



HAL
open science

Le rôle des pratiques agricoles sur le contrôle biologique du blé d'hiver dans les paysages du sud de Ille et Vilaine

Maëva Le Danvic

► **To cite this version:**

Maëva Le Danvic. Le rôle des pratiques agricoles sur le contrôle biologique du blé d'hiver dans les paysages du sud de Ille et Vilaine. 2012, 61 p. <hal-01210034>

HAL Id: hal-01210034

<https://hal.science/hal-01210034v1>

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.



HAL Authorization

**Ecole nationale des sciences agronomiques de Bordeaux
Aquitaine**

1, cours du Général de Gaulle – CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

MEMOIRE DE STAGE DE S8 DOMINANTE GIAP

DE BORDEAUX SCIENCES AGRO

**« L'EFFET DES PRATIQUES AGRICOLES ET DES STRUCTURES
PAYSAGERES SUR LES COMMUNAUTES D'AUXILIAIRES ET LE
SERVICE DE CONTRÔLE BIOLOGIQUE DES RAVAGEURS DANS LE
BLE D'HIVER »**



LE DANVIC, MAEVA

OPTION : Agroécologie et gestion des ressources

ETUDE REALISEE A : INRA-département SAD-Paysage à Rennes

- 2012 -

Ecole nationale des sciences agronomiques de Bordeaux Aquitaine

1, cours du Général de Gaulle – CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

MEMOIRE DE STAGE DE S8 DOMINANTE GIAP

DE BORDEAUX SCIENCES AGRO

**« L'EFFET DES PRATIQUES AGRICOLES ET DES STRUCTURES
PAYSAGERES SUR LES COMMUNAUTES D'AUXILIAIRES ET LE
SERVICE DE CONTRÔLE BIOLOGIQUE DES RAVAGEURS DANS LE
BLE D'HIVER »**

LE DANVIC, MAEVA

OPTION : Agroécologie et gestion des ressources

ETUDE REALISEE A : INRA-département SAD-Paysage à Rennes

PREFACE

Créé en 1946 dans le contexte de la reconstruction nationale d'après-guerre et du projet de modernisation de l'agriculture française, l'Inra a accompagné des filières alimentaires et des territoires avec l'objectif de répondre aux attentes exprimées par la société, notamment celle de la suffisance alimentaire de la nation. Les défis scientifiques et sociétaux sont aujourd'hui bien différents et ont une dimension mondiale : profondes évolutions de l'alimentation, érosion de la biodiversité, développement des maladies émergentes, progrès de la chimie verte... Aujourd'hui premier institut de recherche agronomique en Europe, deuxième dans le monde, l'Inra mène des recherches finalisées pour une alimentation saine et de qualité, pour une agriculture compétitive et durable, et pour un environnement préservé et valorisé. Il met son expertise au service de la décision publique.

L'unité de recherche INRA SAD-Paysage de Rennes (Sciences pour l'action et le développement) dirigée par Claudine Thénail développe des recherches sur les interactions entre activités agricoles, paysage et biodiversité, au niveau de territoires agricoles et ruraux. Ces recherches poursuivent deux enjeux finalisés, d'une part la durabilité des pratiques agricoles impliquées dans la gestion des ressources paysagères et de la biodiversité, d'autre part la préservation des fonctions écologiques et agricoles des paysages.

REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier Jacques Baudry et Camille Puech, mes maîtres de stage, pour leur confiance, leur disponibilité et leurs conseils précieux.

Je remercie également toute l'équipe du SAD-paysage qui m'a permis de « découvrir la recherche ». Merci pour votre accueil et votre gentillesse.

Merci en particulier aux stagiaires et aux doctorants qui ont égayé mes journées au bureau et sur le terrain. Margot, merci pour ta joie de vivre au quotidien et merci de m'avoir permis de te suivre sur tes enquêtes. Maxime et Camille, je me souviendrais longtemps de cette saison de terrain réalisée toujours avec une forte dose d'humidité mais surtout dans la bonne humeur.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont apporté leur aide et leur soutien au cours de ce stage.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
OBJECTIFS ET MISSIONS.....	6
MATERIELS, METHODES, ZONE D'ETUDE	8
1. Choix de la zone d'étude.....	8
1.1 <u>Délimitation de la zone d'étude</u>	8
1.2 <u>Caractérisation de l'occupation du sol</u>	8
1.3 <u>Sélection des paysages et des parcelles</u>	9
2. Méthodes de piégeage des auxiliaires et de comptage des ravageurs de cultures ..	10
2.1 <u>Les carabes</u>	10
2.5 <u>Les coccinelles</u>	12
2.3 <u>Les parasitoïdes</u>	13
2.4 <u>Les pucerons</u>	13
2.5 <u>La végétation</u>	15
3. Analyse statistique des données	15
4. Travail d'enquêtes auprès d'agriculteurs du Sud de l'Ille et Vilaine	16
4.1 <u>Un questionnaire propre à l'itinéraire technique de la parcelle de blé</u>	17
4.2 <u>Un questionnaire sur les pratiques agricoles à l'échelle du paysage</u>	18
RESULTATS.....	19
1. Corrélations entre variables.....	19
2. Modèle 1 : facteurs influençant l'abondance des coccinelles.....	21
2.1 <u>Effet du recouvrement des adventices</u>	21
2.2 <u>Effets des autres variables</u>	22
3. Modèle 2 : facteurs influençant l'abondance de pucerons	25
DISCUSSION GENERALE	26
1. Effet des variables parcellaires sur l'abondance des coccinelles	26
2. Effet des variables paysagères sur l'abondance des coccinelles	28
3. Effets des variables parcellaires et paysagères sur l'abondance de pucerons.....	30
4. Limites et critiques de l'étude.....	31
CONCLUSION.....	33

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Répartition spatiale des espaces à dominantes agricoles (a) et évolution du nombre d'exploitation bio (b).....	1
Figure 2: Découpage raster des 9 carrés dans le Sud de l'Ille et Vilaine et caractérisation en 4088 paysages	9
Figure 3: Démarche de choix des paysages et des parcelles	10
Figure 4: Plan et méthode d'échantillonnage des carabes	11
Figure 5: Plan et méthode d'échantillonnage des coccinelles.....	12
Figure 6: Plan d'échantillonnage des pucerons et des momies.....	14
Figure 7: Photos des 3 espèces de pucerons retrouvés sur les blés d'hiver	14
Figure 8: Répartition de l'abondance totale des coccinelles (a) et des pucerons (b) par espèces (n=40).....	19
Figure 9 : Comparaison du pourcentage moyen d'adventices (+/- erreur standard) sur l'ensemble de la période d'échantillonnage en fonction du type de production	22
Figure 10: Comparaison des abondances moyennes (+ /- erreur standard) des coccinelles sur l'ensemble de la période d'échantillonnage en fonction du type de production	23
Figure 11: Relation entre les variables parcellaires et l'abondance de coccinelles	23
Figure 12 : Relation entre les composantes paysagères et l'abondance de coccinelles..	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractérisation des paysages sous Excel	9
Tableau 2: Corrélations (p value (a) et R^2 (b) entre les variables parcellaires.	20
Tableau 3 : Corrélations (p value (a) et R^2 (b)) entre les variables paysagères.....	20
Tableau 4 : Coefficients des analyses réalisées sur l'abondance de coccinelles par LM en fonction du pourcentage d'adventice.....	21
Tableau 5 : Coefficients des analyses réalisées sur l'abondance de coccinelles par LM en fonction des données parcellaire et des données paysagères.	22
Tableau 6 : Coefficients des analyses réalisées sur l'abondance de pucerons par MMI en fonction des variables paysagères et parcellaires.....	25

LISTE DES ABREVIATIONS

AB : Agriculture biologique

AC : Agriculture Conventionnelle

CIVAM : Centres d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture durable et le Milieu rural

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

COSTEL : Climat et Occupation du Sol par TELédétection

DIVA : Action publique Agriculture bioDIVERSité

GLM : Generalized Linear Model

HPE : (Agriculture à) Hautes Performances Environnementales

ILTER: International Long Term Ecological Research

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ITAB : Institut Technique de l'Agriculture biologique

ITK: Itinéraire technique

LM: Linear Model

LTER: Long Term Ecological Research

MEEDDAT: Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement de Territoire

MMI: Multi model Inference

MPG : Monopropylène Glycol

OGM : Organisme génétiquement modifié

PAC : Politique Agricole Commune

RPG : Registre parcellaire Graphique

SAD Paysage : Sciences pour l'Action et le Développement

SAU : Surface Agricole Utile

SIG : Système d'Information Géographique

INTRODUCTION

Les problèmes environnementaux actuels issus des modèles agricoles intensifs modernes conduisent à développer des mesures favorisant les systèmes dits moins intensifs (Nouvelle PAC 2013, agriculture à hautes performances environnementales...). En Europe, les zones agricoles représentent la majorité de l'espace (75% en Grande Bretagne, 60% en France). Plus particulièrement, de grandes régions du territoire français correspondent à des espaces à nette dominante agricole (fig.1(a)). Parmi l'ensemble des secteurs d'activités, l'agriculture entretient des interrelations étroites avec la biodiversité, dont elle peut bénéficier, qu'elle peut modifier, et qu'elle peut contribuer à maintenir (Le Roux *et al.*, 2008). La conservation de la biodiversité ne peut se faire sans protéger les 5% subsistant d'habitats naturels mais elle ne se fera pas non plus sans reconnaître la contribution du territoire agricole. Le plan Ecophyto 2018 visant à réduire l'utilisation d'engrais de synthèse est l'exemple français de cette prise de conscience, l'objectif étant de réduire 50% des pesticides d'ici à 2018. Derrière ces méthodes ce sont la santé humaine et environnementale qui sont visées (conservation de la biodiversité, production de services éco systémiques¹..). Un enjeu du travail de thèse dans lequel mon stage s'inscrit est notamment d'identifier des pratiques favorables au service de contrôle biologique, mobilisables pour l'agriculture à hautes performances environnementales (HPE). Ces travaux permettront également de disposer de références permettant la définition de méthodes d'évaluation du service de contrôle biologique dans les cultures de blé en fonction des pratiques.

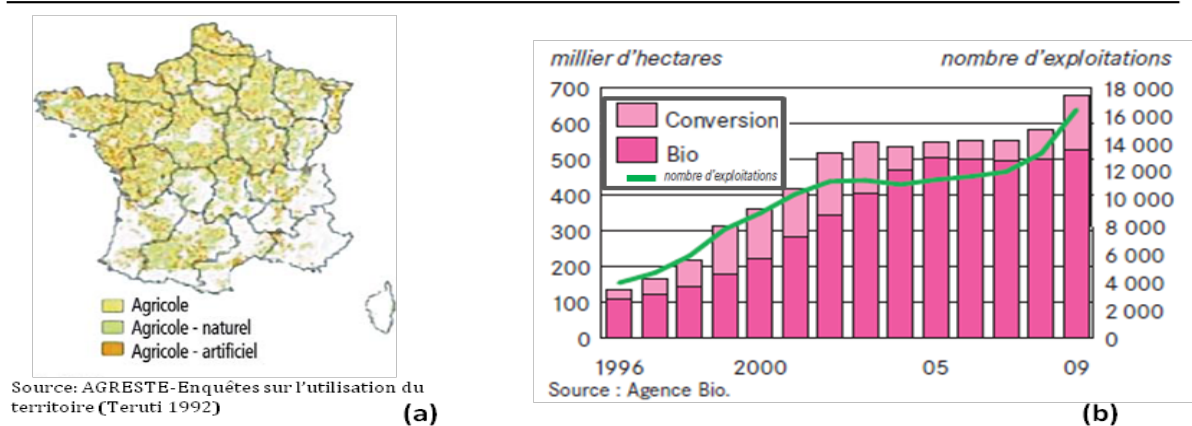


Figure 1: Répartition spatiale des espaces à dominantes agricoles (a) et évolution du nombre d'exploitation bio (b)

¹ Bénéfices que les humains retirent des écosystèmes (ex : pollinisation, régulation de la qualité de l'air, entretien des paysages...) Source : Millenium Ecosystem Assesment (MEA) (voir annexe 1)

Parmi les systèmes intéressants en termes de préservation de l'environnement on cite souvent l'agriculture biologique (AB) peu consommatrice de produits phytosanitaires. Elle se distingue de l'agriculture conventionnelle par sa non-utilisation de produits chimiques de synthèse et sa non-utilisation d'organisme génétiquement modifié (OGM). Elle est fondée sur le recyclage des matières organiques, la rotation des cultures et la lutte biologique dans le but de garantir une qualité attachée à un mode de production respectueux de l'environnement et du bien-être animal. On la considère comme très prometteuse en termes de conservation de la biodiversité (Bengtsson *et al.*, 2005 ; Hole *et al.*, 2005 ; Krauss *et al.*, 2011) et elle est d'ailleurs en hausse au niveau national (Fig.1(b)). Le développement d'instituts de communication et de recherche (Itab², Groupement d'agriculteurs bio, Civam³ bio..) dans ce domaine permet son expansion et sa compréhension. On note ainsi une hausse de 25% du nombre d'exploitations en Bio depuis 2001 en France (Agence bio). L'un des challenges de l'AB est la lutte contre les ravageurs. Ce contrôle peut être réalisé via l'optimisation des successions culturales et des rotations adaptées, un travail du sol adéquat, ou encore la lutte biologique par la conservation d'ennemis naturels (Lampkin., 2002 in Hole *et al.*, 2005 ; Pfiffner *et al.*, 2005 ; Zehnder *et al.*, 2007)

La biodiversité favorise les services éco systémiques fournis à l'agriculture (Kasperczyk *et al.*, 2006) tel que le contrôle biologique primordial en AB. Ces services rendus par la biodiversité étant indispensables au fonctionnement des agro-écosystèmes et au maintien de nos capacités de production agricole (Le Roux *et al.*, 2008 ; Millenium Ecosystem Assessement, 2001), il est primordial de les comprendre et de les préserver. Des études montrent que les systèmes biologiques en regard des systèmes conventionnels favorisent la biodiversité (richesse spécifique et abondance) dans la plupart des cas (Krebs *et al.*, 1999 ; Hole *et al.*, 2005 ; Bengtsson *et al.*, 2005 ; Krauss *et al.*, 2011). Les résultats sont cependant différents selon les espèces, les méthodes d'échantillonnages et l'échelle d'étude (Bengtsson *et al.* 2005, Gabriel *et al.* 2010). Quelques rares travaux (Östman *et al.*, 2003 ; Letourneau et Bothwell, 2008) ont évalué l'efficacité du contrôle biologique et montrent des dégâts similaires ou réduits sur les cultures AB par rapport à l'AC, suggérant que le contrôle biologique exercé compenserait la suppression des insecticides de synthèse en AB. Sur cette question, les résultats ne sont pas toujours confirmés (Macfadyen *et al.*, 2009), ce qui souligne

² Institut technique de l'agriculture biologique

³ Centres d'initiatives pour valoriser l'agriculture durable et le milieu rural

l'importance de mesurer l'efficacité du contrôle biologique pour l'évaluation des systèmes biologiques.

Le plus souvent les études s'intéressent à la généralisation de l'effet des systèmes biologiques (AB) sur la biodiversité en regard des systèmes dits conventionnels (AC) sans analyser directement les mécanismes et les facteurs impliqués tel que l'effet des pratiques culturales par exemple. En effet, cette approche dichotomique ne permet pas de savoir si les différences de biodiversité entre AB et AC sont dues à des combinaisons de pratiques culturales ou à une pratique en particulier (Hole *et al.*, 2005). Il a été montré que les populations d'invertébrés sont négativement influencées par l'application d'insecticides (Ewald et Aebischer, 1999 in Hole *et al.*, 2005 ; Bengtsson *et al.*, 2005) et l'application d'herbicides (diminution des ressources alimentaires végétales et modification du microclimat) (Andreasen *et al.*, 1996 in Hole *et al.*, 2005 ; Le Monnier et Livory, 2003). A contrario, des effets positifs sur ces populations sont à noter concernant le désherbage mécanique car il contribue à une plus grande abondance de la flore non agricole et soutient indirectement des densités plus élevées d'arthropodes (Krooss et Shaefer, 1998 in Hole *et al.*, 2005 ; Kromp *et al.*, 1999). De plus la présence de bordures de champs fournit des sites d'hivernage et de refuge lors de la période suivant la récolte (Gleuck et Ingrish, 1990 in Hole *et al.*, 2005 ; Frieben et Kopke, 1995). Cependant concernant la pratique du labour, les études sont contradictoires, certaines montrent un effet négatif du labour sur les communautés d'invertébrés (Stoate *et al.*, 2001 in Hole *et al.*, 2005) alors que d'autres montrent une abondance accrue de carabes dans les champs labourés (Baguette et Hance, 1997 in Hole *et al.*, 2005). Ceci souligne l'importance de prendre en compte les pratiques agricoles exercées sans lesquelles on ne peut pas dégager de leviers pour l'aide des exploitations du fait de l'impossibilité de trouver les relations de cause à effet entre les modes de productions et la biodiversité.

Introduite pour la première fois en 1939 par Troll, l'écologie du paysage se définit comme une branche de l'écologie qui étudie les causes et les conséquences écologiques des organisations spatiales définissables dans l'environnement (Turner *et al.*, 2001). Cette discipline fait appel à l'étude des systèmes complexes pour laquelle la pluridisciplinarité s'est avérée indispensable. Il a été nécessaire de prendre en compte l'espace de façon explicite, de reconnaître l'homme comme partie intégrante du système

écologique et de reconnaître l'hétérogénéité⁴ spatiale et temporelle des milieux étudiés (Burel et Baudry, 1999).

Dans notre contexte, il paraît indispensable d'étudier différentes échelles mais aussi de replacer l'exploitation et la parcelle dans leur paysage. En effet il a par exemple été montré que les différences de diversité entre les systèmes AB et AC dans des paysages hétérogènes sont moindres que dans des paysages homogènes (Bengtsson *et al.*, 2005). De plus, l'hétérogénéité du paysage favorise la biodiversité et le contrôle biologique (Östman *et al.*, 2001 ; Le Roux *et al.*, 2008) même si selon les espèces la perception de l'hétérogénéité des paysages est différente. Peu d'études prennent en compte le rôle de l'AB pour la biodiversité à l'échelle du paysage (Rundlof *et al.*, 2008 ; Gabriel *et al.*, 2010), toutefois elles montrent que la diversité spécifique en AB est favorisée par la présence de production AB dans l'environnement paysager. De plus, parmi les éléments semi naturels⁵, les bords de champs (bandes herbeuses ou haies arborées) jouent un rôle clé dans les agro-écosystèmes, en tant qu'habitat, refuge saisonnier, ou corridor pour de nombreuses espèces (Le Roux *et al.*, 2008). Les relations entre pratiques agricoles et biodiversité sont donc susceptibles de varier en fonction des éléments du paysage et du type de paysages. Il faut donc prendre en compte des paramètres tels que la mosaïque paysagère⁶ et l'arrangement spatial des pratiques agricoles au sein de groupe d'agriculteurs.

⁴ L'hétérogénéité du paysage a deux composantes : la diversité des éléments (taches) du paysage et la complexité de leurs relations spatiales. (Burel et Baudry 1999)

⁵ Cette notion comprend différents types d'éléments gérés du paysage et dont la fonction première n'est pas la production agricole. Ces éléments peuvent être linéaires tels que les bordures de champs, les bas-côtés de routes, les berges de cours d'eau, les haies ou les lisières de bois ou surfaciques tels que les boisements et les mares. (Grashof-Bokdam et Langevelde 2004)

⁶ Ensemble spatialement hétérogène de types d'éléments plus ou moins fragmentés ou connectés au sein d'un paysage. (Burel et Baudry 1999)

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des pratiques agricoles sur l'efficacité du contrôle biologique à l'échelle des paysages et des parcelles. A mon niveau je me chargerais d'évaluer les paramètres qui influencent le contrôle biologique exercé par les coccinelles à des échelles paysagères et parcellaires.

Les hypothèses suivantes sont testées:

- (i) l'agriculture biologique à l'échelle de la parcelle augmente l'abondance des auxiliaires, ce qui doit permettre un service de contrôle biologique plus efficace.
- (ii) la proportion des parcelles AB dans le paysage influence positivement l'abondance des coccinelles. Plus il y a de parcelles AB plus le service de contrôle biologique est efficace.

La première partie de ce rapport reprend brièvement les objectifs et les missions du stage. Ensuite sont présentés le matériel, la méthode et le site d'étude du projet, avec notamment les démarches de terrain et la mise au point du questionnaire d'enquête. La troisième partie présente les résultats disponibles à ce jour sur les coccinelles et les pucerons, qui se structurent selon 2 échelles d'approches : la parcelle et le paysage. Pour finir les résultats sont discutés et des améliorations sont proposées.

OBJECTIFS ET MISSIONS

L'unité de recherche SAD-Paysage de l'Inra de Rennes (Sciences pour l'action et le développement) développe des recherches sur les interactions entre activités agricoles, paysage et biodiversité. C'est dans ce cadre que s'inscrit mon stage dirigé par Camille Puech, doctorante dans l'unité depuis Novembre 2011 et Jacques Baudry, directeur de recherche et spécialiste de l'écologie du paysage. Il participe notamment au projet Action publique agriculture biodiversité (DIVA) mandaté par le Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire (MEEDDAT). Il est également le coordinateur scientifique de la zone atelier Armorique⁷ qui est un dispositif de recherche pour comprendre les relations entre environnement et société avec des études sur plusieurs années. Il est l'un des encadrant de la thèse de Camille Puech qui porte sur « Le rôle de la diversité et de l'organisation spatiale des pratiques en agriculture biologique et conventionnelle pour le contrôle biologique des ravageurs ». L'objectif de cette thèse est d'évaluer le rôle relatif des modes de conduite des cultures en AB et AC, et de leur environnement paysager pour le service de contrôle biologique, en considérant (i) l'impact de la diversité de l'ensemble des pratiques agricoles, et (ii) de l'organisation spatiale des différentes pratiques au sein du paysage. Les recherches sont centrées sur le blé d'hiver et sur des auxiliaires prédateurs (carabes, coccinelles) et parasitoïdes. C'est dans ce contexte que s'inscrit mon stage de 3 mois.

Pour ma part, sur le plan scientifique, l'objectif est d'évaluer les paramètres qui influencent le contrôle biologique exercé par les coccinelles. Aidée par Jacques Baudry et Camille Puech, j'ai participé à l'évaluation du service de contrôle biologique en (i) relevant l'étendue des dégâts causés aux cultures par comptage d'insectes ravageurs (pucerons), et (ii) en réalisant un suivi des communautés d'auxiliaires (coccinelles, parasitoïdes, carabes).

⁷ Dispositif de recherche pour comprendre les relations entre une société et son environnement. La ZA est membre du réseau « zones atelier » de l'Institut Écologie et Environnement du CNRS et des réseaux européens LTER-Europe et internationaux ILTER de sites de recherche à long terme en écologie. Ceci permet de mener des recherches en réseau aux niveaux national, européen et international. Créé en 1990, la ZA Armorique est située au nord-est du département d'Ille-et-Vilaine, au sud de la Baie du Mont-Saint-Michel (48° 36' N, 1° 32' W). Coordination scientifique: Jacques Baudry et Cendrine Mony. <http://osur.univ-rennes1.fr/zoneatelier-armorique/>

Dans un second temps, j'ai travaillé sur l'obtention des données concernant les modes de conduites du blé et les pratiques agricoles dans le paysage via des enquêtes auprès des agriculteurs concernés dans le but d'évaluer l'impact des pratiques sur l'efficacité du contrôle biologique.

Sur le plan personnel il s'agit aussi de découvrir le monde de la recherche appliquée à l'agriculture via l'institut national de la recherche agronomique (Inra). Le monde agricole de demain sera fait de plus en plus « d'agriculteurs-chercheurs » et dans mon projet de devenir agricultrice, c'est l'occasion d'appréhender la recherche et de maîtriser cet acteur. Autrement dit dans l'esprit de valoriser ma formation d'ingénieur agronome en vue de mon ambition professionnelle, je souhaite comprendre quel acteur est le chercheur pour l'agriculteur en me posant des questions sur la place de la recherche dans le monde de l'agriculteur. De plus, je porte un intérêt fort pour le contrôle biologique des cultures et la compréhension des mécanismes qui régissent nos paysages agricoles. Ce sont les raisons pour lesquelles j'ai choisi l'Inra SAD paysage de Rennes où les interactions entre écologie du paysage et agronomie y sont permanentes. La participation du SAD-paysage à la « zone atelier Armorique » et à des projets alliant biodiversité, paysage et agriculture (Landscaphids⁸, Diva) sont les exemples de son expérience.

⁸ Projet qui étudie l'influence du paysage sur les pucerons ravageurs des cultures et le potentiel de contrôle biologique - Application à l'ingénierie écologique pour la gestion des ravageurs. Responsable : Manuel Plantegenet (UMR IGGE, INRA)

1. Choix de la zone d'étude

La première étape réalisée par Camille (avant mon arrivée) fut le choix de la zone d'étude et des paysages. La méthodologie employée fut celle de Gabriel *et al.* (2010), qui avait identifié des paysages où les surfaces en AB variaient de 1 à 17%. Dans le cas de la thèse de Camille, 20 paysages de 1km² ont été sélectionnés en Ille et Vilaine sud dont les pourcentages de Bio varient de 6 à 37%. La démarche qui a été utilisée est la suivante :

1.1 Délimitation de la zone d'étude

Le choix des paysages s'est porté sur les paysages du Sud de l'Ille et Vilaine parce qu'il y a plus d'agriculteurs bio d'une part mais aussi pour limiter les déplacements lors des relevés hebdomadaires de terrain d'autre part. Afin de réaliser les analyses cartographiques, cette zone a dû être découpée en 9 carrés de 15x15 km² (fig. 2).

1.2 Caractérisation de l'occupation du sol

Les analyses cartographiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Chloé 1.3⁹. Les données concernant les éléments semi naturels (haies, routes, forêts) fournies par le laboratoire LETG Rennes-Costel¹⁰ et les données du Registre parcellaire graphique 2009 (RPG) ont été croisées pour obtenir l'occupation du sol sur l'ensemble de la zone d'étude (Démarche complète disponible en annexe 2). Grâce à une analyse réalisée à l'aide de Chloé, les pourcentages de chaque type d'occupation du sol ont été caractérisés dans 31481 paysages de 1km². Suite au traitement des données d'occupation du sol, Camille a pu choisir les proportions d'occupation du sol souhaitées (proportions de cultures, bâti, eau, haies...). Le tableau 1 ci-dessous résume les proportions choisies pour chaque type d'occupation du sol.

⁹ Chloé is a freeware of multi-scales analysis available under the CeCILL user licence and is based on the principle of counting invented by Bruce Milnes (American Naturalist). Chloé was developed by the research unit Sad_Paysage - INRA - Rennes in 2006.

Jacques Baudry : project initiator

Nicolas Schermann : user specifications director

Hugues Boussard : designer-developper

¹⁰ Laboratoire Climat et occupation du sol par télédétection

Ne souhaitant pas tester l'effet de la quantité d'éléments semi naturels (forêts, haies, prairies permanentes), les 20 paysages choisis en contiennent une quantité similaire.



Figure 2: Découpage raster des 9 carrés dans le Sud de l'Ille et Vilaine et caractérisation en 4088 paysages

Tableau 1: Caractérisation des paysages sous Excel

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

Avant d'arriver à cette combinaison finale de paysages, plusieurs tentatives ont été réalisées et des compromis ont du être faits pour obtenir un nombre final de possibilités permettant le choix des parcelles de blé. 4088 paysages (fig.2) étaient donc potentiellement échantillonnables parmi les 31481 de départ.

1.3 Sélection des paysages et des parcelles

Il s'en suit désormais une période de terrain où la doctorante se renseigne auprès des agriculteurs bio et conventionnels pour vérifier les données parcellaires récupérées (RPG, agence bio, scan 35...). Cette période de terrain a permis la sélection des 20 paysages de 1km² que l'on a échantillonné pendant les mois suivant (fig.3). Des entretiens avec les agriculteurs ont permis à Camille de sélectionner, avec leur accord, 20 parcelles bio et 20 parcelles conventionnelles. Les parcelles sont de tailles variables et toutes en Blé. Le choix du blé se justifie par le fait qu'il est largement répandu en Bretagne. Il couvre des surfaces variables suivant les paysages et sa conduite est intéressante notamment concernant la protection des cultures. En outre le blé d'hiver est supposé favorable aux auxiliaires de cultures.

Dans chacun des 20 paysages, 1 parcelle de blé biologique et 1 parcelle de blé conventionnel ont été sélectionnées. On retrouve alors quarante parcelles de Blé d'hiver pur sur des fermes de polyculture élevage du Sud de l'Ille et Vilaine, système le plus présent dans cette zone.

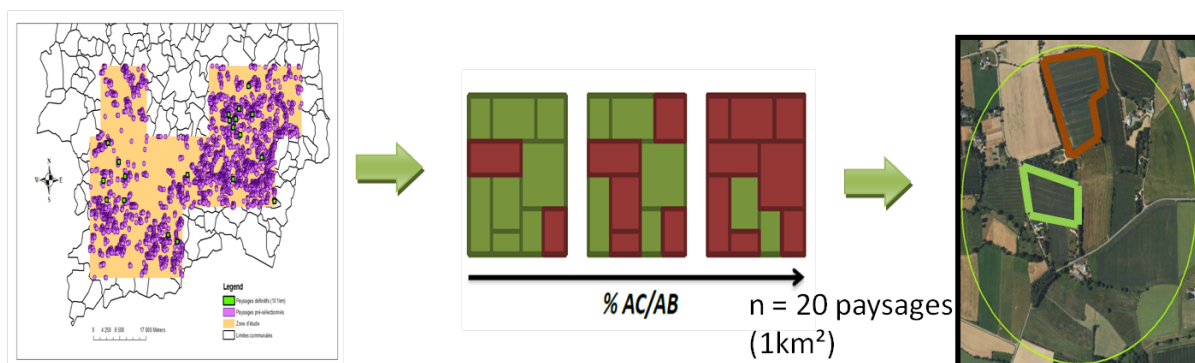


Figure 3: Démarche de choix des paysages et des parcelles

2. Méthodes de piégeage des auxiliaires et de comptage des ravageurs de cultures

Pendant ma première partie de stage, j'ai réalisé des observations et des piégeages d'auxiliaires dans le but d'évaluer l'efficacité du service de contrôle biologique dans les blés. Ces observations ont débuté dès le début de leur période d'activité (avril) jusqu'à la récolte des blés d'hiver (Mi-juillet) (Calendrier d'échantillonnage disponible en annexe 3). Les auxiliaires étudiés pour cette culture sont des prédateurs généralistes (carabes), des prédateurs spécialistes (coccinelles) et des parasitoïdes. Ces trois groupes ont été identifiés comme des auxiliaires clés pour la protection biologique des cultures, ils présentent des exigences écologiques et des mobilités contrastées. Ce sont notamment des ennemis des pucerons. Ce ravageur du blé est également étudié à l'aide de comptages. Ces quatre groupes font partie de la classe des insectes.

2.1 Les carabes

Les Carabidae sont des coléoptères généralistes réputés comme de bons auxiliaires des cultures. En effet, ils consomment des limaces, des vers de terres, des adventices voir même les graines de celles-ci (Lovei et Sunderland, 1996 ; Kromp, 1999). Ils participent donc au contrôle biologique des cultures et c'est dans cette optique qu'ils sont étudiés. Leur écologie est bien connue, ils sont réputés comme étant de bons

indicateurs des impacts des pratiques agricoles auxquels ils sont très sensibles (Kromp, 1999).

Dans chaque parcelle, les carabes sont piégés grâce à 2 stations de piégeage disposées à 10m de la bordure de champ (pour s'affranchir de l'effet bordure) (fig.4) et relevées toutes les deux semaines. A chaque station de piégeage, deux pots Barber (fig.4) sont enterrés à 40cm de distance entre eux. Le haut des pots affleure le sol, et une plaque de protection est placée sur chaque pot pour éviter l'ajout d'eau de pluie. Les emplacements des pots sont signalés par des piquets avec des rubans. Les pièges sont remplis de MPG¹¹ au 1/3 qui permet de tuer rapidement les individus et de les conserver. Lors de chaque relevé les individus sont transvasés dans des pots neufs et ramenés au labo. Les pots restants dans les parcelles sont vérifiés (remis à affleurement du sol) et remplis de MPG à nouveau. Les pots placés dans les parcelles restent ouverts en permanence, il n'y a pas de période de fermeture. Au labo les carabes récoltés sont triés pour faciliter l'identification et placés dans des piluliers avec de l'alcool pour les conserver. Le tri consiste simplement à séparer les divers (staphylins, araignées..) des carabes. Un contrat a été passé avec une personne extérieure pour l'identification des carabes. En tout 7 relevés ont été effectués sur l'ensemble de la période d'échantillonnage.

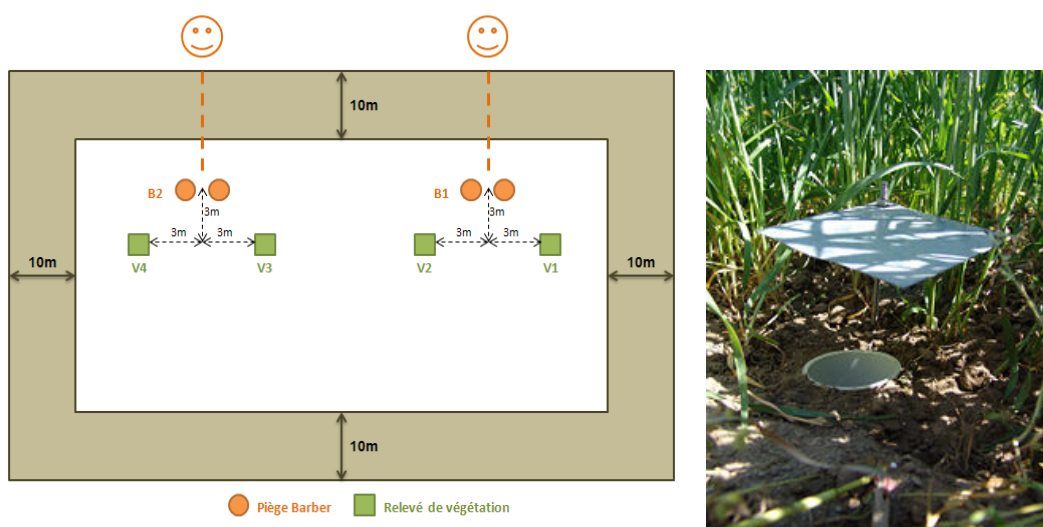


Figure 4: Plan et méthode d'échantillonnage des carabes

¹¹ MPG : Préparation de Monopropylène Glycol : Pour 20L on a 5L de MPG pur + 5L eau + 5L eau mélangé avec 1kg de sel + 5L eau.

2.5 Les coccinelles

Les Coccinellidae sont des coléoptères terrestres à élytres couvrant tout l'abdomen. Elles se répartissent en deux sous-familles : la première, celle des *Epilachninae* regroupe les quatre espèces phytophages. La seconde, celle des *Coccinellinae*, beaucoup plus importante, renferme toutes les espèces susceptibles de jouer un rôle dans la protection des plantes contre certains ravageurs. Elle comprend des espèces mycophages (8% des espèces) qui consomment les champignons de type mildiou ou oïdium, des prédateurs d'acariens et d'aleurodes (1%), des coccidiphages (10%) qui consomment les cochenilles et des aphidiphages (65%) qui s'alimentent de pucerons (Encyclop'aphid¹² Inra, 2009). Ces redoutables prédateurs sont capables de dévorer 200 pucerons par jour, ils sont reconnus comme des auxiliaires clés des cultures.

Sur le terrain, les coccinelles adultes sont récupérées à l'aide de filets fauchoirs dans les blés. Dans chaque parcelle, 10 séries de 50 fauches sont faites pour les adultes (fig.5). Une fauche est faite par pas et par seconde, un endroit n'est donc pas fauché deux fois. Au bout de 50 fauches on referme le filet et les individus sont récupérés dans un pilulier grâce à un aspirateur à bouche, sans les trier. D'autre part, les larves sont comptées sans distinguer les espèces dans 10 quadrats de 50cm² répartis sur deux transects (fig. 5). Au labo les adultes sont identifiés après avoir été placés au congélateur. Les relevés des coccinelles se font environ toutes les deux semaines (Fiche terrain complète en annexe 4). Au final, 4 relevés ont été réalisés.

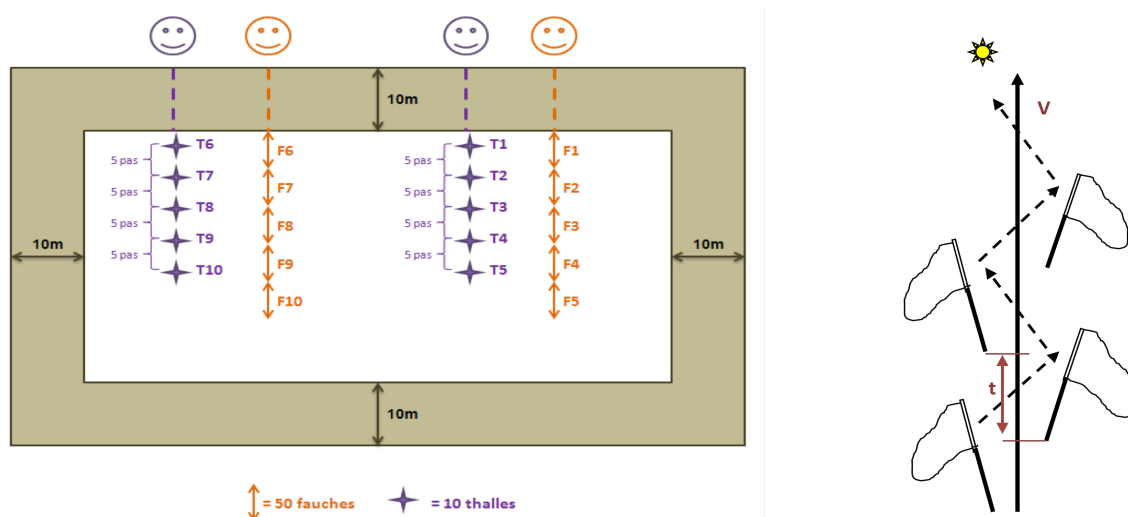


Figure 5: Plan et méthode d'échantillonnage des coccinelles

¹² Proposée par l'équipe Ecologie et Génétique des Insectes de l'UMR IGEPP du centre INRA de Rennes, Encyclop'Aphid est l'encyclopédie des pucerons. <https://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons>

2.3 Les parasitoïdes

Les parasitoïdes se développent au dépend des pucerons adultes. La femelle pond un œuf dans le corps du puceron et le développement de la larve s'y déroule. Le puceron parasité est alors appelé momie. Le parasite adulte quitte la momie par un trou de sortie. (Cycle disponible en annexe 5). Les parasitoïdes de pucerons se répartissent en deux catégories : les parasitoïdes primaires et les hyper-parasitoïdes (parasitoïdes secondaires). Ils appartiennent majoritairement à l'ordre des Hyménoptères, une seule espèce de Diptères (genre *Endaphis*) étant connue comme parasitoïde de pucerons. Plusieurs espèces sont commercialisées pour la lutte biologique. Les Hyménoptères comptent deux familles parasitoïdes de pucerons : les Aphelinidae (2 genres) et les Braconidae (27 genres de la sous famille des Aphidiinae). (Source : Encyclop'aphid Inra, 2009)

L'activité des parasitoïdes est évaluée sur le terrain via la récolte des momies de pucerons (cycle disponible en annexe 5) qui témoignent de la reproduction des parasitoïdes. Dans chaque parcelle, les momies sont prélevées sur 10*10 talles réparties sur deux transects (fig.6). On découpe le morceau de feuille qui entoure chaque momie et il est mis dans un tube eppendorf (1 momie/eppendorf). Les tubes eppendorfs sont ensuite regroupés dans un pilulier. Au retour du terrain les momies sont placées individuellement dans des gélules (pour permettre une respiration et éviter le pourrissement) en attendant l'émergence. La détermination des espèces de parasitoïdes se fait sur les adultes qui émergent au labo sous 2 à 3 jours (15 à 20°C) pour les parasitoïdes et 15 jours pour les hyper-parasitoïdes. 3 relevés sont réalisés sur l'ensemble de l'échantillonnage.

2.4 Les pucerons

Ce sont des phytophages, ils possèdent un système buccal de type piqueur-suceur adapté à percer les parois végétales pour ingérer la sève dont ils se nourrissent (dégâts directs). Ils peuvent aussi transmettre des particules virales aux plantes (dégâts indirects avec le virus de la jaunisse nanisante sur les céréales par exemple), ce qui en fait des ravageurs majeurs des cultures. (Encyclop'aphid Inra, 2009 ; Tuepau-Ait Ighil *et al.*, 2011)

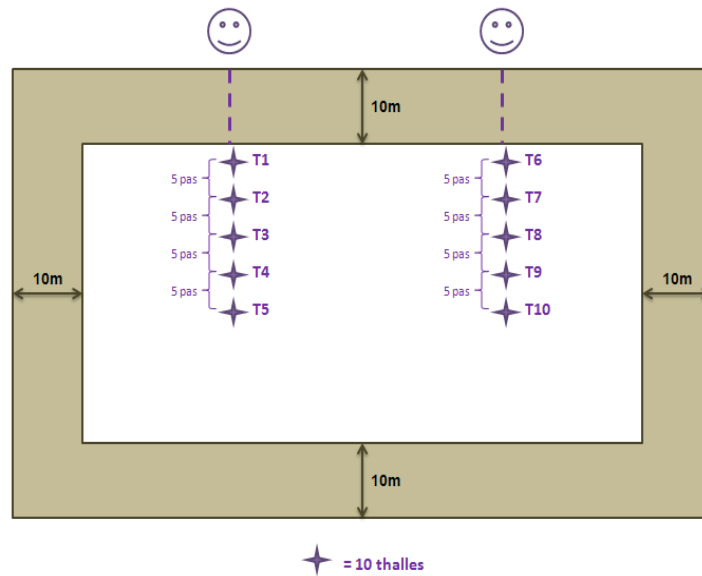
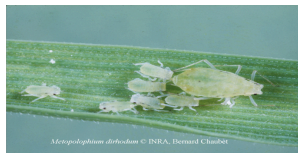


Figure 6: Plan d'échantillonnage des pucerons et des momies

Dans le but de connaître l'efficacité du contrôle biologique via les dégâts des ravageurs, les pucerons sont comptés sur le terrain trois fois dans la saison (Calendrier d'échantillonnage disponible en annexe 3). Les comptages sont réalisés sur 10*10 talles (fig.5). Il s'agit ici de dénombrer les pucerons en distinguant les différentes espèces (3 majoritaires) (fig.7), d'abord sans toucher les feuilles puis en les inspectant plus en profondeur (Fiche terrain complète en annexe 4).



Metopolophium dirhodum



Sitobion avenae



Rhopalosiphum padi

Figure 7: Photos des 3 espèces de pucerons retrouvés sur les blés d'hiver

2.5 La végétation

Toutes les deux semaines des relevés de la densité de la végétation (par l'indice de Braun-Blanquet¹³) et de la hauteur du blé sont également réalisés sur 4 quadrats de 50cm² (voir fig. 4). Une fois dans la saison la densité du blé est relevée (Fiche terrain complète en annexe 4).

Chaque semaine les relevés de terrain sont réalisés par une équipe de trois personnes sur deux jours consécutifs sauf en cas du comptage des pucerons où quatre personnes sont nécessaires pour une durée de trois jours environ. La courte durée des relevés permet d'avoir les mêmes conditions d'échantillonnage pour toutes les parcelles et ainsi d'éviter d'éventuels biais liés aux conditions météorologiques.

3. Analyse statistique des données

Seuls les résultats concernant les coccinelles et les pucerons sont présentés dans ce rapport étant donné que les autres ne sont pas disponibles au moment de la rédaction. Les analyses statistiques sont réalisées dans le but de déterminer les effets des conditions et du type de production à l'échelle parcellaire et à l'échelle paysagère sur l'abondance des coccinelles et des pucerons. Les variables parcellaires sont issues des relevés de végétation réalisés dans les parcelles : pourcentage d'adventices (adv), pourcentage de blé (ble), pourcentage de litière (lit), pourcentage de sol nu (sn), densité du blé (dens) et hauteur du blé (hauteur). L'abondance de pucerons constitue également une variable parcellaire. Les variables paysagères sont l'indice d'hétérogénéité (H), le pourcentage de surfaces en AB (PAB), le pourcentage de surfaces en AC (PAC), le pourcentage de haies (Phaies), le pourcentage de cultures (Pcul), le pourcentage de bâti (bâtiments+routes) (Pbat) et le pourcentage d'éléments semi naturels (haies + prairies permanentes + bois) (Pesn). L'indice d'hétérogénéité (H) a été calculé à l'aide du logiciel Chloé.

¹³ La méthode employée repose sur l'utilisation de l'échelle de Braun-Blanquet, qui prévoit d'attribuer un indice de 1 à 5. Cet indice ne tient pas compte du pourcentage de végétation de la zone. L'échelle de Braun-Blanquet repose sur les indices d'abondance et de recouvrement suivants : 1 : <10%, 2 : entre 10 et 25%, 3 : entre 25 et 50%, 4 : entre 50 et 75%, 5 : entre 75 et 100%.

L'hétérogénéité a été définie par J.Baudry et F.Burel (1982 et 1985) par une formule dérivée de celle de Shannon :

$$\text{Heterogeneity} = - \sum_{q=1}^{na} Pq \times \ln(Pq)$$

(« na » représentant le nombre de combinaisons et connexions entre les valeurs d'occupations du sol; « Pq » représentant la proportion du nombre de couples q.)

Les mesures de recouvrement (R) de la végétation réalisées avec l'indice de Braun-Blanquet ont été converties (CR%) pour les analyses à l'aide de la formule suivante (Baudière & Serve, 1975 in Meddour, 2011):

$$\text{CR\%} = (\sum \text{des R moyens} \times 100) / \text{nombre de relevés}$$

(où R moyen représente la moyenne des médianes de chaque classe).

Pour chaque parcelle, les abondances de coccinelles et de pucerons ont été sommées dans le temps et dans l'espace (coccinelles : 40 échantillons ; pucerons : 30 échantillons).

La normalité de chaque variable a été testée grâce à un test de Shapiro-Wilk. Les corrélations entre variables ont été testées à l'aide de tests de Spearman. Les réponses de l'abondance de coccinelles et de l'abondance de pucerons aux différentes variables ont été testées grâce à des modèles linéaires.

Pour chaque modèle linéaire, la méthode des MMI (MultiModel Inference) a été appliquée (Burnham & Anderson, 2002). Elle consiste à tester toutes les combinaisons de variables possibles au sein du modèle et à ne conserver que les meilleures. La significativité de chaque variable est par la suite calculée sur la base de ces meilleures combinaisons.

Tous les tests ont été réalisés sur le logiciel gratuit R version 2.15.1 (2012-06-22).

4. Travail d'enquêtes auprès d'agriculteurs du Sud de l'Ille et Vilaine

Dans un deuxième temps des enquêtes ont été réalisées auprès des agriculteurs AB et AC concernés. Il s'agit de relever l'ensemble des pratiques des agriculteurs sur le blé échantillonné, autrement dit c'est l'itinéraire technique (ITK) du blé qui est souhaité. On cherche à prendre en compte également l'ensemble des pratiques agricoles exercées

dans les paysages pour connaître l'effet de la diversité des pratiques agricoles et de leur organisation spatiale sur l'efficacité du contrôle biologique.

Avant de commencer directement les enquêtes de Camille sur les pratiques agricoles des blés je participe à d'autres enquêtes en guise de « formation ». Ces enquêtes sont menées par Margot Moulin (stagiaire M2 au SAD encadrée par C. Thénail) et portent sur l'évolution des territoires d'exploitation auprès des agriculteurs basé sur un questionnaire semi ouvert à propos des changements de territoire et de pratiques. Cette semaine d'enquêtes m'a permis d'aborder de manière plus sereine les enquêtes sur les pratiques que je devais réaliser.

Le questionnaire pour le relevé des pratiques se déroule en deux parties :

4.1 Un questionnaire propre à l'itinéraire technique de la parcelle de blé (questionnaire complet en annexe 6)

Préalablement aux questions sur l'itinéraire technique de blé, quelques informations sont demandées à l'agriculteur sur son exploitation (SAU, date du passage en Bio si AB..) et sur la qualité agronomique de la parcelle (texture, hydromorphie, cailloux, profondeur..). Ces questions préalables servent principalement pour la compréhension des données.

Le cœur de ce questionnaire est de répertorier précisément les pratiques culturales à l'échelle de la parcelle de blé échantillonnée dans un minimum de temps. Cette partie se veut pratique et efficace : elle ne représente sur papier qu'une feuille A3 avec une frise chronologique allant de Juin 2011 à Juillet 2012. Les données à collecter concernent le précédent, l'interculture¹⁴, le travail du sol, le semis, la fertilisation organique et/ou minérale, les traitements éventuels (herbicides, insecticides, fongicides), les régulateurs de croissance, la récolte ainsi que l'entretien des bordures. Le fait de placer toutes les réponses sur une même frise facilite l'établissement de liens entre les actions.

¹⁴ Période de temps entre deux cultures.

4.2 Un questionnaire sur les pratiques agricoles à l'échelle du paysage (questionnaire complet en annexe 6)

Cette deuxième partie porte sur l'organisation spatiale des pratiques dans le paysage. La difficulté de cette partie réside dans le fait qu'il faut relever l'ensemble des pratiques agricoles réalisées sur les paysages choisis par Camille (20 paysages de 1km²). Ceci implique d'enquêter un très grand nombre d'agriculteurs : en moyenne 6 agriculteurs par paysage (suivis compris) pour atteindre une surface renseignée de 80% du paysage, on monte à plus de 11 agriculteurs par paysage si on veut renseigner la totalité des pratiques du paysage. Au total pour couvrir au minimum 80% des pratiques des paysages 127 agriculteurs doivent être enquêtés.

Cette partie est réalisée en collaboration étroite avec Alexandre Joannon, agronome au SAD-paysage, et Stéphanie Aviron, écologue au SAD et co-encadrante de la thèse de Camille. La mise au point se fait de manière à ce que le questionnaire soit rapide (10 minutes maximum par occupation du sol) et le plus complet possible.

En grande partie, ces questions reposent sur le questionnaire d'enquête concernant l'ITK du blé présenté en première partie. Pour chaque occupation du sol, sont donc collectés des informations sur l'interculture, le travail du sol, la fertilisation, et les éventuels traitements. Ces informations sont sensiblement les mêmes que pour l'ITK du Blé cependant elles présentent l'avantage d'être beaucoup plus synthétiques.

RESULTATS

Au total, au cours de la saison d'échantillonnage, 548 coccinelles et 741 pucerons ont été récoltés. Seules les données concernant l'abondance sont présentées et discutées. En effet la richesse spécifique n'est pas étudiée en raison d'un trop faible nombre d'espèces. Seulement 7 espèces différentes de coccinelles sont retrouvées dont 3 espèces majoritaires (*Coccinella septempunctata*, *Propylea quatordecimpunctata* et *Tytthaspis sedecimpunctata*) représentant 98.3% de l'ensemble des individus (fig.8a). Aucune larves n'a été récoltée. Concernant les pucerons, on retrouve les 3 espèces majoritaires du blé (*Metopolophium dirhodum*, *Sitobion avena*, et *Rhopalosiphum padi*) (fig.8b).

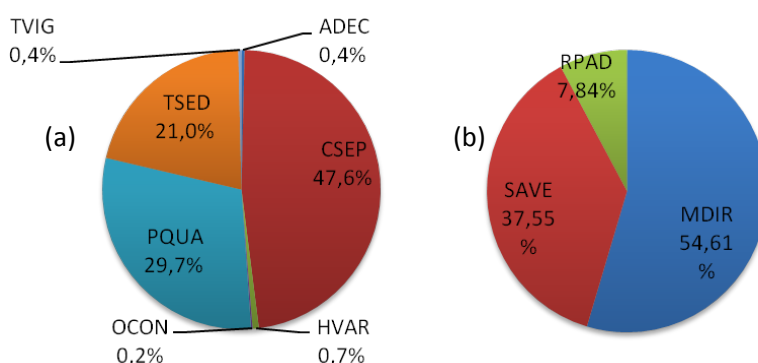


Figure 8: Répartition de l'abondance totale des coccinelles (a) et des pucerons (b) par espèces (n=40). TVIG, *Thea vigintiduopunctata*; ADEC, *Adalia decimpunctata*; CSEP, *Coccinella septempunctata*; HVAR, *Hippodamia variagata*; OCON, *Oenopia conglobata*; PQUA, *Propylea quatordecimpunctata*; TSED, *Tytthaspis sedecimpunctata*. MDIR, *Metopolophium dirhodum*; SAVE, *Sitobion avena* et RPAD, *Rhopalosiphum padi*.

1. Corrélations entre variables

Le test de Shapiro-Wilk a montré qu'aucune des variables ne suivait la normalité ($p < 0.05$). Le test de corrélation utilisé est donc le test de Spearman. Ce test nous renseigne sur les corrélations entre variables, le but étant de ne sélectionner que celles faiblement corrélées ($p > 0,05$) afin d'améliorer la qualité des modèles. Parmi les données parcellaires, seuls le pourcentage d'adventices (adv), l'abondance de pucerons (abp) et le type de production (ABAC) sont conservés. Concernant les données paysagères, seuls le pourcentage de cultures (Pcul), le pourcentage de haies (phaie) et le pourcentage de surfaces en agriculture biologique (Pab) sont conservés. Les coefficients de

détermination R^2 (tab. 2b et 3b) ont également été calculés pour confirmer les résultats des tests de Spearman. La quantité d'adventices est négativement corrélée avec les quantités de sol nu et de blé et positivement corrélée avec la hauteur du blé (tab. 2a). L'abondance de pucerons n'est corrélée à aucune variable. La quantité de litière n'a pas été conservée pour les analyses car elle est très rarement présente dans les relevés.

Pour les variables paysagères, le pourcentage de cultures est négativement corrélé au pourcentage d'éléments semi naturels, au pourcentage de bâti et à l'indice d'hétérogénéité. De son côté le pourcentage d'AB est négativement corrélé au pourcentage de production conventionnelle et à l'indice d'hétérogénéité (tab. 3a).

Tableau 2: Corrélations (p value (a) et R^2 (b) entre les variables parcellaires. (+), corrélation positive ; (-), corrélation négative.

<i>p</i> (Spearman)	hauteur	adv	dens	lit	sn	ble
(a) Adv	(+) 0,0001385					
dens	0,8064	(+) 0,001348				
lit	0,1186	0,2434	0,9706			
sn	(+) 5,13E-06	(-) 1,26E-11	0,06918	0,07537		
ble	0,4808	(-) 0,0001075	(+)0,002225	0,8168	0,178	
abp	0,4812	0,5617	0,7954	0,3709	0,4655	0,2358

R^2	hauteur	adv	dens	lit	sn	ble
(b) adv	0,1336					
dens	0,0041	0,28				
lit	0,0009	5,00E-05	0,002			
sn	0,3176	0,756	0,0981	0,0323		
ble	0,0213	0,4046	0,3559	0,0102	0,049	
abp	0,0125	0,0339	0,0082	0,0702	0,051	0,0202

Adv, adventices ; dens, densité de blé ; lit, litière ; sn, sol nu ; abp, abondance de pucerons

Tableau 3 : Corrélations (p value (a) et R^2 (b)) entre les variables paysagères. (+), corrélation positive ; (-), corrélation négative.

<i>p</i> (Spearman)	Pcul	H	Pesn	Pbat	Pab	Pac
(a) H	(-) 0,002431					
Pesn	(-) 0,0002786	(+) 0,006452				
Pbat	(-) 1,69E-05	0,5362	0,3096			
Pab	0,9486	(-) 0,03356	0,5177	0,1505		
Pac	(+) 1,10E-05	0,8756	(-) 0,01147	(-) 0,001083	(-) 0,0005305	
Phaie	0,2153	0,7397	0,06423	(-) 0,00581	0,5234	0,8176

R^2	Pcul	H	Pesn	Pbat	Pab	Pac
(b)	0,3345					
H	0,3345					
Pesn	0,7599	0,337				
Pbat	0,2825	0,0308	0,0023			
Pab	0,0005	0,07720	0,0266	0,0568		
Pac	0,5504	0,0628	0,3188	0,2876	0,1961	
Phaie	0,025	5,00E-05	7,00E-06	0,1071	0,026	0,0044

Pcul, pourcentage de culture ; H, indice d'hétérogénéité¹⁵ ; Pesn, Pourcentage d'éléments semi naturels, Pbat, pourcentage de bati ; Pab, pourcentage AB ; Pac, pourcentage AC ; Phaie, pourcentage de haie.

Tous les modèles réalisés par la suite sont des modèles linéaires. En effet, les résidus de chaque modèle réalisé suivent une loi normale (test de Shapiro-Wilk).

2. Modèle 1 : facteurs influençant l'abondance des coccinelles

2.1 Effet du recouvrement des adventices

La quantité d'adventices étant fortement dépendante du type de production (fig 9. $p < 2e-16$), l'effet de cette variable a été analysé indépendamment des autres afin de ne pas altérer la qualité du modèle. Un modèle linéaire (LM) a donc été réalisé afin de tester l'effet du pourcentage d'adventices sur l'abondance des coccinelles ($lm(abc \sim adv)$). Il montre que les coccinelles sont significativement plus abondantes dans les parcelles où il y a d'avantage d'adventices ($p=0.0031$) (tab.4).

Tableau 4 : Coefficients des analyses réalisées sur l'abondance de coccinelles par LM en fonction du pourcentage d'adventice.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	8,51491	2,26217	3,764	0,000565	***
adv	0,27362	0,08663	3,158	+0,003106	**

Cependant, cet effet n'est pas présent au sein des parcelles AB, ni au sein des parcelles AC. (fig.11b).

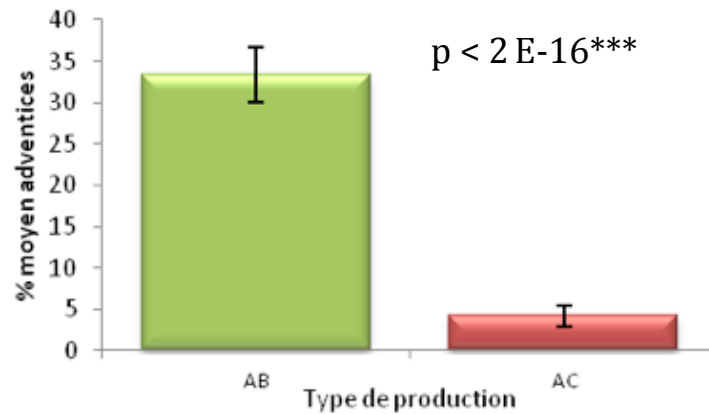


Figure 9 : Comparaison du pourcentage moyen d'adventices (+/- erreur standard) sur l'ensemble de la période d'échantillonnage en fonction du type de production (*Biologique ; Conventionnel*)

2.2 Effets des autres variables

Le modèle réalisé est le suivant :

$$m1 = \text{lm}(abc \sim ABAC + abp + Pcul + Pab + Phaie + abp:ABAC + Pab:ABAC + Phaie:ABAC)$$

En plus des variables, 3 interactions ont été testées, notamment pour vérifier l'existence d'un lien entre les variables parcellaires et paysagères. A l'échelle parcellaire, ces analyses statistiques ne montrent une influence significative que du type de production sur l'abondance de coccinelles ($p=0,0020$; tab.5). Les coccinelles sont plus nombreuses dans les parcelles AB que dans les parcelles AC. (fig.10). L'abondance de coccinelles ne dépend pas de l'abondance de pucerons ni de l'interaction entre l'abondance de pucerons ($p=0,793$) et le type de production ($p=0,904$) (fig.11 (c) et (d)).

Tableau 5 : Coefficients des analyses réalisées sur l'abondance de coccinelles par LM en fonction des données parcellaire et des données paysagères.

	Estimate	Std, Error	Adjusted SE	z value	Pr (> z)	
(Intercept)	12,44766	7,81159	8,05888	1,545	0,12245	
ABACAC	-11,98455	3,76389	3,88434	3,085	0,00203	**
Phaie	8,8761	3,96707	4,10024	2,165	0,0304	*
ABACAC:Phaie	-3,34173	7,30193	7,55575	0,442	0,65829	
abp	-0,0298	0,10968	0,11349	0,263	0,79289	
Pab	0,02083	0,16644	0,17223	0,121	0,90375	
Pcul	0,01087	0,20651	0,21369	0,051	0,95943	

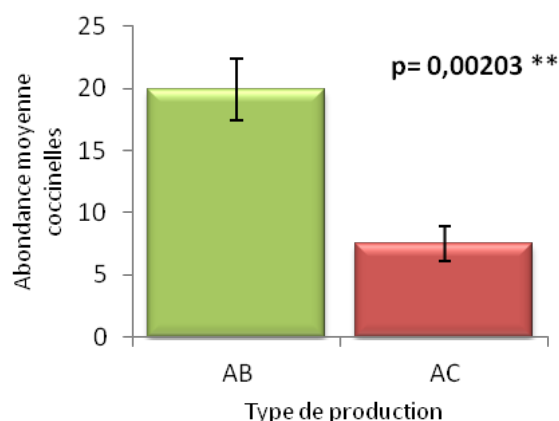


Figure 10: Comparaison des abondances moyennes (+ /- erreur standard) des coccinelles sur l'ensemble de la période d'échantillonnage en fonction du type de production (*Biologique ; Conventionnel*).

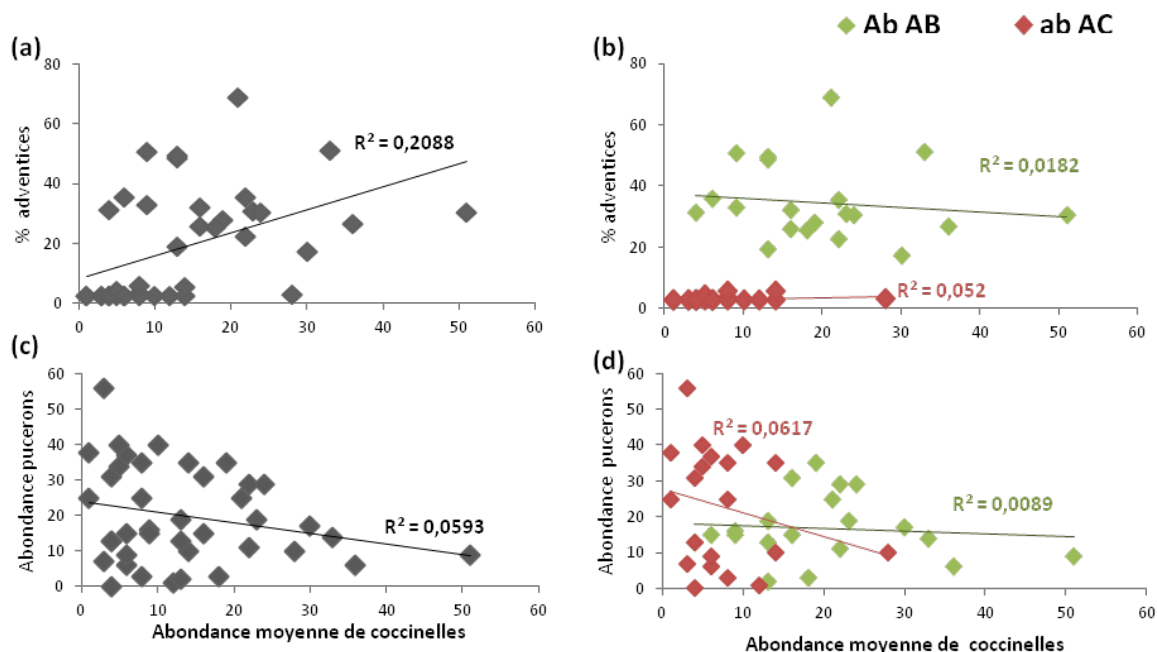


Figure 11: Relation entre les variables parcellaires et l'abondance de coccinelles (Ab AB : Abondance des coccinelles en agriculture biologique vs. Ab AC : Abondance des coccinelles en agriculture conventionnelle). Nombre d'individus par parcelle ($n=40$) en fonction du pourcentage d'adventices (a)(b) et de l'abondance de pucerons (c)(d).

Le modèle montre que les coccinelles sont plus abondantes dans les paysages où il y a d'avantage de haies ($p=0.0304$, tab.5, fig. 12a). En revanche on n'observe pas d'effet significatif du pourcentage de cultures dans le paysage ($p=0.9594$, tab.5, fig. 12b) ni du pourcentage d'agriculture biologique ($p=0.9038$, tab.5, fig. 12c). L'abondance de coccinelles ne dépend pas non plus des interactions entre le type de production et les variables paysagères ($p=0.6583$, tab 5).

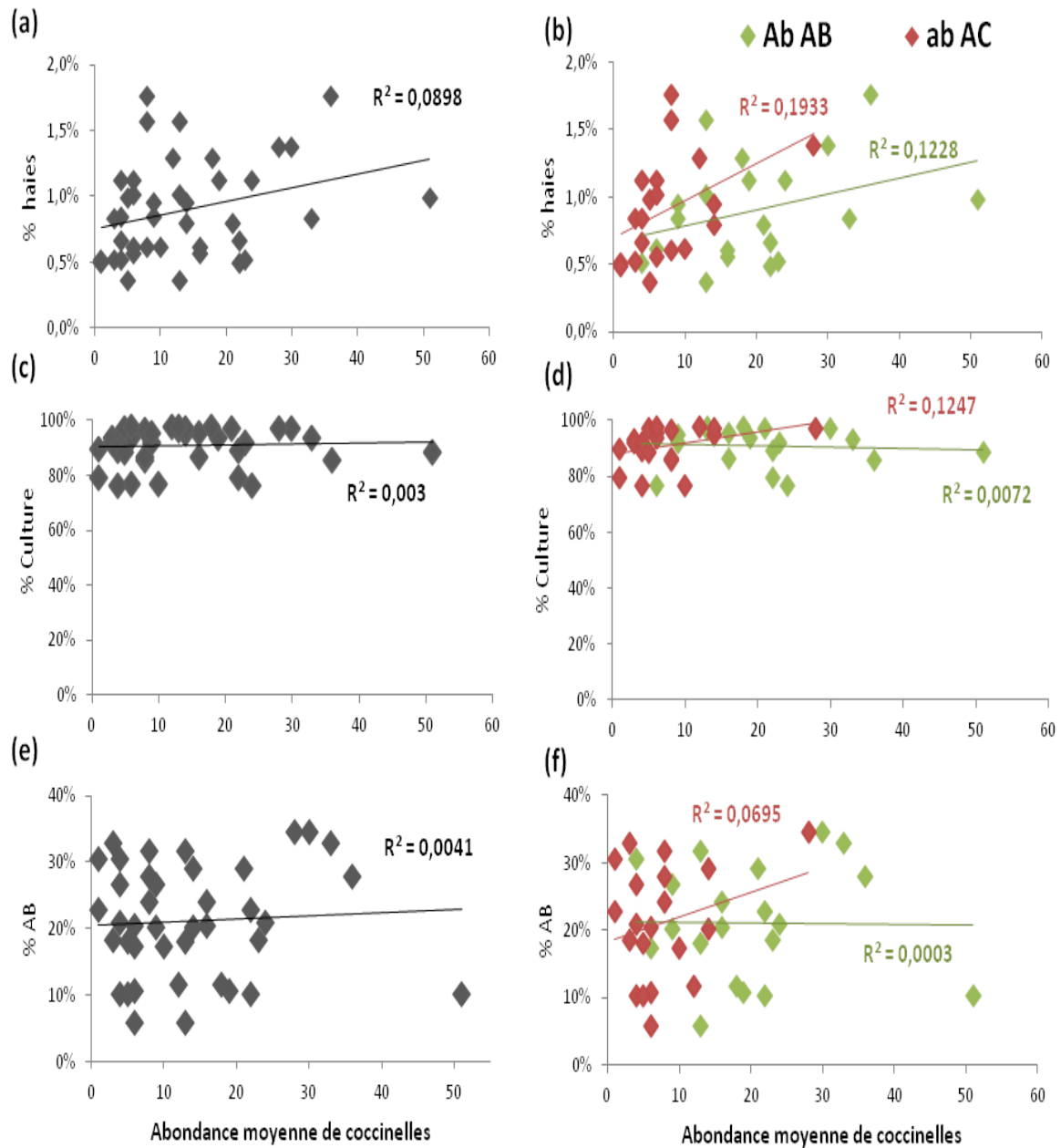


Figure 12 : Relation entre les composantes paysagères et l'abondance de coccinelles (Ab AB : Abondance des coccinelles en agriculture biologique vs. Ab AC : Abondance des coccinelles en agriculture conventionnelle). Nombre d'individus par parcelle $n=40$ en fonction du pourcentage de haies (a)(b) ; du pourcentage de culture (c)(d) et du pourcentage d'agriculture biologique (e)(f).

3. Modèle 2 : facteurs influençant l'abondance de pucerons

On procède de la même façon que pour le modèle des coccinelles. Le modèle réalisé est le suivant :

$$M2=lm(abp\sim ABAC+abc+Pcul+Pab+Phaie+abc:ABAC+Pab:ABAC+Phaie:ABAC)$$

Les analyses réalisées par MMI de l'effet des variables paysagères et parcellaires sur l'abondance de pucerons ne montrent pas d'effets significatifs ($p>0.05$; tab.6).

Tableau 6 : Coefficients des analyses réalisées sur l'abondance de pucerons par MMI en fonction des variables paysagères et parcellaires.

	Estimate	Std. Error	Adjusted SE	z value	Pr(> z)
(Intercept)	36.61457	24.38642	24.82197	1.475	0.140
Phaie	-8.36752	6.30786	6.50055	1.287	0.198
ABACAC	7.47677	7.29911	7.46531	1.002	0.317
abc	-0.24152	0.21752	0.22428	1.077	0.282
Pcul	-0.39067	0.31364	0.32420	1.205	0.228
ABACAC:Phaie	-12.11844	10.91422	11.29745	1.073	0.283
Pab	-0.01442	0.25772	0.26637	0.054	0.957

1. Effet des variables parcellaires sur l'abondance des coccinelles

A l'échelle parcellaire nos résultats montrent une abondance de coccinelles supérieure avec une production biologique comparativement à une production conventionnelle. Ces résultats confirment notre hypothèse d'un effet positif de l'agriculture biologique sur les coccinelles à l'échelle parcellaire. On peut expliquer nos observations de plusieurs façons.

D'une part, le type de production est fortement dépendant du pourcentage d'adventices de la parcelle puisqu' on a montré qu'une production biologique favorise la présence d'adventices. La relation positive liant le type de production à la présence de coccinelles est donc fortement expliquée par la présence d'adventices. La quantité d'adventices est elle même corrélée positivement avec de faibles quantités de blé, de sol nu et un blé plus haut. Ce résultat peut s'expliquer de deux façons. Cependant une autre explication est possible et complémentaire. Dans les parcelles, ravageurs et auxiliaires effectuent des déplacements dans le temps et dans l'espace. Ainsi on peut observer des allers retours dans la parcelle cultivée entre adventices et plantes cultivées (Chaubet, 1992). En règle générale on considère les adventices comme nuisibles à la production mais dans la mesure où elles ne dépassent pas un certain seuil de concurrence avec la culture, elles peuvent avoir des effets bénéfiques sur les insectes. Ainsi, il a été montré que l'abondance et la diversité des insectes sont plus importantes en zones enherbées qu'en zones désherbées (Ali et Reagan, 1985). De la même façon, des auteurs (Powell *et al.*, 1985) se sont intéressés aux effets de l'enherbement du blé d'hiver sur les prédateurs polyphages. Ils en concluent que la présence d'adventices crée un microclimat favorable à la ponte et au développement larvaire de ces espèces. Chez les coccinelles les œufs sont déposés au printemps à découvert sur les feuilles. L'éclosion ne demande que quelques jours mais elle est fortement influencée par la température. Par exemple chez *Coccinella septempunctata*, la larve naît au bout de 2 jours à 35°C et 10 jours par 15°C. De la même façon, le stade larvaire dure 35,5 jours par 15°C, 18,6 jours par 20°C et 8,7 jours par 25°C (Hodek, 1973). On peut donc supposer dans notre cas que

le microclimat créé par une forte présence d'adventices, peu de blé, peu de sol nu et des blés plus hauts favorise la présence de coccinelles. A l'inverse un microclimat caractérisé par une forte densité de blé et peu d'adventices n'est pas optimal pour le développement des communautés de coccinelles. De plus, les adventices des cultures fournissent une ressource alternative secondaire quand la ressource principale (pucerons) est faible (Hemptdine et Desprets, 1986 in Chaubet, 1992).

En conclusion, l'effet de l'environnement local semble donc jouer un rôle important sur la présence des coccinelles et hypothétiquement sur le contrôle biologique.

D'autre part, on peut expliquer l'abondance accrue de coccinelles en AB par le fait que l'agriculture biologique est très prometteuse en terme de conservation de la biodiversité en regard des systèmes conventionnels (Bengtsson *et al.*, 2005 ; Hole *et al.*, 2005 ; Krauss *et al.*, 2011). L'approche « AB vs AC » permet en partie d'expliquer l'effet positif de l'AB sur l'abondance de coccinelles. Ainsi des enquêtes réalisées en Bretagne sur la diversité des pratiques agricoles dans les blés d'hiver ont montré qu'il y avait un contraste important entre les exploitations biologiques et conventionnelles notamment sur l'utilisation des pesticides mais aussi sur le précédent, le travail du sol la date de semis, la date et la densité de semis (Laurens *et al.*, 2012). Par ailleurs, on sait que l'une des pratiques culturales qui a l'effet le plus négatif sur les coccinelles est l'application d'insecticides (Obrycki, et Kring, 1998). D'autres études ont montré que l'ensemble des invertébrés est négativement influencé par l'application d'insecticides (Ewald et Aebischer, 1999 in Hole *et al.*, 2005 ; Bengtsson *et al.*, 2005). Concernant les coccinelles, les insecticides peuvent avoir des effets directs (contact direct provoquant la mort) ou indirects (consommation de proies contaminées, diminution des ressources) sur les adultes et les larves (Obrycki et Kring, 1998). Les individus survivants peuvent aussi être directement affectés (diminution de la longévité et de la fécondité). Par conséquent, l'absence d'insecticides en AB explique certainement le gain considérable de coccinelles par rapport à l'AC.

De la même façon, l'application d'herbicides est une pratique qui affecte indirectement les communautés de coccinelles en modifiant le microclimat favorable au développement des larves conditionnées par la présence d'adventices (Obrycki et Kring, 1998). Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte les pratiques agricoles pour comprendre la répartition des coccinelles.

De plus, les résultats montrent que les coccinelles ne sont pas impactées par la quantité de pucerons ce qui est assez surprenant étant donné qu'ils constituent pour la plupart d'entre elles leur alimentation principale. Ceci peut s'expliquer de plusieurs façons. Tout d'abord, parmi les trois coccinelles majoritairement retrouvées, l'une d'elle n'est pas aphidiphage (consommatrice de pucerons). En effet, *Tytthaspis sedecimpunctata* (retrouvée à 21%) est une coccinelle principalement mycophage, pouvant s'alimenter également de pollen (Le Monnier et Livory, 2003). Son abondance pourrait donc expliquer en partie les résultats. D'autre part, peu de pucerons ont été observés dans les parcelles cette année en raison de mauvaises conditions climatiques auxquelles ils sont très dépendants (Lowe, 1966 ; Tomar, 2010). L'étude présentée ici ne permet donc pas de savoir ce qui se passe en cas d'une forte pression de pucerons.

2. Effet des variables paysagères sur l'abondance des coccinelles

Nos résultats ne montrent pas d'effet de la quantité d'AB dans le paysage environnant sur les coccinelles. Étant donné les corrélations négatives avec l'indice d'hétérogénéité ainsi qu'avec la quantité d'AC, il n'y a pas non plus d'effet sur ces variables. À l'inverse, les paysages présentant une plus forte quantité de haie influent positivement sur la présence de coccinelles. La quantité de haie dans le paysage est elle-même corrélée négativement à la quantité de bâti. Autrement dit, la présence de coccinelles est plus forte dans les paysages avec peu de bâti.

Concernant la proportion d'AB dans le paysage, nos observations vont à l'encontre de notre hypothèse d'un effet positif d'une forte proportion d'AB dans le paysage sur

l'abondance des coccinelles. Il a été montré que la diversité spécifique des insectes au sein des cultures en AB et en AC est favorisée par une surface importante de cultures en AB au sein du paysage environnant (Rundlof *et al.*, 2008; Gabriel *et al.*, 2010). Par extrapolation, on pouvait donc supposer que l'abondance des coccinelles serait augmentée par de fortes proportions en AB. Ces résultats contradictoires et le peu d'études abordant le rôle de l'AB à l'échelle du paysage nécessitent d'aller plus loin dans la compréhension de ces phénomènes et de ne pas s'arrêter à la simple dichotomie AB/AC. En effet, certaines pratiques ne sont pas exclusives aux systèmes AB : certains agriculteurs en AC peuvent par exemple ne pas traiter leurs cultures en raison d'un faible degré d'infestation par des ravageurs (Laurens *et al.*, 2012). De plus, certaines parcelles qui ont été mises dans la catégorie AC par défaut ne sont que très peu soumises à des pratiques conventionnelles (ex. prairies qui subissent peu d'interventions mais qui représentent une large partie du paysage agricole breton).

Concernant les haies, le résultat est surprenant étant donné que les paysages sélectionnés en présentent des surfaces similaires (allant de 0,37% à 1,76%). Malgré ces très faibles variations, on distingue tout de même un effet des haies sur les coccinelles ce qui montre qu'elles semblent jouer un rôle très important pour les coccinelles. Comme il a été dit précédemment, il existe des déplacements entre adventices et plantes cultivées mais on observe aussi dans l'agroécosystème des allers retours entre le champ cultivé et sa lisière (écotone et culture) (Chaubet, 1992). Dans nos travaux, on n'a pas uniquement quantifié les haies adjacentes aux parcelles mais toutes celles du paysage. D'une manière générale, il a par ailleurs été montré que les bords de champs (bandes herbeuses ou haies arborées) jouent un rôle clé dans les agroécosystèmes, en tant qu'habitat, refuge saisonnier, ou corridor pour de nombreuses espèces (Le Roux *et al.*, 2008) et particulièrement pour les coccinelles (Burgio *et al.*, 2004). Les déplacements des coccinelles peuvent s'expliquer par le fait que leurs milieux d'alimentation et d'hivernation diffèrent spatialement (Lemonnier et Livory, 2003). En effet, suivant le cycle propre à chaque espèce, elles effectuent des vols variables en distance, vers des sites d'hivernation situés pour la plupart hors culture (Ives, 1981 in Ferran *et al.*, 1991). Comme le souligne Savojskaya (1966) (in Chaubet, 1992) il existe 5 catégories de sites

d'hivernation : sous les écorces d'arbres, sous les pierres, en montagne dans les bosquets ou les touffes d'herbes, en plaine au pied des collines et dans la litière à la base des touffes d'herbes, dans la couche superficielle du sol. Dans nos travaux, on peut supposer que les coccinelles utilisent la haie comme refuge hivernal. De plus, les coccinelles aphidiphages trouvent aussi sur les végétaux une nourriture alternative nécessaire sous forme d'acides aminés et d'hydrates de carbone contenus dans le pollen (Altieri et Witcomb, 1979). Ces éléments présentent une grande importance pour l'alimentation des coccinelles au printemps (Hemphdine et Desprets, 1986 in Chaubet, 1992). L'effet des haies peut s'expliquer d'une part, par le fait que l'alimentation complémentaire fournie par les végétaux des haies a été plus importante qu'à l'habitude en raison de faibles quantités de pucerons. La présence de haies semble donc essentielle pour compléter le cycle des coccinelles aphidiphages ou leur apporter une nourriture complémentaire en particulier en cas de faibles ressources.

Un autre résultat important concerne l'hétérogénéité du paysage. Aucun effet de l'hétérogénéité du paysage n'a été montré sur la présence des coccinelles dans nos travaux. Il a été montré que les différences de diversité spécifique entre AB et AC sont plus marquées dans des paysages simplifiés, et moindres dans des paysages hétérogènes (Weibull *et al.*, 2000; Weibull *et al.*, 2003; Bengtsson *et al.*, 2005). D'après ces études on aurait pu s'attendre à un effet de l'hétérogénéité du paysage sur les coccinelles. On peut expliquer nos résultats par le fait qu'il y a probablement trop peu de variabilité d'hétérogénéité entre nos paysages vu que ce n'était pas la question de départ.

3. Effets des variables parcellaires et paysagères sur l'abondance de pucerons

Concernant les pucerons, aucune variable parcellaire et paysagère n'explique l'abondance des pucerons. Ces absences de corrélation s'expliquent probablement par le fait que les données sur les pucerons ne pas suffisantes pour obtenir des résultats cohérents en raison de mauvaises conditions climatiques.

4. Limites et critiques de l'étude

Une critique importante de ce protocole est qu'il ne présente que peu de répliques. Il est donc impossible de tirer des conclusions définitives et de généraliser les résultats. Pour améliorer ce point, l'utilisation de modèles statistiques (lme, lmer) permettant d'augmenter le nombre d'échantillons grâce à la pseudoréplication pourrait être envisagée. De plus, le suivi réalisé sur les mêmes parcelles et la même année mais pour d'autres auxiliaires de cultures (Carabes, parasitoïdes) permettra peut être de voir si les mêmes tendances en ressortent malgré que les résultats soient rarement les mêmes entre les groupes.

Par ailleurs, la fauche semble être une technique aléatoire qui ne permet pas d'échantillonner l'ensemble des coccinelles présentes sur le blé. Il a d'ailleurs été montré que le piégeage dépend de sa place dans la canopée du blé (Garcia-Colunga, 1996 in Garcia-Colunga *et al.*, 1997 ; Kieckhefer *et al.*, 1992). Par exemple *Adalia bipunctata* est très peu capturée dans les fauches par rapport aux pièges collants. En effet, le piégeage par fauche pourrait être complété avec des pièges gluants recommandés par Dean (1982), attrapant les insectes en vols. Les méthodes de piégeage sont donc à adapter en fonction des habitats et des espèces sans quoi des sous-estimations sont à noter (Obrycki et Kring, 1998). De la même façon, la méthode d'observation des larves ne semble pas adaptée puisqu'aucune larve n'a été observée à l'œil nu. Les seules larves observées (mais non comptabilisés) ont été capturées lors de fauches. Après avoir testé plusieurs méthodes, Lapchin *et al.*, (1987) estiment pourtant que la méthode visuelle approfondie peut s'appliquer aux études détaillées de dynamique des populations d'adultes et de quatrièmes stades larvaires de coccinelles. Il existe une méthode utilisée pour quantifier les larves de syrphes qui pourrait être appliquée aux coccinelles. Elle consiste en la coupe d'un nombre défini de plants de blé avec une quantification des larves en laboratoire (Lapchin *et al.*, 1987). Enfin, il existe la méthode de l'aspirateur où l'objectif est d'aspirer l'ensemble de la plante voir le sol pour collecter un maximum d'individus.

Par ailleurs, il est difficile de savoir si les différences de biodiversité entre AB et AC sont dues à des combinaisons de pratiques culturales ou à une pratique en particulier (Hole *et al.*, 2005). Ceci souligne donc l'importance de prendre en compte plus finement les pratiques agricoles exercées sans lesquelles on ne peut pas dégager de leviers pour l'aide des exploitations du fait de l'impossibilité de trouver les relations de cause à effet entre les modes de production et la biodiversité.

Enfin, , les conditions climatiques mauvaises de cette année à la fois lors de l'hiver (froid), et lors de l'été (pluvieux et peu ensoleillé) n'ont pas favorisé la présence des coccinelles et des pucerons, fortement dépendants des conditions climatiques (Lowe, 1966 ; Tomar, 2010). Les résultats de l'étude ne permettent donc pas de savoir ce qui se passe en cas d'une forte pression des pucerons. En terme d'évaluation du service de contrôle biologique, l'étude reste donc très limitée. La variabilité interannuelle nécessiterait donc des vérifications grâce à des études réalisées sur plusieurs années.

CONCLUSION

Bien que les conditions climatiques soient particulières et que le nombre total d'individus soit relativement faible, des résultats se dégagent. En effet les variables parcellaires, tels que le microclimat et le type de production fournissent des paramètres intéressants pour la compréhension des mécanismes qui régissent l'abondance de coccinelles à l'échelle de la parcelle. Cependant, dans le paysage seule la quantité de haies permet d'expliquer l'abondance de coccinelles. De plus, les résultats montrent que les coccinelles ne sont pas impactées par la quantité de pucerons ce qui ne permet pas d'évaluer l'efficacité du service de contrôle biologique. L'étude reste donc très limitée sur ce point.

Les critiques et les limites de cette étude résident principalement dans les méthodes utilisées. Dans l'objectif de fournir des clés de méthodes pour l'évaluation de l'efficacité du contrôle biologique, ces travaux nécessitent une poursuite. C'est dans le cadre de la thèse de Camille Puech que ces objectifs seront atteints. La thèse analysera, d'une part, le suivi réalisé lors de la même période d'échantillonnage d'autres auxiliaires de cultures (Carabes, parasitoïdes), ce qui permettra de comparer les données afin de voir si les mêmes tendances en ressortent. D'autre part, la thèse s'intéressera activement aux pratiques agricoles de l'ensemble des parcelles présentes dans les paysages à travers des enquêtes auprès des agriculteurs. Ces données permettront d'aller plus loin que la dichotomie classique AB/AC et de répondre aux questions concernant les phénomènes qui dirigent le contrôle biologique à l'échelle paysagère. Ces travaux pourront, dans une optique d'aide à l'action, fournir des clés à l'utilisation du contrôle biologique à travers une meilleure gestion de la biodiversité.

Bibliographie

Agence bio. (2011). L'agriculture biologique, chiffres clés - Edition 2011. La documentation française.

Ali, A.D. & Reagan, T.E. (1985). Vegetation manipulation impact on Predator and Prey populations in Louisiana sugarcane ecosystems. *J. econ. entomol.* **78**: 1409-1414.

Altieri M.A. & Whitcomb W.H. (1979). The potential use of weeds in the manipulation of beneficial insects. *Hortscience* **14**: 12-18.

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.

Burel, F. & Baudry, J. (1999) Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Tec & Doc éditions. 359p.

Burgio, G., Ferrari, R., Pozzati, M., *et al.* (2004). The role of ecological compensation areas on predator populations: an analysis on biodiversity and phenology of Coccinellidae (Coleoptera) on non-crop plants within hedgerows in Northern Italy. *Bulletin of Insectology* **57** (1): 1-10.

Burnham, K.P. & Anderson, D.R. (2002). Formal inference for more than one model : multi inference model (MMI) (chap. 4). In : *Model Selection and Multi-Model Inference: A Practical Information-Theoretic Approach* 2nd edition. pp 149-205.

Chaubet, B. (1992) Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. *Le courrier de la cellule l'environnement* **18**.

Colunga-Garcia, M., Gage, S.H., & Landis, D.A. (1997). Response of an assemblage of Coccinellidae (Coleoptera) to a diverse agricultural landscape. *Environ. Entomol.* **26**.

Dean, G.J. (1982). Phenology of aphidophagous predators. *Ann.Appl.Biol.* **101**: 182-184.

Ferran, A., Iperiti, L., & Rabasse, J.M. (1991). La localisation, le comportement et les relations "proie-prédateur" chez *Coccinella septempunctata* dans les champs de blé. *Entomophaga* **36** (2): 213-225.

Gabriel, D., Sait, S.M., Hodgson, J.A. *et al.*(2010). Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* **13**: 858-869.

Grashof-Bokdam, C. & Langevelde F., (2004). Green veining: landscape determinants of biodiversity in European agricultural landscapes, *Landscape ecology* **20**: 417-439.

- Hodek I., 1973. Biology of Coccinellidae. Dr W.Junk N.V. Publishers. La Haye.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D. *et al.* (2005). Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* **122**, 113-130.
- INRA, Ecologie et Génétique des Insectes de l'UMR IGEPP du centre INRA de Rennes. (2009). Encyclop'Aphid. [En ligne: <https://www4.inra.fr/encyclopedie-pucerons>](consulté le 26 Juillet 2012)
- Kasperczyk, N. & Karlheinz, K. (2006). Environmental impacts of organic farming (chap 12). In *Organic agriculture A global perspective*, pp259-282.
- Kieckhefer, R.W., Elliot, N.C, & Beek, A. (1992) Aphidophagous coccinellids in alfafa, small grains, and maize in eastern South Dakota. *Great Lakes Entomol.* **25**: 15-23.
- Krauss, J., Gallenberger, I., Steffan-Dewenter, I. (2011). Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. *Plos one* **6** : Issue 5, e19502.
- Krebs, J.R., Wilson, J.D., Bradbury, R. *et al.*(1999). The second silent spring? *Nature* **400**: 611-612.
- Kromp. B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **74**: 187-228.
- Lapchin, L., Ferran, A., Iperti, G. *et al.* (1987). Coccinellids and syrphids as predators of aphids in cereal crops: a comparison of sampling methods. *Can. Entomology* **119**: 815-822.
- Laurens, E., Puech, C., Baudry, J., *et al.* (2012). Conduite du Blé d'hiver en Bretagne: diversité des pratiques agricoles. *Brèves ZAA, INRA* **4**.
- Le Monnier, Y. & Livory, A. (2003). Atlas des coccinelles de la Manche. 206p. Editée par l'association Manche Nature.
- Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J. *et al.* (2008). Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France). *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*.
- Letourneau, D.K. & Bothwell, S.G. (2008). Comparison of organic and conventional farms: challenging ecologists to make biodiversity functional. *Frontiers in Ecology and the Environment* **6**: 430-438.
- Lovei, G.L. & Sunderland, K.D. (1996). Ecology and Behavior of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of entomology*. **41**: 231-256.

- Lowe, A. D. (1966). Some effects of weather on aphids in crops and pastures in Canterbury, New Zealand. *Proceedings of the new zealand ecological society* **13**: 86.
- Macfadyen, S., Gibson, R. Polaszek, A. *et al.* (2009). Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control? *Ecology Letters* **12**: 229-238.
- Obrycki, J. & Kring, T. (1998). Predaceous coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol* **43**:295-321
- Östman, O., Ekbom, B. & Bengtsson, J. (2001). Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic and applied ecology* **2**: 365-371.
- Powell W., Dean G.J. & Dewar A. (1985). The influence of weeds on polyphagous arthropode predators in winter wheat. *Crop Protection* **5(3)**: 298-312.
- Roger, J.L., Jambon, O. & Bouger, G. (2011) Clé de détermination des Carabides Paysages agricoles du Nord Ouest de la France.
- Rundlof, M., Bengtsson, J. & Smith, H.G. (2008). Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *Journal of Applied Ecology* **45**: 813-820.
- Tomar, S.P.S. (2010). Impact of weather parameters on aphid population in cotton. *Indian J. Agric. Res.*, **44 (2)** : 125 – 130.
- Tuepau-Ait Ighil, E., Dedryver, C.A., Chaubet, B. *et al.* (2011). Les pucerons des grandes cultures, cycles biologiques et activités de vol. Acta, editions Quae.
- Turner, M.G., Gardner, R.H. & O'Neill, R.V. (2001). Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern an process. Springer-Verlag (Eds), pp 2-3. New York, NY, USA.
- Weibull, A.C., Bengtsson, J. & Nohlgren, E. (2000). Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming systems and landscape heterogeneity. *Ecography* **23**: 743-750.
- Weibull, A.C., Östman, Ö. & Granqvist, A. (2003). Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* **12**: 1335-1355.
- Zehnder, G., Gurr, G.M. & Kühne, S. (2007). Arthropod pest management in organic crops. *Annual Review of Entomology* **52**: 57-80.

Ecole nationale des sciences agronomiques de Bordeaux Aquitaine

1, cours du Général de Gaulle – CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

MEMOIRE DE STAGE DE S8 DOMINANTE GIAP

DE BORDEAUX SCIENCES AGRO

ANNEXES

LE DANVIC, MAEVA

OPTION : Agroécologie et gestion des ressources

ETUDE REALISEE A : INRA-département SAD-Paysage à Rennes

TABLE DES ANNEXES

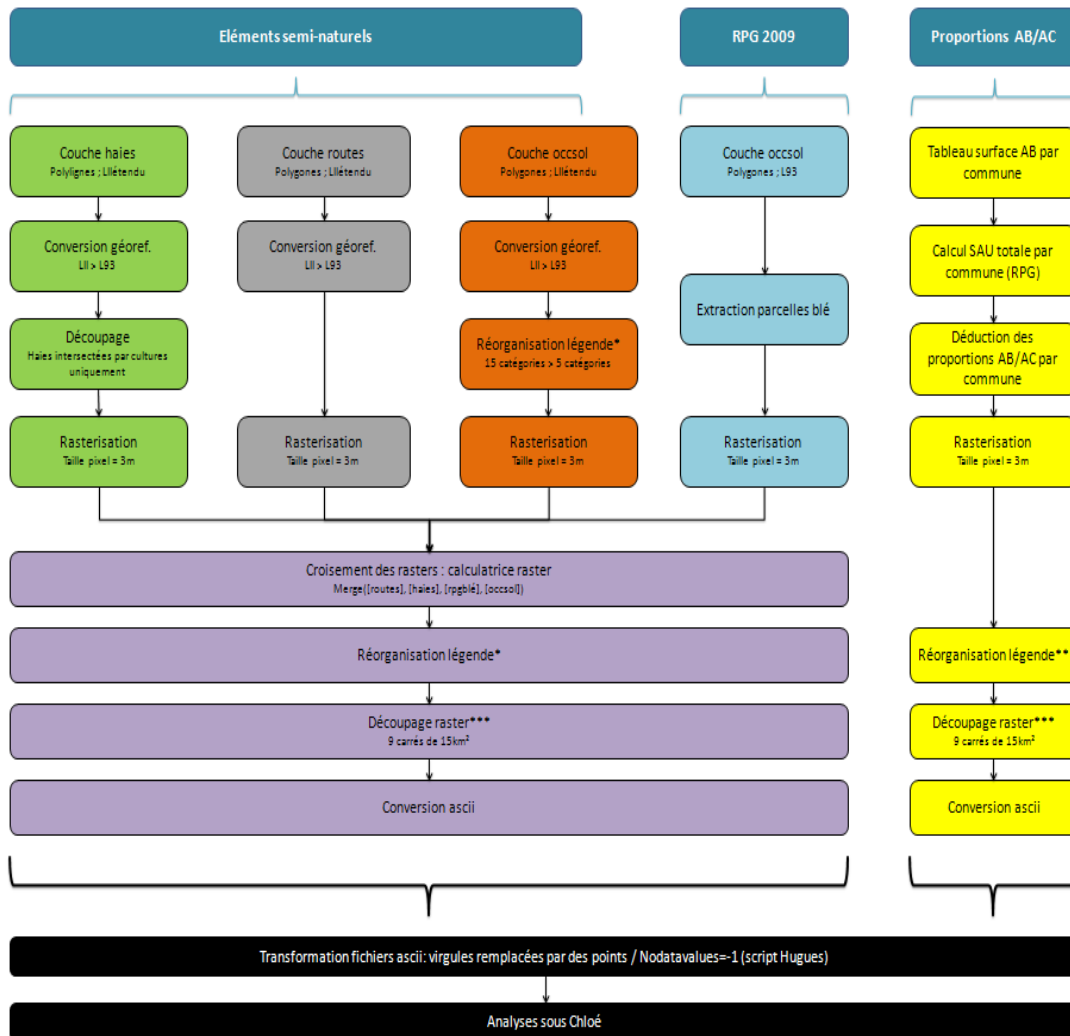
Annexe 1 - Les services des agro-écosystèmes et les fonctions et propriétés qui sous tendent ces services.....	39
Annexe 2 - Démarche conversion cartographie.....	40
Annexe 3 - Calendrier d'échantillonnage	41
Annexe 4 - Protocole d'observation terrain et fiches de notation.....	42
Annexe 5 - Cycles biologiques	48
Annexe 6 - Questionnaires d'enquêtes.....	50

Annexe 1 – Les services des agro-écosystèmes et les fonctions et propriétés qui sous tendent ces services.

	Services	Fonctions / propriétés de l'écosystème
Services intrants	Stabilité structurale du sol (contrôle de l'érosion, résistance à la compaction)	Structuration des sols : porosité, agrégation Stabilisation par les racines MO du sol
	Disponibilité en eau pour la production primaire	Cycle eau
	Fertilité des sols	Dynamique de la MO : Minéralisation, Décomposition Dynamique des éléments nutritifs : Transformations élémentaires, Solubilisation
	Régulation du micro-climat	Variations journalières et saisonnières de température, hygrométrie ; brise-vent
	Pollinisation	Transfert et dispersion du pollen
	Contrôle des bioagresseurs	Habitats et ressources pour les auxiliaires Prédation, parasitisme, pathogénicité
	Contrôle des invasions biologiques	Résistance aux invasions
	Santé des animaux domestiques	Résistance des animaux aux maladies et parasites Limitation de la toxicité alimentaire Limitation des allergies
Services produits contribuant au revenu agricole direct	Production végétale (alimentaire, fibres, énergie, etc.)	Production primaire : rendement Production primaire : stabilité des rendements malgré les variations de l'environnement (climat, bioagresseurs...)
	Production animale	Qualité des fourrages (azote, fibres, molécules particulières) Motivation alimentaire Production secondaire (produits laitiers et carnés) Qualités organoleptiques des produits animaux
Services produits hors revenu agricole direct	Disponibilité en eau (potable, irrigation, hydro-électricité, industrie...)	Evapotranspiration Interception des précipitations Flux latéraux d'eau Capacité de rétention en eau du sol
	Purification de l'eau	Cycles N et P : piégeage / lessivage / transformations (p.ex. dénitrification) Biodégradation et/ou séquestration des xénobiotiques (pesticides notamment) Rétention des pathogènes
	Régulation du climat global et régional	Séquestration C (sol et végétation) Emissions de gaz à effet de serre Propriétés de surface (albedo, rugosité...)
	Mitigation des incendies	Inflammabilité Connectivité spatiale
	Conservation de la diversité ordinaire et patrimoniale	Habitat et ressources Migration, allogamie, interactions biotiques Habitats Hétérogénéité spatio-temporelle
	Valeur esthétique, touristique et spirituelle	Patrons spatiaux Biodiversité quantitative ou qualitative

Source : Le Roux *et al.* 2008

Annexe 2 - Démarche conversion cartographique



Annexe 3 - Calendrier d'échantillonnage

Jours	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Légende
1			Occupation sol		[Large purple block covering all days from April 1 to August 31]	CARABES
2						COCCINELLES
3						PUCERONS
4						ENQUETES
5						PARASITOIDES
6						
7						
8						
9						
10	Début					
11						
12				Pots retirés		
13				Pots retirés		
14						
15		Début stage				
16						
17						Fin stage
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28			Occupation sol			
29			Occupation sol			
30						
31		Occupation sol				

Annexe 4 - Protocole d'observation terrain et fiches de notation

Feuille de notation végétation

Date:

Parcelle: Point:

Echantillonneur:

Stade blé:

	Hveg	%adv	%lit	%solnu	%blé	nb plantes
V1						
V2						
V3						
V4						

Date:

Parcelle: Point:

Echantillonneur:

Stade blé:

	Hveg	%adv	%lit	%solnu	%blé	nb plantes
V1						
V2						
V3						
V4						

Date:

Parcelle: Point:

Echantillonneur:

Stade blé:

	Hveg	%adv	%lit	%solnu	%blé	nb plantes
V1						
V2						
V3						
V4						

Date:

Parcelle: Point:

Echantillonneur:

Stade blé:

	Hveg	%adv	%lit	%solnu	%blé	nb plantes
V1						
V2						
V3						
V4						

Date:

Parcelle: Point:

Echantillonneur:

Stade blé:

	Hveg	%adv	%lit	%solnu	%blé	nb plantes
V1						
V2						
V3						
V4						

Date:

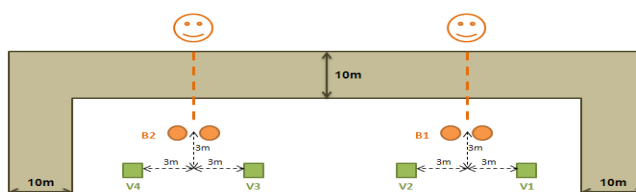
Parcelle: Point:

Echantillonneur:

Stade blé:

	Hveg	%adv	%lit	%solnu	%blé	nb plantes
V1						
V2						
V3						
V4						

















1	<5%
2	5-25%
3	25-50%
4	50-75%
5	75-100%



Larvae of UK Ladybirds











A juvenile ladybird is called a larva. It has four instars, i.e. it sheds its skin four times as it grows. Early instar larvae are very small and difficult to identify, but third and fourth instar larvae, particularly of the larger ladybird species, may be identified in the field. Late instars of many of the common UK ladybird species are shown below.

Ideally this guide should be used in conjunction with a key to ladybird larvae – e.g. in 'Ladybirds' by Majerus & Kearns, 1989, Richmond Publishing.

<p>7-spot ladybird <i>Coccinella 7-punctata</i></p>  <p>© Henry Ware Habitat: Generalist Notes: 4 pairs of coloured markings on abdomen</p>	<p>Harlequin ladybird <i>Harmonia axyridis</i></p>  <p>© Henry Ware Habitat: Generalist Notes: Orange L-shape on each side plus 4 orange spines towards rear</p>	<p>14-spot ladybird <i>Propylea 14-punctata</i></p>  <p>© Henry Ware Habitat: Generalist Notes: Quite smooth (hairs but no spines)</p>	<p>2-spot ladybird <i>Adalia 2-punctata</i></p>  <p>Larva & pupa © Robert Frost Habitat: Generalist, often urban Notes: Similar to 10-spot ladybird</p>
<p>10-spot ladybird <i>Adalia 10-punctata</i></p>  <p>© Peter Brown Habitat: Deciduous trees Notes: Similar to 2-spot ladybird</p>	<p>Cream-spot ladybird <i>Calvia 14-quittata</i></p>  <p>© Henry Ware Habitat: Deciduous trees Notes: Branched spines with hairs on abdomen</p>	<p>Kidney-spot ladybird <i>Chilocorus renipustulatus</i></p>  <p>© Robert Frost Habitat: Deciduous trees Notes: Spiny, dark all over</p>	<p>Orange ladybird <i>Halysia 16-quittata</i></p>  <p>© Robert Frost Habitat: Deciduous trees Notes: Yellow with pale head (cf. 22-spot ladybird)</p>
<p>Pine ladybird <i>Exochomus 4-pustulatus</i></p>  <p>© Peter Brown Habitat: Trees Notes: Spiny</p>	<p>Eyed ladybird <i>Anatis ocellata</i></p>  <p>© Henry Ware Habitat: Conifers Notes: Very spiny</p>	<p>Striped ladybird <i>Myzia oblongoquittata</i></p>  <p>© Henry Ware Habitat: Conifers Notes: Quite smooth</p>	<p>Cream-streaked ladybird <i>Harmonia 4-punctata</i></p>  <p>© Robert Frost Habitat: Conifers Notes: Very similar to harlequin but only 2 orange spines towards rear</p>
<p>24-spot ladybird <i>Subcoccinella 24-punctata</i></p>  <p>© Robert Frost Habitat: Grass Notes: Greenish-grey with branched spines</p>	<p>16-spot ladybird <i>Tytthaspis 16-punctata</i></p>  <p>© Mike Majerus Habitat: Grass Notes: Pale brown-grey with conspicuous black hairs</p>	<p>22-spot ladybird <i>Thea 22-punctata</i></p>  <p>© Mike Majerus Habitat: Grass Notes: Yellow with dark head (cf. Orange ladybird)</p>	<p>Heather ladybird <i>Chilocorus 2-pustulatus</i></p>  <p>© Peter Brown Habitat: Heather heathland Notes: Pale stripe across abdomen</p>

For more information on ladybirds and to record your sightings, see www.ladybird-survey.org

Adultes

				
<i>Adalia bipunctata</i>	<i>Hippodamia tredecimpunctata</i>	<i>Hippodamia variegata</i>	<i>Coccinella septempunctata</i>	<i>Coccinella undecimpunctata</i>
				
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	<i>Tytthaspis sedecimpunctata</i>	<i>Thea vigintiduo-punctata</i>	<i>Rhizobius litura</i>	<i>Coccinella quatordecimpunctata</i>

R
a
r
e

Feuille notation pucerons

DATE :

STADE BLE :

Parcelle: Point d'échantillonnage:
Echantillonneur:

Parcelle: Point d'échantillonnage:
Echantillonneur:

	S.save	M.dir	R.pad	criocères adultes	criocères larves	autre:
Talle1						
Talle2						
Talle3						
Talle4						
Talle5						
Talle6						
Talle7						
Talle8						
Talle9						
Talle10						

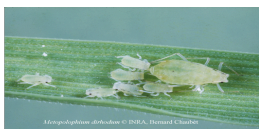
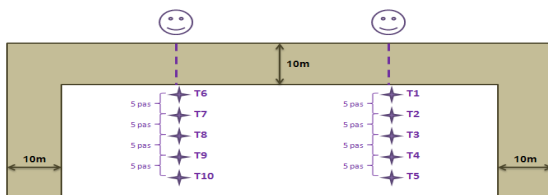
	S.save	M.dir	R.pad	criocères adultes	criocères larves	autre:
Talle1						
Talle2						
Talle3						
Talle4						
Talle5						
Talle6						
Talle7						
Talle8						
Talle9						
Talle10						

Parcelle: Point d'échantillonnage:
Echantillonneur:

Parcelle: Point d'échantillonnage:
Echantillonneur:

	S.save	M.dir	R.pad	criocères adultes	criocères larves	autre:
Talle1						
Talle2						
Talle3						
Talle4						
Talle5						
Talle6						
Talle7						
Talle8						
Talle9						
Talle10						

	S.save	M.dir	R.pad	criocères adultes	criocères larves	autre:
Talle1						
Talle2						
Talle3						
Talle4						
Talle5						
Talle6						
Talle7						
Talle8						
Talle9						
Talle10						



Metopolophium dirhodum



Sitobion avenae



Rhopalosiphum padi

Feuille de notation rouille (présence/absence)

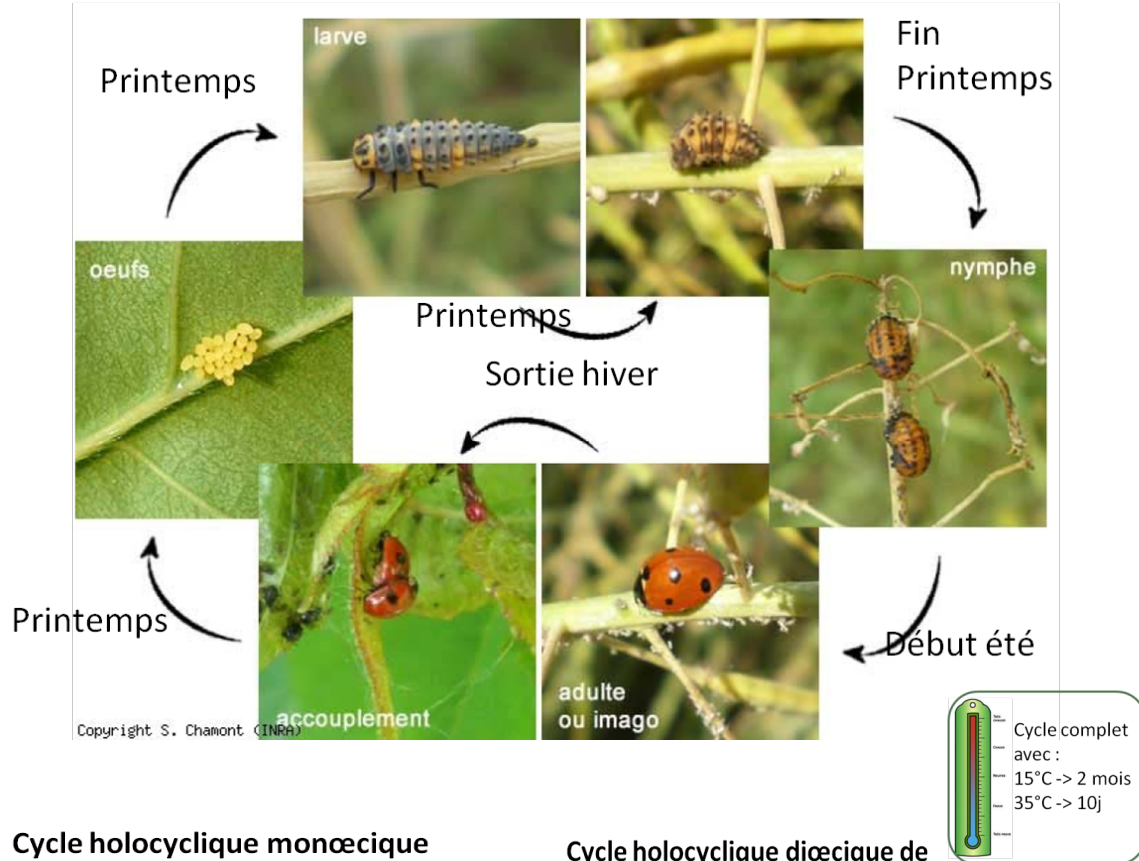
Date:	stade blé:	Date:	stade blé:	Date:	stade blé:	Date:	stade blé:
Parcelle:		Parcelle:		Parcelle:		Parcelle:	
Echantillonneur:		Echantillonneur:		Echantillonneur:		Echantillonneur:	
	P/A rouille		P/A rouille		P/A rouille		P/A rouille
Quadrat1		Quadrat1		Quadrat1		Quadrat1	
Quadrat2		Quadrat2		Quadrat2		Quadrat2	
Quadrat3		Quadrat3		Quadrat3		Quadrat3	
Quadrat4		Quadrat4		Quadrat4		Quadrat4	
Quadrat5		Quadrat5		Quadrat5		Quadrat5	
Quadrat6		Quadrat6		Quadrat6		Quadrat6	
Quadrat7		Quadrat7		Quadrat7		Quadrat7	
Quadrat8		Quadrat8		Quadrat8		Quadrat8	
Quadrat9		Quadrat9		Quadrat9		Quadrat9	
Quadrat10		Quadrat10		Quadrat10		Quadrat10	

Date:	stade blé:	Date:	stade blé:	Date:	stade blé:	Date:	stade blé:
Parcelle:		Parcelle:		Parcelle:		Parcelle:	
Echantillonneur:		Echantillonneur:		Echantillonneur:		Echantillonneur:	
	P/A rouille		P/A rouille		P/A rouille		P/A rouille
Quadrat1		Quadrat1		Quadrat1		Quadrat1	
Quadrat2		Quadrat2		Quadrat2		Quadrat2	
Quadrat3		Quadrat3		Quadrat3		Quadrat3	
Quadrat4		Quadrat4		Quadrat4		Quadrat4	
Quadrat5		Quadrat5		Quadrat5		Quadrat5	
Quadrat6		Quadrat6		Quadrat6		Quadrat6	
Quadrat7		Quadrat7		Quadrat7		Quadrat7	
Quadrat8		Quadrat8		Quadrat8		Quadrat8	
Quadrat9		Quadrat9		Quadrat9		Quadrat9	
Quadrat10		Quadrat10		Quadrat10		Quadrat10	

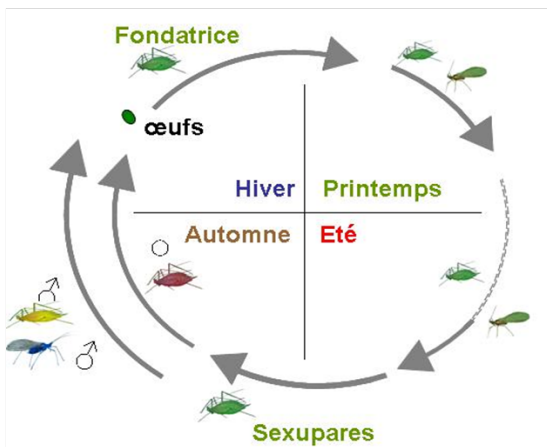
Date:	stade blé:	Date:	stade blé:
Parcelle:		Parcelle:	
Echantillonneur:		Echantillonneur:	
	P/A rouille		P/A rouille
Quadrat1		Quadrat1	
Quadrat2		Quadrat2	
Quadrat3		Quadrat3	
Quadrat4		Quadrat4	
Quadrat5		Quadrat5	
Quadrat6		Quadrat6	
Quadrat7		Quadrat7	
Quadrat8		Quadrat8	
Quadrat9		Quadrat9	
Quadrat10		Quadrat10	

Annexe 5 - Cycles biologiques

Cycles des coccinelles



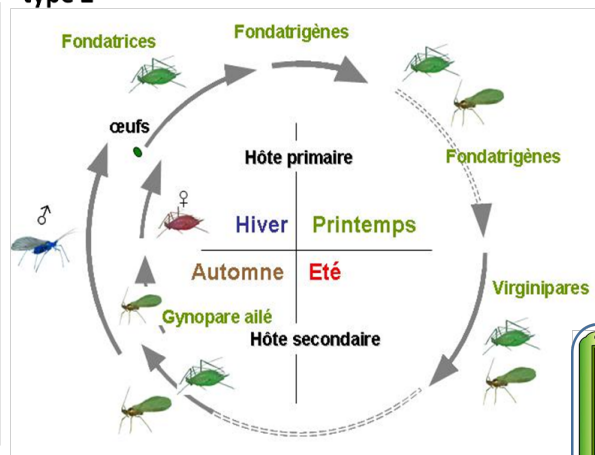
Cycle holocyclique monœcique



Sitobion avenae : diverses Poaceae cultivées (blé, orge...) ou sauvages

Cycles des pucerons du Blé d'hiver

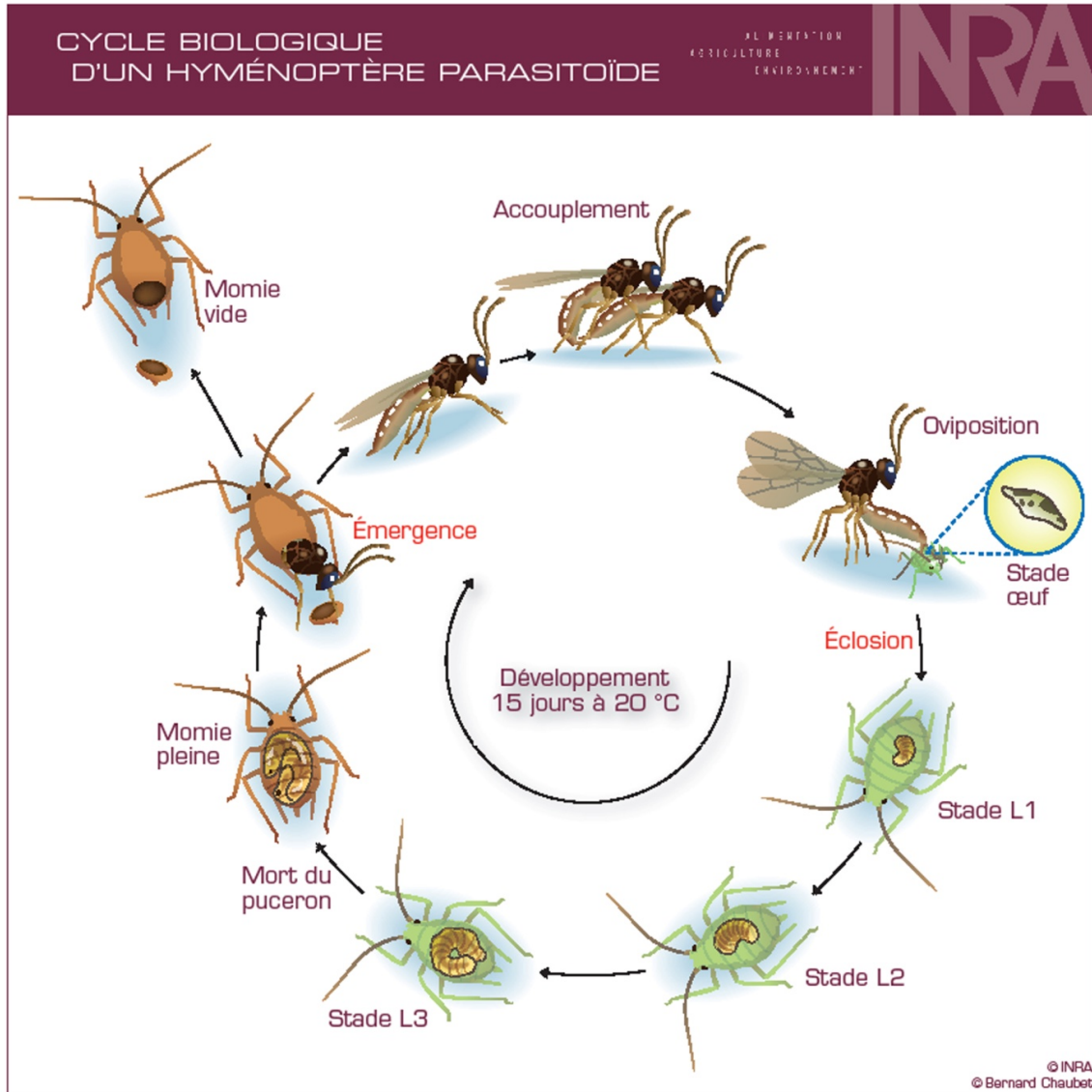
Cycle holocyclique diœcique de type 2



Rhopalosiphum padi : merisier à grappes et diverses graminées

Metopolophium dirhodum : rosiers et diverses graminées

Maturité des larves:
15 et 20°C -> 2 semaine



Annexe 6 – Questionnaires d’enquêtes

Plan de l’enquête

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Informations d’ordre général sur l’exploitation et Itinéraire technique du blé échantillonné2. Diversité des pratiques agricoles dans le paysage |
|--|

1. Informations d’ordre général sur l’exploitation et Itinéraire technique du blé échantillonné

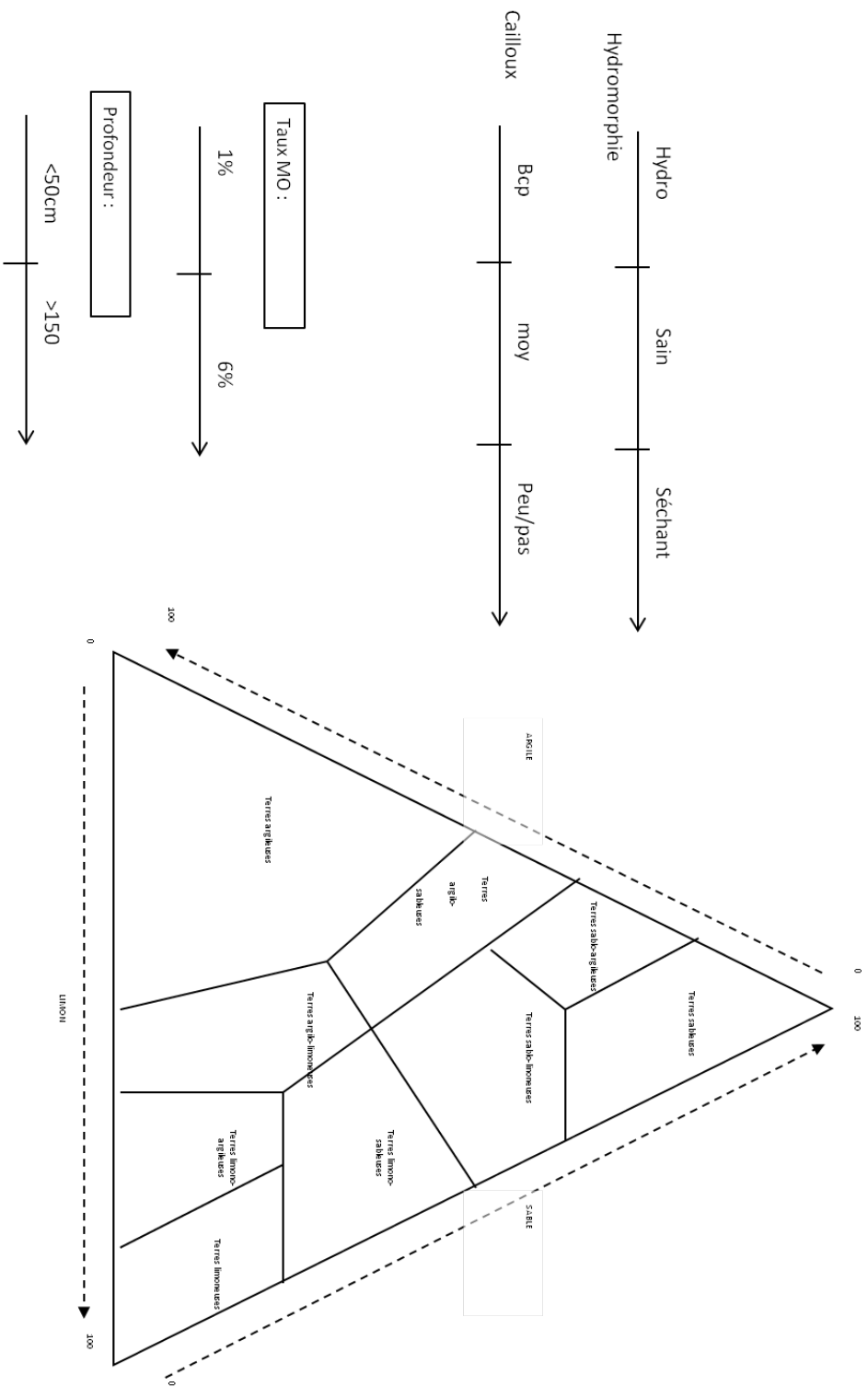
1. Informations générales sur l’exploitation
--

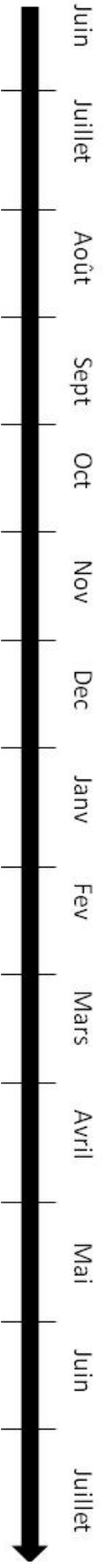
Parcelle :	Agriculteur :	Date
------------	---------------	------

SAU		
Engagements (bio, MAE..)		Contraintes
Date de conversion si bio		
Zonage (Natura 2000..)		Contraintes

Parcelle :	Agriculteur :	Date :
------------	---------------	--------

Caractéristiques de la parcelle Q.2





1. Informations générales sur l'exploitation

- 1.1. SAU
- 1.2. Engagements (Bio, MAE..) contraintes ? Si bio demander la date de conversion
- 1.3. Zonage (Natura 2000..) contraintes ?

2. Qualité agronomique de la parcelle de Blé

- 2.1. Remplir la feuille sol **FICHE**

3. ITK blé

- 3.1. Rotation **TABLEAU**

- 3.2. Précédents : Insecticides (P/A)/Date de récolte **RQ** : **demandez si traitements des semences**

- 3.3. Interculture : **FRISE**

- 3.3.1. P/A d'une culture intermédiaire
- 3.3.2. Date d'implantation
- 3.3.3. Variété
- 3.3.4. Interventions (TS / désherbage chimique)
- 3.3.5. Date de fin et nature de la destruction

FRISE

- 3.4. Travail du sol : Nature/Dates/Matériel/Profondeur

- 3.5. Semis : Date/Variétés/Densité (kg/ha ou gr/m²)/Traitements des semences **FRISE**

- 3.6. Fertilisation organique : Nature/Date/Quantité (kg N/ha) ou t/ha

- 3.7. Fertilisation minérale : Nature/Date/Quantité (U/ha)

- 3.8. Traitements phyto :

- 3.8.1. Problèmes rencontrés adventices-maladies-ravageurs **TABLEAU + FRISE**

- 3.9. Régulateurs de croissance : Date-Nom-Dose **FRISE**

- 3.10. Récolte :

- 3.10.1. Date **FRISE**

- 3.10.2. Rendement : Objectif/Réalisé/ Moyen sur 5 ans sur l'exploitation

- 3.11. Événements exceptionnels ?? (Verses, climat..)

- 3.12. Entretien des bordures : Quels entretiens réalisez vous sur la bordure de façon générale ? cette année ? (chimique/mécanique/rien)

2. Diversité des pratiques agricoles dans le paysage (*Fiche de réponse pour la partie sur les pratiques agricole dans le paysage*)

code parcelle		
nature		
précédent	nature	
interculture	culture inter O/N	
	nature	
	interventions	
TS	labour O/N	
	nb passages	
	profondeur	
fertilisation	organique	nature (SA)
		quantité
		nb passages
	minérale	nature (SA)
		quantité
		nb passages
herbicides	nature (SA)	
	quantité	
	nb passages	
fongicides	nature (SA)	
	quantité	
	nb passages	
insecticides	nature (SA)	
	quantité	
	nb passages	