces résultats ne restent valables que pour une espèce auxiliaire, un type de paysage et une année de relevés. C'est pourquoi les observations auxquelles j'ai participé ont été refaites en 2013 et ont également porté sur les carabes et les parasitoïdes que je n'ai pas pu analyser dans mon rapport.

311 mots

## **ABSTRACT**

The use of pesticides in agriculture is a major threat for the environment. Because organic farming does not use synthetic pesticides, it is a promising alternative in the use of biological control of pests by beneficial insects. But, the functions that deliver this ecosystem service are not fully understood, specifically concerning the role of farming practices. The objective of this work was to analyze the effects of organic farming on the distribution of beneficial. Twenty pairs of organic and conventional wheat fields distributed in landscape with 6 to 37% of organically farmed land were sampled. In each field, aphids and coccinellidae have been sampled during four month, in spring. Farming practices are known from farmers interview. The results show that beyond the differences between the two systems in terms of pesticide use, they both exhibit a high diversity of practices (e.g. tillage). The abundance of coccinellidae is higher in organic fields. This difference is explained by practices with a direct effect (pesticide use) but also via indirect effect of practices as the higher density in organic fields which provide a better microclimate. This suggests that biological control may be more efficient in organic versus conventional fields. In contrast, the study does not show any effect of the surrounding landscape. These results are only valid for a group of beneficial a given year. I participated to the 2013 sampling of coccinellidae and also carabidae and parasitoids. The latter two were sampled in 2012 but I did not have time to analyze the data.