



**HAL**  
open science

# Evaluation des régulations biologiques dans des systèmes agroécologiques

Camille Ameline, Anne Le Ralec

► **To cite this version:**

Camille Ameline, Anne Le Ralec. Evaluation des régulations biologiques dans des systèmes agroécologiques. Sciences de l'environnement. 2018. hal-03405820

**HAL Id: hal-03405820**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03405820v1>**

Submitted on 27 Oct 2021

**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.



**AGROCAMPUSOUEST**

CFR Angers  CFR Rennes

Année universitaire : 2017 - 2018  
Spécialité : Agroécologie

### Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

## Transition agroécologique et régulation biologique de bio-agresseurs : protocole de suivi et relevés initiaux pour la plateforme CA-SYS

Par : Camille MÉLINE



**Soutenu à Rennes le 14 septembre 2018**

**Devant le jury composé de :**

Présidente : Guénola PERES

Rapporteur : Anne LE RALEC

Maître de stage : Sandrine PETIT-MICHAUT

Enseignant référent : Manuel PLANTEGENEST

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

« Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France »

disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>





## **Remerciements :**

Merci à ma maîtresse de stage Sandrine Petit-Michaut de m'avoir donné l'opportunité de faire ce stage, de m'avoir fourni un thème de recherche motivant, d'avoir encadré mon travail et d'avoir relu mon rapport. Merci à Stéphane Cordeau pour ses explications à propos du projet CA-SYS et pour avoir relu la partie du rapport concernant ce projet. Merci à Violaine Deytieux pour son aide et ses apports concernant le projet CA-SYS.

Merci à Chantal Ducourtieux pour m'avoir aidée à identifier les, ô combien, nombreux carabes ainsi que pour les connaissances transmises et les moments passés ensemble.

Merci à tous ceux qui sont intervenus à un moment ou à un autre dans mon stage au niveau du terrain, spécialement Claude Sarrasin pour m'avoir aidée à la mise en place de la phase terrain, Brice Mosa, Geoffroy Oudoire et les nombreux stagiaires sans qui le terrain n'aurait pas été possible, ainsi que Emeline Felten, Julie Buchmann et Rémi Gounon pour la journée de terrain botanique.

Merci à toutes les personnes du domaine d'Epoisses, spécialement Alain Berthier et Rodolphe Hugard pour l'aide apportée.

Merci à Fabrice Dessaint et Guillaume Adeux pour leur précieux apports à propos des statistiques, ainsi qu'à Luc Biju-Duval à propos de la SIG.

Un grand merci à toute l'équipe, en particulier à la « Team Grenier » sans qui ce stage aurait été bien moins sympathique !

Et enfin un immense merci à Pierre pour m'avoir épaulée et soutenue, en particulier lors des derniers moments de rédaction du mémoire.



## Liste des illustrations :

**Figure 1** : Les effets attendus des pratiques agricoles et des habitats semi-naturels sur les différents réseaux trophiques pour améliorer la régulation biologique

*Expected effects of agriculture and semi-natural habitats on different food webs to improve biological regulation*

**Figure 2** : Assolement prévisionnel 2019

*Provisional crop rotation in 2019*

**Figure 3** : Plan du dispositif expérimental de la plateforme CA-SYS

*Map of the experimental platform CA-SYS*

**Figure 4** : Emplacement prévisionnel des infrastructures agroécologiques

*Provisional emplacement of agroecological infrastructures*

**Figure 5** : Emplacement des transects d'échantillonnage

*Location of sampled transects*

**Figure 6** : Emplacement des cartes de prédation et pots Barber sur un transect dans le cas d'une parcelle jouxtant une bande enherbée

*Location of predation cards and pitfall traps in a transect in a crop along a grassed strip*

**Figure 7** : Activité-densité cumulée des 26 transects des carabes selon les sessions

*Carabids cumulative activity-density in the 26 transects*

**Figure 8** : Moyenne de l'activité-densité des carabes par transect selon leur régime trophique en fonction de la présence ou non d'IAE

*Average of carabids activity-density according to their trophic regime and the presence or absence of AEI*

**Figure 9** : Impact de la distance sur l'AD des carabes, selon la présence ou non d'IAE

*Impact of the distance on carabids AD according to the presence or absence of AEI*

**Figure 10** : Relation entre l'AD des carabes carnivores et omnivores et le taux de prédation des pucerons exercé par les Invertébrés en mai et en juin

*Relationship between carnivorous and omnivorous carabids AD and aphids predation rate by invertebrates in May and June*



**Tableau 1** : Auxiliaires favorisés par les infrastructures agroécologiques implantées

*Natural enemies favored by the established agroecological infrastructures*

**Tableau 2** : Comparaison du site avant et après la mise en place du projet, avec les attendus

*Before and after the implementation of the project*

**Tableau 3** : Résumé des transects

*Summary of transects*

**Tableau 4** : Résumé de l'effet des IAE sur les taux de prédation des graines et les pucerons mangés à 8m et à 25m

*Summary of the AEI effect on seeds and aphids predation rates at 8m and 25m*

**Tableau 5** : Résumé de l'effet distance sur les taux de prédation des graines et les pucerons mangés en présence et en absence d'IAE

*Summary of the distance effect on seeds and aphids predation rates in presence and absence of AEI*

**Tableau 6** : Impact des IAE sur l'activité-densité et la richesse spécifique des carabes par distance (tous régimes trophiques confondus)

*Impact of AEI on carabids activity-density and species richness by distance (all trophic levels combined)*

**Photo 1** : Infrastructures agroécologiques présentes sur le domaine

*Agroecological infrastructures in the domain*

**Photo 2** : Carte de prédation de graines de *Viola arvensis* dans une cage d'exclusion ouverte après une semaine sur le terrain

*Viola arvensis predation card of seeds in an open exclusion cage after one week outside*

**Photo 3** : Carte de prédation de pucerons

*Aphids predation card*

**Photo 4** : Moitié du dispositif expérimental à 8m dans une parcelle de blé

*Part of the experimental device at 8m in a wheat crop*





## **Liste des annexes :**

**Annexe 1** : Contribution des Vertébrés à la prédation des graines et des pucerons en présence et en absence d'IAE à 8m et 25m

**Annexe 2-a** : Activité-densité des carabes selon les sessions (tous régimes trophiques confondus)

**Annexe 2-b** : Richesse spécifique des carabes selon les sessions (tous régimes trophiques confondus)

**Annexe 3** : Histogramme de l'activité-densité des carabes

**Annexe 4-a** : Activité-densité des carabes granivores selon l'environnement et la distance sur les 26 transects

**Annexe 4-b** : Activité-densité des carabes carnivores selon l'environnement et la distance sur les 26 transects

**Annexe 4-c** : Activité-densité des carabes omnivores selon l'environnement et la distance sur les 26 transects

**Annexe 5** : Impact des IAE sur l'activité-densité et la richesse spécifique des carabes en fonction de leur système trophique, à différentes distances

**Annexe 6** : Impact de la distance sur l'activité-densité des carabes en fonction de leur système trophique, en présence ou non d'IAE

**Annexe 7** : ACP

**Annexe 8** : Relation entre l'activité-densité des carabes granivores et omnivores sur le taux de prédation des adventices exercé par les Invertébrés

**Annexe 9** : Caractérisation des carabes piégés

**Annexe 10** : Description des IAE actuelles du domaine



## **Table des matières :**

<b>Introduction</b>	<b>p 1</b>
<b>I. La plateforme CA-SYS</b> .....	<b>p 9</b>
<b>II. Matériel et méthodes</b> .....	<b>p 15</b>
1. Sélection des points d'échantillonnage sur la plateforme CA-SYS	<b>p 15</b>
2. Mesures effectuées sur les sites	<b>p 15</b>
a) Suivi de la régulation biologique	<b>p 17</b>
b) Suivi des carabes	<b>p 17</b>
3. Statistiques	<b>p 21</b>
<b>III. Résultats</b> .....	<b>p 25</b>
1. Effets des IAE et de la distance sur les taux de prédation	<b>p 25</b>
a) La prédation des adventices	<b>p 25</b>
b) La prédation des pucerons	<b>p 25</b>
2. Les communautés de carabes sur la plateforme CA-SYS	<b>p 27</b>
a) Influence des IAE et de la distance sur les carabes	<b>p 29</b>
b) Influence de l'activité-densité des carabes sur la régulation biologique	<b>p 33</b>
<b>IV. Discussion</b> .....	<b>p 35</b>
1. Influence de la présence des IAE sur la régulation biologique	<b>p 35</b>
2. Influence de la distance à la bordure sur la régulation biologique	<b>p 39</b>
<b>Conclusion</b>	<b>p 41</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>p 45</b>



## Introduction

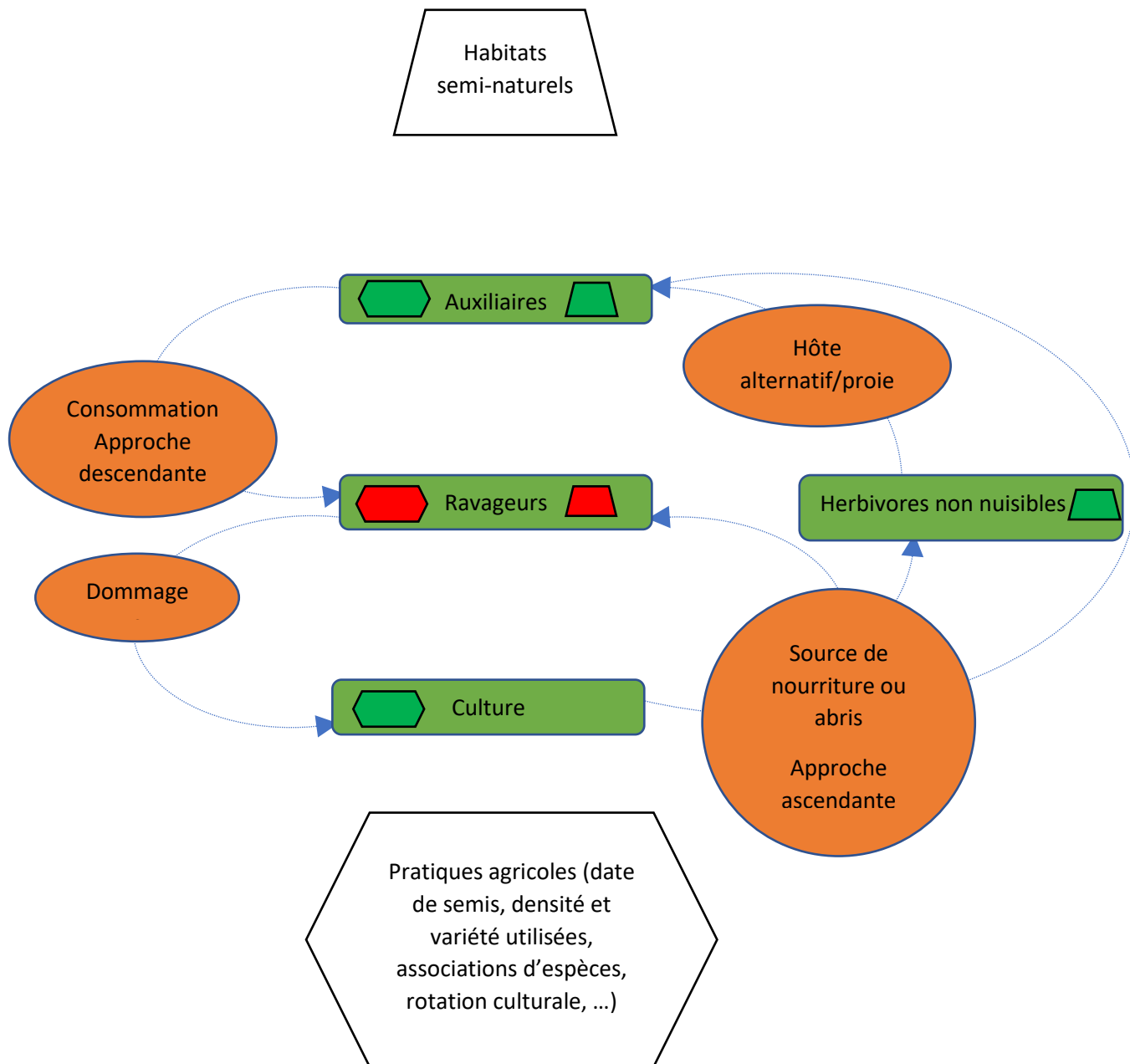
L'agriculture occupe plus de la moitié du territoire français avec 30 millions d'hectares, dont plus d'un tiers consacré aux grandes cultures et aux cultures industrielles. Les cultures de céréales occupent une place importante puisqu'elles couvrent 9 millions d'hectares (Turpeau-Ait Ighil *et al.*, 2011). Les pertes potentielles de production de blé sans protection contre les virus, animaux ravageurs, pathogènes, et les adventices sont respectivement de 3, 9, 16 et 23% (Oerke 2006).


Jusqu'à maintenant, la lutte chimique prévalait, ce qui permettait de réduire les pertes, mais de nos jours de nouvelles solutions sont proposées, comme la lutte intégrée face aux adventices qui mobilise des leviers variés comme la rotation des cultures, le labour, le désherbage mécanique, ... le tout pour réduire l'usage d'herbicide (Chikowo *et al.*, 2009). Utiliser moins d'herbicide est bénéfique pour l'environnement et la biodiversité (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), cela permet aussi d'assurer la durabilité des systèmes de productions agricoles (Rusch *et al.*, 2010). Un système est dit durable lorsqu'il garde à long terme ses capacités de production tout en étant rentable et en répondant aux besoins humains (Fortun-Lamothe and Castanet-Tolosan, 2012).


L'agroécologie peut permettre aux systèmes d'être plus durables, puisqu'en effet la conception de systèmes de productions agroécologiques repose sur les fonctionnalités qui sont offertes par les écosystèmes. L'agroécologie est un terme à signification multiple : il peut en effet être vu comme une déclinaison des concepts de l'écologie en agriculture, comme un ensemble de méthodes et de pratiques pour une agriculture respectant les ressources naturelles, comme un mouvement social ou comme un programme permettant un développement agricole et alimentaire durable (David *et al.*, 2011).

La régulation biologique des bioagresseurs de cultures par un ou des ennemis naturels est considérée comme un service écosystémique potentiellement important en agriculture (Fiedler, Landis, et Wratten 2008). La régulation biologique, ou lutte biologique, est « l'utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par des ravageurs » d'après l'OILB (Organisation Internationale de la Lutte Biologique). Le principe repose sur une relation naturelle entre les ennemis naturels (parasitoïdes, prédateurs, agents pathogènes) et les bio-agresseurs (ravageurs, adventices, agents pathogènes), à savoir que l'auxiliaire va diminuer le développement du bio-agresseur, voire le supprimer (Fraval, 1999). Elle a pour vocation de limiter le développement de bio-agresseurs des cultures afin qu'ils ne provoquent pas de dégâts économiques, tout en étant respectueux de l'environnement (Ryckewaert et Leblay 2004).

Figure 1 : Les effets attendus des pratiques agricoles et des habitats semi-naturels sur les différents réseaux trophiques pour améliorer la régulation biologique



 Doit impacter positivement

 Doit impacter négativement

Inspiré de Rusch *et al.*, 2010, d'après Gurr *et al.*, 2003

La lutte biologique par conservation, qui est l'une des stratégies de la lutte biologique, consiste à ce que l'environnement soit manipulé afin de favoriser les auxiliaires et de défavoriser les bio-agresseurs dans le même temps. Deux approches complémentaires caractérisent cette lutte : une approche descendante « Top-down » qui consiste à stimuler les populations des auxiliaires et une approche ascendante « Bottom-up » qui consiste à utiliser les caractéristiques de la plante hôte pour limiter le développement des nuisibles et leurs dégâts (SOLAGRO, 2015) (Figure 1).

Du fait d'une intensification de l'agriculture pendant ces dernières décennies (utilisation accrue d'intrant dont les pesticides, agrandissement des parcelles et disparition de milieux semi-naturels), la diversité des auxiliaires a diminué et la probabilité d'une épidémie de ravageurs a augmenté (Basedow, 1990). Identifier des stratégies de gestion agricole qui augmentent la diversité et l'abondance des ennemis naturels et les niveaux de régulation biologique de bio-agresseurs est actuellement un enjeu de recherche important.

De nombreuses études suggèrent que la présence d'éléments semi-naturels dans le paysage agricole a un effet positif sur la diversité des auxiliaires trouvés dans les parcelles cultivées (Chaubet, 1992). Il peut s'agir d'éléments pérennes (bois, bosquets, haies anciennes) ou d'éléments implantés sur le tour des parcelles cultivées et gérées par l'agriculteur. C'est par exemple le cas des bandes enherbées réglementaires pour les parcelles adjacentes à des fossés et cours d'eau, qui ont indirectement un effet positif pour la biodiversité. Un autre exemple est celui des bandes fleuries implantées notamment pour favoriser les pollinisateurs (Lagerlöf *et al.*, 1992). Dans la parcelle cultivée, certaines pratiques de gestion auront aussi un impact sur la biodiversité abritée, notamment le niveau d'usage de pesticides (Geiger *et al.*, 2010) ou le régime de travail du sol (Maillet, 1993 in Jauzei, 2001).

Une approche efficace pour identifier des stratégies de gestion durable favorisant la régulation biologique des bio-agresseurs est la conduite d'expérimentations à l'échelle d'une exploitation. C'est dans ce cadre d'expérimentation que s'est déroulé mon stage, et plus précisément sur la plateforme CA-SYS Inra de Dijon. Cette plateforme expérimente et évalue sur 120ha différents systèmes agroécologiques qui sont sans pesticides, diversifiés temporellement (rotations longues et intercultures) et spatialement (mélanges d'espèces et/ou de variétés ainsi que des couverts végétaux) (Figure 2), ceci dans un environnement parcellaire riche en infrastructures agroécologiques (bandes enherbées ou fleuries, haies) (Cordeau et Deytieux 2018). Une hypothèse forte de ce projet de plateforme est que la régulation biologique va augmenter au fur et à mesure des années grâce à l'arrêt des pesticides, à la présence de nombreux éléments semi-naturels qui seront implantés, à leur



Figure 2 : Assolément prévisionnel 2019



agencement dans le paysage et aux nouvelles pratiques agricoles dont l'arrêt du travail du sol dans certains systèmes de culture et la couverture des sols dans l'ensemble des systèmes.

Les nouveaux systèmes agricoles seront mis en place à l'automne 2018. Dans ce contexte, mon stage avait plusieurs objectifs. D'une part, il m'a été demandé de concevoir un dispositif d'échantillonnage de la plateforme CA-SYS qui sera utilisé pour suivre l'évolution de la régulation biologique au cours des années à venir. Ce dispositif était ensuite à mettre en œuvre au printemps 2018 pour récolter des données correspondant à un état initial des régulations biologiques, avant la transition vers un système agricole agroécologique. D'autre part, la plateforme CA-SYS intègre déjà quelques IAE, qui sont des bandes enherbées qui ont été implantées plus ou moins régulièrement depuis plusieurs années. J'ai donc cherché à évaluer l'impact de ces IAE déjà présentes sur la régulation biologique.

Les études disponibles sur la question de l'effet des habitats semi-naturels sur la régulation biologique nous permet de formuler plusieurs hypothèses. La végétation des habitats semi-naturels peut fournir des ressources importantes pour les auxiliaires, comme le nectar, le pollen, des proies, des abris ou des sites d'hivernation, aussi, la présence d'IAE pourrait conduire à une augmentation de la diversité et de l'abondance d'auxiliaires (Bianchi *et al.*, 2006). Ceci ne se traduit pas forcément par une hausse de régulation biologique, à cause d'une prédation intra-gilde pour commencer (Holland *et al.*, 2016). De plus, certains bioagresseurs pourraient être favorisés par la présence d'IAE, et donc de fait la régulation biologique n'est pas forcément améliorée (Thies, Roschewitz, et Tschamtkke 2005). *Une première hypothèse à tester est que la présence d'IAE augmente la régulation biologique dans la parcelle adjacente.*

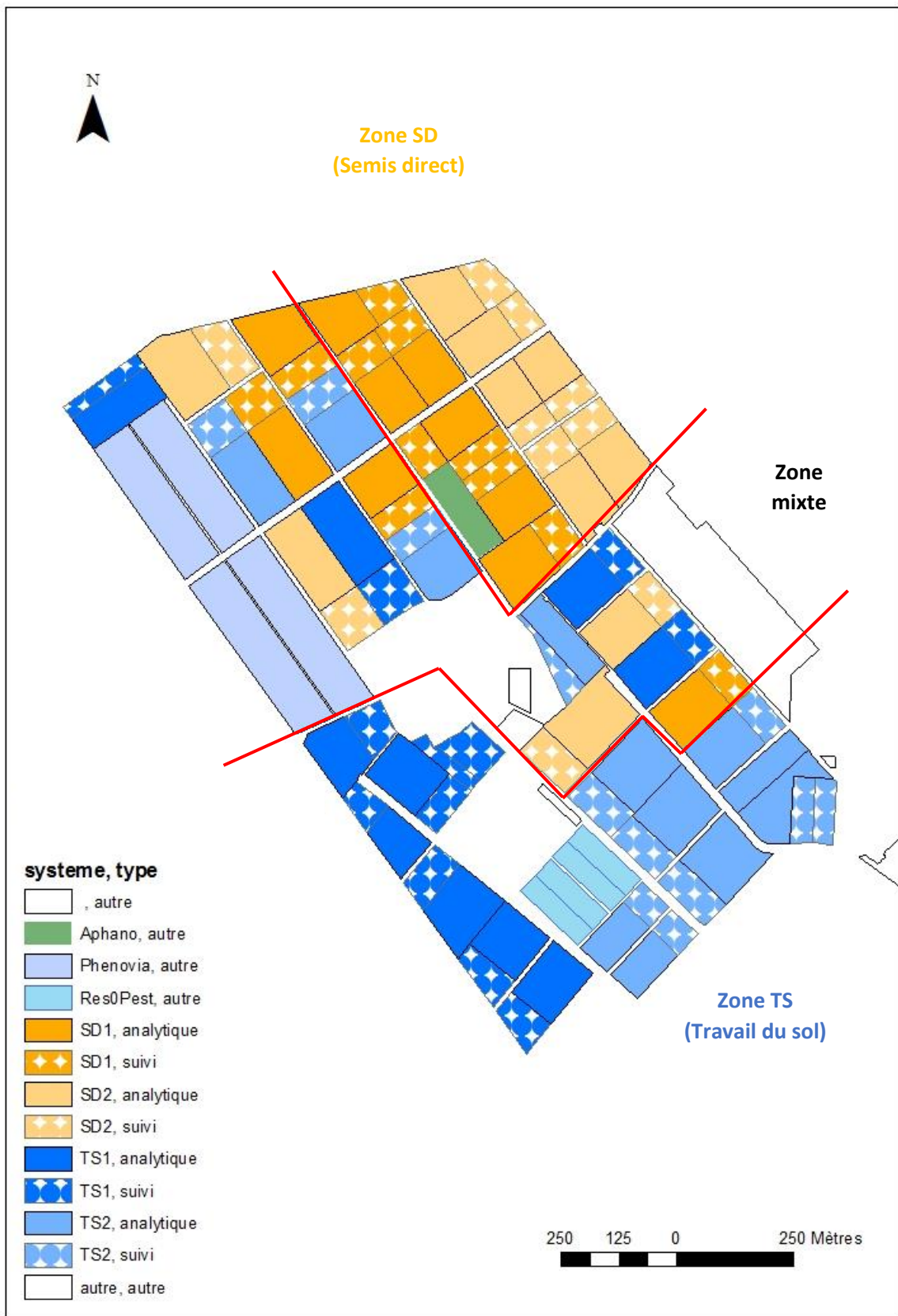
Ensuite, différentes études suggèrent que la diversité et l'abondance des auxiliaires sont plus importantes en bordure de parcelles qu'au centre de celles-ci (Holland *et al.*, 2016). Ceci reste à moduler car certains organismes auxiliaires sont très mobiles et ne se cantonnent pas à la bordure des parcelles, mais ceci reste peu documenté. *Une deuxième hypothèse à tester est que la régulation biologique est plus importante en bordure de parcelles qu'au centre des parcelles.* Ces hypothèses ont été testées par l'utilisation de deux types de proies sentinelles (graines d'adventices et pucerons), comme indicateur du niveau de régulation biologique.

En parallèle aux mesures de la régulation, pour mieux cerner l'impact des IAE sur les ennemis naturels, nous avons échantillonné les communautés de carabes sur le dispositif. Les carabes sont des auxiliaires, ce sont en effet des prédateurs généralistes abondants en grande culture (Kromp, 1999). Certaines espèces de carabes ont besoin pour hiverner ou se



reproduire de bandes enherbées, puis ils vont ensuite dans les parcelles pour se nourrir (Holland *et al.*, 2005 ; Petit *et al.*, 2015). La proximité d'IAE pourrait donc être un réservoir pour certaines espèces de carabes à certains moments de l'année. *Une troisième hypothèse à tester est que l'abondance et la diversité des carabes sont plus importantes dans les parcelles qui sont bordées d'une IAE.*

Figure 3 : Plan du dispositif expérimental de la plateforme CA-SYS



## I. La plateforme CA-SYS

CA-SYS est une plateforme d'expérimentation collaborative en agroécologie (Co-designed Agroecological System Experiment) de 120ha, située sur l'unité expérimentale Inra domaine d'Epoisses à Bretenières, animée par Stéphane Cordeau (UMR Agroécologie, Inra Dijon) et Violaine Deytieux (UE d'Epoisses, Inra Dijon). Les missions de cette plateforme sont de mettre au point et d'évaluer différents systèmes agroécologiques, d'étudier la transition vers ces systèmes agroécologiques. La finalité est l'identification de systèmes multi-performants qui minimisent l'impact sur l'environnement tout en étant rentables et aussi productifs que des systèmes voisins d'ici 10 ans. La maximisation des processus biologiques, comme la régulation biologique, et l'arrêt du recours aux pesticides sont deux moyens pour parvenir à cet objectif.

Chaque parcelle comporte (i) une zone analytique pour mettre en place des essais factoriels (testant l'effet de variété ou de pratique, toute chose égale par ailleurs) et (ii) une zone suivi long-terme de l'effet des systèmes de culture pour évaluer les performances des systèmes agroécologiques. Ce dispositif emboitant des expérimentations de nature différentes dans des systèmes de cultures variées intégrant des échelles supra-parcellaires dans sa conception est une première (Cordeau et Deytieux 2018).

Trois systèmes agroécologiques, ensemble de parcelles contiguës conduit selon un ou plusieurs systèmes de cultures en cohérence avec les infrastructures paysagères présentes dans leur voisinage, vont être mis en place : un système agroécologique composé uniquement de parcelles en semis direct (SD en orange sur la figure 3), un système agroécologique composé uniquement de parcelles avec travail du sol (TS en bleu sur la figure 3), et un système agroécologique composé de parcelles en semis direct et en travail du sol mixées dans le paysage (Zone mixte en orange et bleu sur la figure 3). Ces 3 zones sont mises en place pour tester l'effet d'un paysage homogène vs un paysage composite de systèmes de culture sur la régulation biologique.

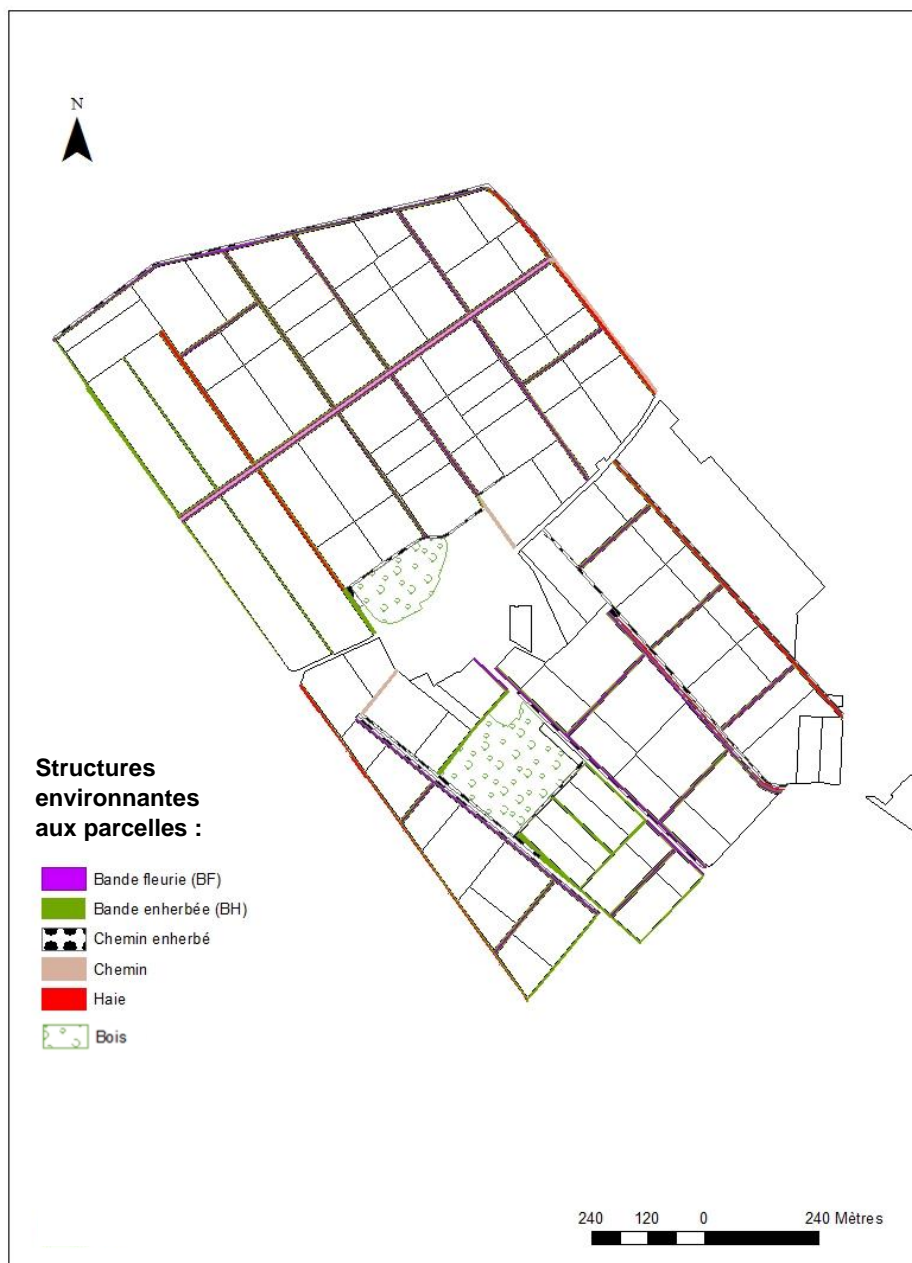
Pour les systèmes SD, on aura des rotations de 6 ans, avec apport d'azote minéral. L'un sera en « semis direct permanent » avec un travail du sol le plus minimisé possible (SD1), seul du scalpage sera autorisé en cas de fortes présences d'adventices. L'autre sera en semis direct non permanent (SD2), le désherbage mécanique sera autorisé (binage, herse étrille, ...) et un labour stratégique sera autorisé tous les 8-10 ans. La couverture permanente est recherchée dans cette zone, avec une destruction mécanique des couverts végétaux.

Tableau 1 : Auxiliaires favorisés par les infrastructures agroécologiques implantées

IAE implantées	Auxiliaires favorisés
Bandes fleuries	Carabes, Staphylins, Araignées, Parasitoïdes, Syrphes
Bandes enherbées	Carabes, Araignées, Staphylins
Haies	Araignées, Hyménoptères, Parasitoïdes, Staphylins, Coccinelles, Aphidiphages, Chrysopes

(SOLAGRO, 2015)

Figure 4 : Emplacement prévisionnel des infrastructures agroécologiques



Pour les systèmes TS, l'un sera avec fertilisation en azote exogène minéral (TS1), et l'autre sans apport d'azote exogène (TS2). Pour ce dernier système comme l'apport d'azote ne sera pas permis il faudra seulement compter sur les plantes présentes, notamment les légumineuses (en couvert d'interculture, en culture associée ou pure) pour apporter la fertilité. Pour les systèmes TS un labour sera autorisé tous les 2-3 ans. La rotation de cette zone sera de 12 ans.

Il faut préciser ici que des parcelles contenant des essais de longues durées sont déjà en place sur la plateforme expérimentale, à savoir l'essai système Res0pest, l'essai Aphano et la plateforme Phénovia. Res0pest consiste depuis 2012 à tester un système de culture d'une rotation de 7 ans sans pesticides afin de tester la faisabilité agronomique de tels systèmes et d'en évaluer la durabilité. L'essai Aphano consiste à étudier la résistance du Pois au champignon *Aphanomyces*. Phénovia consiste à caractériser des génotypes de différentes espèces (notamment colza) selon divers scénarios environnementaux associés au changement climatique. Des parcelles de Phénovia continueront de recevoir des pesticides lorsqu'elles seront une année sur 4 en essai analytique. Les trois autres années elles seront conduites sans pesticides.

Comme mentionné, le choix a été fait de densifier fortement le linéaire d'IAE sur la plateforme. Les IAE sont des milieux semi-naturels qui ne sont pas cultivés pour être récoltés, ne reçoivent ni engrais, ni pesticides. De manière générale les IAE sont des éléments du paysage ayant un intérêt pour la biodiversité dans un contexte agricole. Ils ont une fonction d'habitat, une fonction de connectivité et une fonction de protection de l'environnement et agronomique (Sausse *et al.*, 2018). Les IAE actuelles sont des bandes enherbées assez hétérogènes (Annexe 11), en effet certaines s'apparentent plus à des chemins enherbés (Photo 1-a) car des engins agricoles passent dessus alors que d'autres ont une végétation plus dense (Photo 1-b). Les futures IAE sur CA-SYS seront mises en place à l'automne 2018 (Tableau 1). Il a été décidé que des bandes fleuries et des bandes enherbées seraient implantées, ainsi que des haies sur le pourtour du dispositif. Les bandes fleuries sont des surfaces de compensation écologique présentes au moins 2 ans, mesurant de 3 à 5 mètres de largeur, libres de toute exploitation agricole, aménagées en bordure des champs cultivés. Les bandes enherbées sont des bandes végétales denses et permanentes établies le long d'un ou de plusieurs côtés d'un champ (Pointereau *et al.*, 2007 ; Deconchat, 2014). Lorsque ces IAE se situeront entre 2 parcelles, l'IAE sera constituée d'une bande fleurie de 3 mètres entourée de part et d'autre d'une bande enherbée de 3 mètres ; lorsque les IAE seront en bordure d'une parcelle la bande enherbée se situera entre la bande fleurie et la parcelle (Figure 4).



Tableau 2 : Comparaison du site avant et après la mise en place du projet, avec les attendus

		2017	2019	Effets attendus après 2019
<b>Intrants</b>	Pesticides	Oui (sauf Res0pest depuis 2012)	Uniquement 1 à 2 parcelles Phénovia (les années d'essai analytiques)	Augmentation des auxiliaires  Augmentation des bio- agresseurs
	Engrais (minéral de synthèse)	Oui	SD1 et SD2, TS1, Res0pest et Phénovia	Diminuer les engrais de synthèse pour limiter la consommation d'énergie  Favoriser certains µo du sol (mycorhizes)
<b>Itinéraire technique</b>	Labour	Oui (sauf 2 parcelles d'un essai)	TS1 et TS2, Res0pest et Phénovia (tous les 2 ou 3 ans)	Augmentation des auxiliaires et de leur biodiversité (comme diminution du labour), amélioration des propriétés du sol
	Travail du sol hors labour	Oui (sauf 2 parcelles d'un essai)	TS1 et TS2, SD2, Res0pest et Phénovia	
	Semis direct	2 parcelles d'un essai	SD1 et SD2, De manière ponctuelle ailleurs	
	Couverts végétaux	Pratique peu courante	Oui	Limitation des bio-agresseurs,  Augmentation de la biodiversité cultivée
	Association végétale	Pratique peu courante	Oui	
	Rotation	4 à 6 ans pour les essais analytiques, 6 à 7 ans pour les essais systèmes	6 ans SD1 et SD2, Phénovia, 7 ans Rés0pest, 12 ans TS1 et TS2	
<b>IAE</b>	Haies		Oui	Augmentation de la biodiversité des auxiliaires et des ravageurs
	Bandes fleuries		Oui	
	Bandes enherbées	Oui	Oui (en proportion bien supérieure)	

La disposition a été imaginée afin de maximiser les chances de maintenir la diversité végétale sur le long terme dans les bandes fleuries (laisser grainer les espèces) en évitant le salissement des parcelles par les graines des bandes fleuries. Les haies, d'une largeur de 4 mètres, seront accolées à une bande enherbée.

Le tableau 2 résume les pratiques exercées à partir de 2019 avec les effets attendus, et compare les pratiques de 2019 aux pratiques précédentes.

Figure 5 : Emplacement des transects d'échantillonnage

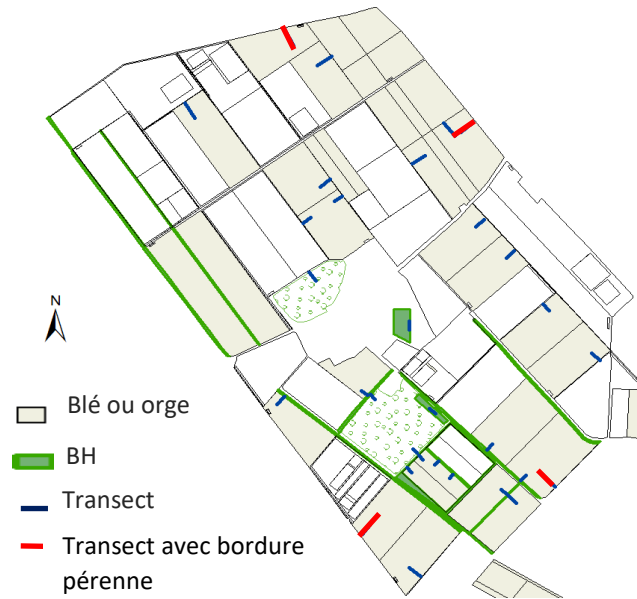


Photo 1 : Infrastructures agroécologiques présentes sur le domaine  
(Crédit photo : J.Buchmann, 2018)

(a) Chemin enherbé



(b) Bande enherbée



(c) Bordure pérenne



## II. Matériels et méthodes

### 1. Sélection des points d'échantillonnage sur la plateforme CA-SYS

Le choix des sites s'est fait selon différents critères. Le premier choix a été de se restreindre à un seul type de culture, car la littérature indique que les niveaux de régulation biologique, comme les communautés de carabes peuvent être très dépendants de la culture en place (Carbonne et Petit, 2017). Nous avons donc choisi nos points d'échantillonnage dans la culture dominante, les céréales d'hiver, à savoir du blé tendre d'hiver ou de l'orge d'hiver. Le second critère a été de prendre en compte la répartition des IAE présentes et des IAE futures. Enfin les points ont été répartis de façon à représenter au mieux les futurs systèmes agroécologiques (SD1, SD2, TS1, TS2) et leur distribution spatiale dans les trois zones. Il faut souligner ici que lorsqu'il y avait des bordures pérennes (Photo 1-c), et non des bandes enherbées (Photo 1-b), à côté des parcelles sélectionnées, celles-ci ont été considérées comme des IAE (Labruyere, 2016). Nous avons ainsi positionné 26 sites sur la plateforme (Figure 5) : 14 sites avec une IAE autour des parcelles, et 12 sites sans IAE. Le détail de la répartition des sites par système agroécologique et zone est présenté dans la table 3.

De plus, des pots Barber ont été placés sur 5 autres sites (3 dans les bois, 1 dans une bande enherbée à côté d'un bois, et 1 dans un bosquet du domaine) afin de connaître la population de carabes à ces endroits comme elle n'avait jamais été étudiée jusqu'à maintenant.

### 2. Mesures effectuées sur les sites

Chaque site est composé d'un transect allant de la bordure au centre de la parcelle. Précisons que les transects se situent au niveau des futures zones suivies, et non au niveau des futures zones analytiques.

Deux distances ont été choisies pour les cartes de prédation, à 8m et à 25m des IAE (actuelles ou futures). Bien que la distance 8m semble loin de la bordure, cette distance a été mûrement réfléchi. En effet, le protocole se devait d'être valable pour le stage et pour les années futures. Dès lors, il fallait prendre en compte la largeur des futures IAE, et ainsi implanter le premier point avec les cartes de régulation assez loin dans la parcelle afin qu'une fois les IAE implantées ce point soit toujours dans la parcelle (et non dans l'IAE). L'étude sur le terrain a été faite durant 3 sessions, d'avril à juin.

Concernant les pots Barber, 3 distances ont été choisies : au niveau des IAE (actuelles ou futures), à 8m et à 25m des IAE.

Tableau 3 : Caractéristiques des 26 sites échantillonnés

Bordure	Zone SD	Zone mixte, non labour	Zone mixte, labour	Zone TS
IAE / Bordure pérenne	2	0	0	12
Sans IAE actuelle	3	4	3	2

Photo 2 : Carte de prédation de graines de *Viola arvensis* dans une cage d'exclusion ouverte après une semaine sur le terrain (Crédit photo : C.Méline, 2018)



Photo 3 : Carte de prédation de pucerons (Crédit photo : C.Méline, 2018)



#### a) Suivi de la régulation biologique

##### *Les cartes de prédation des graines :*

Il est important de limiter les adventices ; 92% des essais en blé montrent une perte significative de rendement, en moyenne 26q/ha, lorsque les parcelles ne sont pas traitées (Cordeau *et al.*, 2016). La flore adventice se définit comme des plantes qui offrent des services écosystémiques mais dont les contraintes de nuisibilités sont supérieures aux aspects bénéfiques qu'elles peuvent produire (Cordeau *et al.*, 2016).

Des graines de *Viola arvensis*, une espèce d'adventice commune dans la région, ont été utilisées. Ces graines sont beaucoup consommées dans la région bourguignonne par les carabes (Trichard *et al.*, 2013 in (Labruyere 2016), d'où le fait d'utiliser cette espèce.

Pour évaluer la prédation des graines la méthode décrite par Westerman *et al.*, (2003) a été utilisée. Les graines ont été collées sur des carrés de papier de verre de 5\*5 centimètres, au nombre de 10 par carré (Photo 2). Les cartes de prédation sont restées une semaine sur le terrain.

##### *Les cartes de prédation des pucerons :*

Les pucerons peuvent engendrer des dégâts non négligeables, les pertes de rendements sont bien plus importantes à cause de dégâts dus à des virus (jusqu'à 85% pour des orges infectées par la jaunisse nanisante) qu'à des effets directs (environ 10% pour le blé) (Turpeau-Ait Ighil *et al.* 2011 & Turpeau *et al.*, 2010).

Des pucerons verts de pois, *Acyrtosiphon pisum*, en tant que bio-agresseur animal, ont été utilisés. Ces pucerons ont été mis sur des carrés de papier de verre de 5\*5 centimètres, au nombre de 3 par carré (Photo 3). Ils sont restés 2 jours sur le terrain en mai, et 1 jour en juin. Nous n'avons pas pu laisser les pucerons 1 jour en mai comme initialement prévu car des pesticides ont été répandus le jour du ramassage prévu.

#### b) Suivi des carabes

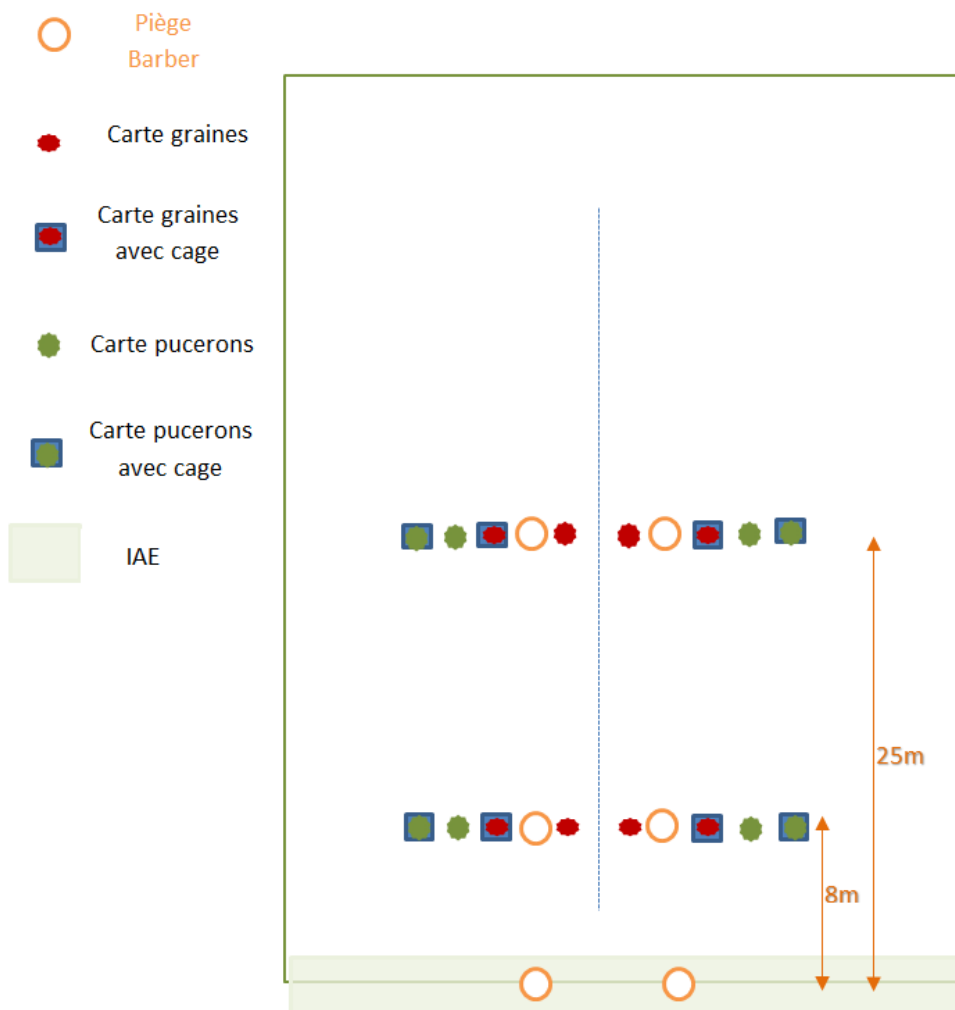
Les carabes sont des bons agents de contrôle de nombreux ravageurs et d'adventices. Les adultes sont majoritairement carnivores. 90% des larves de carabes sont carnivores (Tosser, 2016; Lövei & Sunderlank, 1996)

Photo 4 : Moitié du dispositif expérimental à 8m dans une parcelle de blé  
 (Crédit photo : C.Méline, 2018)



- a. Carte de prédation d'adventices
- b. Pot Barber sous un toit
- c. Carte de prédation d'adventices sous cage d'exclusion
- d. Carte de prédation pucerons
- e. Carte de prédation de pucerons sous cage d'exclusion

Figure 6 : Emplacement des cartes de prédation et pots Barber sur un transect dans le cas d'une parcelle jouxtant une bande enherbée



Les autres carabes ont un régime omnivore ou granivore (Lövei & Sunderland, 1996). Les carabes sont donc des ennemis naturels potentiels des adventices à travers la prédation des graines (Bohan *et al.*, 2011). Des études montrent que la prédation par les carabes permettrait une diminution annuelle moyenne de graines d'adventices de 50% (Davis *et al.*, 2011). La prédation est préférentielle, en effet certaines adventices sont plus consommées que d'autres, selon leur taille, l'épaisseur de leur tégument ou leur valeur nutritionnelle par exemple (Hulme, 1998 ; Trichard *et al.*, 2013a in Labruyere 2016).

Bien que des graines ou des pucerons soient mangés par des carabes ou d'autres animaux, nous ne savons pas quels carabes sont présents dans les parcelles, d'où l'utilité de poser des pièges Barber. Ceux-ci, de diamètre 8.7cm, sont remplis jusqu'au premier tiers de liquide vaisselle inodore, d'eau et de sel, puis enterrés avec leur bord supérieur qui affleure le sol afin que les carabes puissent tomber dedans durant la semaine de pose. Un toit en plexiglas recouvre les pièges afin de les protéger de la pluie (Photo 3). Le sel permet de conserver les carabes durant le temps de pose du piège, et le liquide vaisselle permet que les carabes tombent directement au fond du liquide (Denux, 2008). Les pièges sont récupérés après une semaine. Les carabes ont ensuite été identifiés essentiellement grâce à la clé de détermination des carabidés de Roger (2012). Des araignées ont aussi été piégées mais elles n'ont pas été identifiées par manque de temps.

Les pièges Barber permettent de connaître la richesse spécifique des carabes et leur activité-densité, et non pas leur abondance. En effet, le nombre de carabes capturés dépend entre autre de leur densité et de leur activité, d'où le fait de ne pas parler d'abondance (« PIRAT 2013 » 2013).

Huit cartes de prédation étaient fixées à l'aide d'un clou pour chaque distance : quatre cartes de prédation sans cage d'exclusion (2 pour les pucerons et 2 pour les graines) et quatre cartes de prédation avec cages d'exclusion (2 pour les pucerons et 2 pour les graines). Les cages d'exclusion permettent de faire un ratio pour connaître le taux de prédation total et le taux de prédation effectué par des Invertébrés (Figure 6 et Photo 4).





### 3. Statistiques

Tout d'abord, les nombres de graines ou de pucerons d'un même transect pour une même distance ont été additionnés entre les cartes de prédation de droite avec cage et les cartes de prédation de gauche avec cage, car a priori les pucerons ou les graines ne sont pas préférentiellement mangés en étant posés à droite ou à gauche du transect. Il en est de même pour les cartes de prédation sans cage et pour les pots Barber d'une même distance sur un transect.

Concernant la régulation biologique des graines d'adventices, nous avons travaillé sur les taux de prédation des graines (Graines posées initialement – Graines mangées) / (Graines posées initialement).

Les tests statistiques effectués sont des tests de Student, il est donc supposé que la répartition des taux de prédation suit une distribution symétrique. Afin de prendre en compte que les variances sont hétérogènes, le test de Student est adapté grâce au test de Welch. Pour tester l'hypothèse 1, à savoir que la présence d'IAE augmente la régulation biologique, nous avons comparé pour une même distance la moyenne des taux de prédation en présence d'IAE et la moyenne des taux de prédation sans IAE.

Lorsque nous avons voulu tester l'hypothèse 2, à savoir que la régulation biologique est plus importante en bordure de parcelles qu'au centre des parcelles, nous avons demandé à ce que l'effet distance soit apparié. Ainsi pour chaque transect le taux de prédation de la distance 8m était comparé au taux de prédation de la distance 25m, la sortie du logiciel est donc une moyenne des différences des taux de prédation à 8m et 25m.

Concernant la régulation biologique des pucerons, nous avons sommé toutes les cartes par système : total pucerons mangés/total pucerons posés initialement en présence d'IAE à une certaine distance, et nous avons fait de même pour les transects sans IAE à la même distance, pour ensuite comparer les proportions avec la fonction prop.test. Nous avons fait le même principe pour comparer les pucerons mangés à 8m et 25m.

L'activité-densité et la richesse spécifique des carabes ont été étudiées avec des tests de Student, puisque l'idée est de comparer la moyenne de l'activité-densité ou la moyenne de la richesse spécifique des carabes en présence versus absence d'IAE ainsi qu'en fonction de la distance à la bordure. Les tests ont aussi été effectués en étudiant l'activité-densité des carabes selon leur régime trophique, toujours en présence versus absence d'IAE ainsi qu'en fonction de la distance à la bordure.



Des ACP (Analyse en Composantes Principales) ont été réalisées grâce au logiciel Canoco 5. C'est une méthode multivariée descriptive qui résume la variation de la composition des espèces, sur laquelle nous pouvons projeter des variables environnementales pour faciliter l'interprétation. Avec le logiciel Canoco, les espèces sont représentées par des flèches, et non par des points comme dans le logiciel R. Il est en effet admis qu'avec ce logiciel, lors d'ACP, le gradient des espèces est linéaire et donc que l'espèce augmente le long de ce gradient. Dans ce rapport, chaque flèche pointe dans la direction de l'augmentation la plus forte de l'activité-densité des carabes pour l'espèce correspondante. Seules les espèces ayant une occurrence d'apparition de 5% ou plus parmi les 26 transects ont été utilisées pour les ACP.

De plus des modèles linéaires généralisés (GLM) ont été utilisés pour étudier la relation entre l'activité-densité des carabes et le taux de prédation des graines ou des pucerons. La loi Binomiale a été choisie (comptage de graines ou pucerons prédatés sur un nombre initial de graines ou de pucerons connu).

Tableau 4 : Résumé de l'effet des IAE sur les taux de prédation des graines et les pucerons mangés à 8m et à 25m

	Distance 8m				Distance 25m			
	IAE	Sans IAE	P value	Sd	IAE	Sans IAE	P value	Sd
<b>TP Adventices Inv</b>								
Avril	0.31	0.29	0.83	0.25	0.32	0.19	0.09	0.21
Mai	0.25	0.49	0.11	0.37	0.33	0.44	0.38	0.31
Juin	0.28	0.15	0.23	0.28	0.19	0.35	0.23	0.33
<b>TP Adventices Total</b>								
Avril	0.76	0.56	0.24	0.41	0.70	0.59	0.49	0.42
Mai	0.76	0.77	0.95	0.36	0.90	0.80	0.30	0.22
Juin	0.64	0.73	0.39	0.30	0.66	0.90	<b>0.05*</b>	0.32
<b>TP Pucerons Inv</b>								
Mai	0.75	0.63	0.13		0.83	0.69	0.06	
Juin	0.64	0.60	0.67		0.69	0.58	0.22	
<b>TP Pucerons Total</b>								
Mai	0.70	0.56	0.08		0.86	0.72	0.06	
Juin	0.88	0.71	<b>0.01*</b>		0.87	0.82	0.5	

Test de Student Welch pour les adventices. Comparaison des proportions avec prop.test pour les pucerons.

Tableau 5 : Résumé de l'effet distance sur les taux de prédation des graines et les pucerons mangés en présence et en absence d'IAE

	IAE				Sans IAE			
	Moy des différences entre 8m et 25m		P value	Sd	Moy des différences entre 8m et 25m		P value	Sd
<b>TP Adventices Inv</b>								
Avril	-0.02		0.85	0.26	0.1		0.14	0.19
Mai	-0.076		0.33	0.29	0.017		0.92	0.36
Juin	0.09		0.2	0.29	-0.20		0.13	0.32
<b>TP Adventices total</b>								
Avril	0.05		0.75	0.37	-0.029		0.83	0.45
Mai	-0.14		0.18	0.30	-0.03		0.83	0.30
Juin	-0.028		0.76	0.35	-0.16		<b>0.05*</b>	0.22
	8m	25m	P value	8m	25m	P value		
<b>TP Pucerons Inv</b>								
Mai	0.75	0.83	0.25	0.63	0.69	0.48		
Juin	0.64	0.69	0.62	0.60	0.58	1		
<b>TP Pucerons total</b>								
Mai	0.70	0.86	<b>0.02*</b>	0.56	0.72	0.06		
Juin	0.88	0.87	1	0.71	0.82	0.17		

Test de Student Welch pour les adventices, avec effet apparié. Comparaison des proportions avec prop.test pour les pucerons.

### III. Résultats

#### 1. Effets des IAE et de la distance sur les taux de prédation

En ce qui concerne les adventices, les Vertébrés contribuent de façon substantielle à leur prédation. On vérifie bien que la prédation totale (Inv+V) est toujours significativement supérieure à la prédation par les invertébrés seuls ; ce résultat est vrai en présence ou non d'IAE, à 8m et à 25m et pour les 3 sessions de mesures. Ceci semble également vrai pour la prédation des pucerons mais uniquement en juin. En mai, la prédation des pucerons semble être exercée uniquement par les invertébrés (Annexe 1).

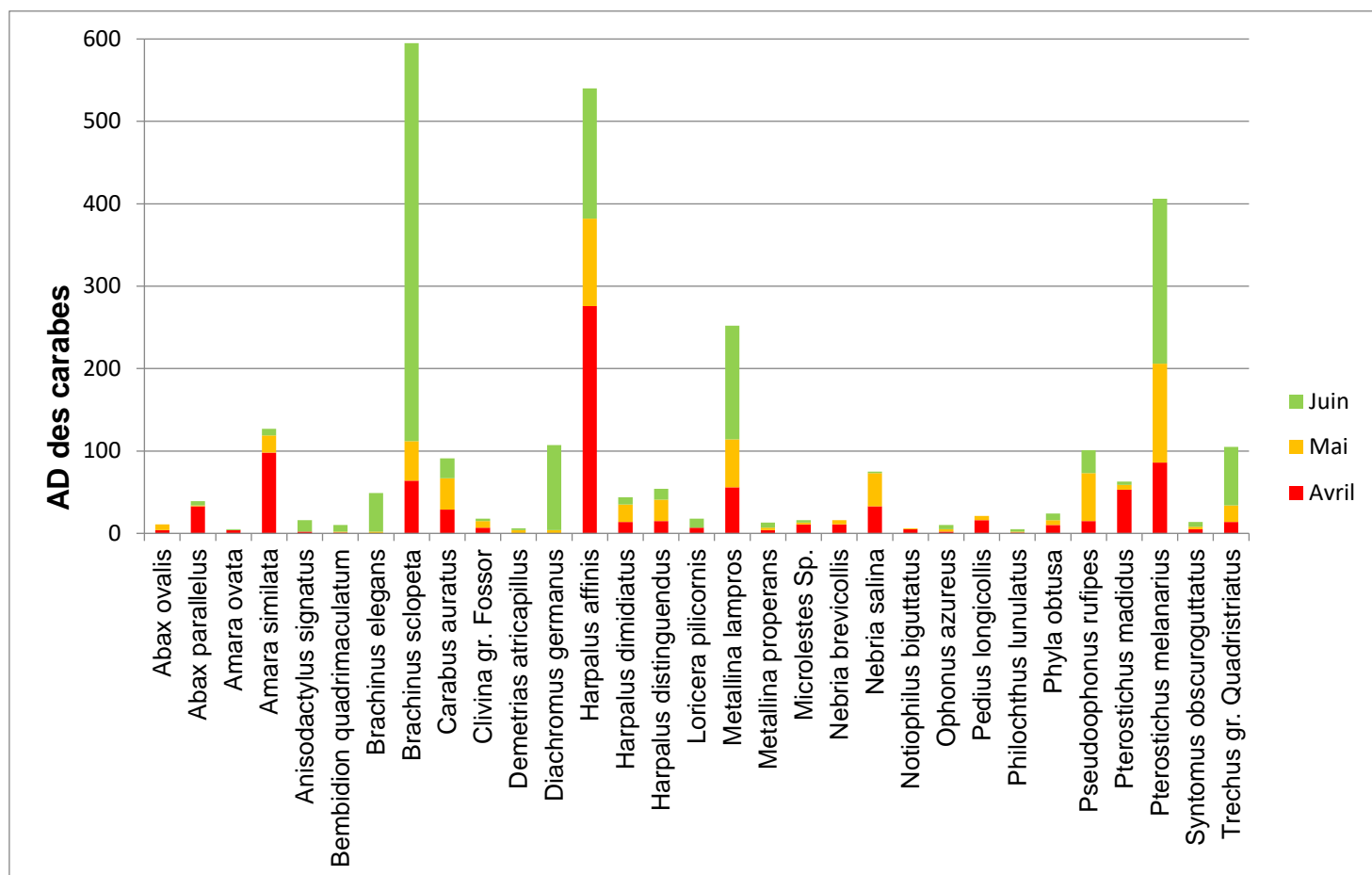
##### a) La prédation des adventices

Globalement, nous ne détectons pas d'effet de la présence d'IAE sur les taux de prédation d'adventices, que ce soit par les invertébrés ou en prédation totale et ceci sur les trois sessions de mesure. La seule exception est une prédation totale plus élevée en absence d'IAE à une distance de 25 m en juin (Tableau 4). En ce qui concerne la distribution spatiale de la prédation dans la parcelle, on ne détecte pas de différence majeure entre la bordure et le centre, à savoir que les taux de prédictions par les invertébrés et la prédation totale ne sont pas significativement différents à 8m et 25m, en présence ou non d'IAE, pour toutes les sessions de mesure, à l'exception de la prédation totale qui est supérieure à 25m en juin en absence d'IAE (Tableau 5).

##### b) La prédation des pucerons

Pour les pucerons, la présence d'IAE a un effet positif sur leur prédation en mai, aussi bien à 8m qu'à 25m (P value entre 0.06 et 0.13) et un effet positif significatif ( $p = 0.01$ ) pour la prédation totale en juin à 8m (Tableau 4). En ce qui concerne la distribution spatiale de la prédation dans la parcelle, on ne détecte pas de différence majeure entre la bordure et le centre, à savoir que les taux de prédictions par les invertébrés et la prédation totale ne sont pas significativement différents à 8m et 25m, en présence ou non d'IAE, pour toutes les sessions de mesure, à l'exception de la prédation totale qui est supérieure à 25m en mai en présence d'IAE (Tableau 5).

Figure 7 : Activité-densité cumulée des 26 transects des carabes selon les sessions  
 (hormis *Anchomenus dorsalis*, *Brachinus crepitans*,  
*Poecilus Cupreus* et les carabes avec AD<5)



## 2. Les communautés de carabes sur la plateforme CA-SYS

17 632 individus et 57 espèces ont été piégés dans les parcelles et les IAE entourant certaines parcelles : 7345 individus et 41 espèces en avril, 5717 individus et 40 espèces en Mai, 4570 individus et 42 espèces en Juin. <sup>1</sup>

L'activité-densité des carabes a fluctué au niveau temporel comme au niveau spatial durant les 3 sessions de piégeage. Au fur et à mesure des sessions l'activité-densité des carabes par transect (sans prendre en compte les 5 transects qui ne sont pas dans les parcelles) a diminué, il y a en effet 7 transects sur 26 en avril comprenant moins de 150 carabes contre 14 transects en mai et 17 en juin (Annexe 2-a). La richesse spécifique a moins fluctué, il y a en effet 14 transects sur 26 comprenant entre 6 et 10 espèces de carabes en avril, contre 13 transects en mai et 16 en juin (Annexe 2-b).

Les 3 espèces dominantes en activité-densité sont *Poecilus cupreus*, *Anchomenus dorsalis* et *Brachinus crepitans*, avec respectivement une activité-densité cumulée sur les 3 sessions de 8170, 4138 et 2842 carabes. *Poecilus cupreus*, au nombre de 4756 en avril, comptabilise la moitié des individus présents en avril, cette espèce fait ainsi gonfler l'activité-densité des carabes en avril (Annexe 3).

Certains carabes ont vu leur activité-densité augmenter entre avril et juin, c'est le cas de *Brachinus sclopeta* qui est passé de 64 individus en avril à 483 en juin ou de *Pterostichus melanarius* qui est passé de 86 individus en avril à 200 en juin (Figure 7). D'autres au contraire ont vu leur activité-densité diminuer, c'est le cas de *Harpalus affinis* qui est passé de 276 individus en avril à 158 en juin (Figure 7) ou de *Poecilus cupreus* qui est passé de 4756 individus en avril à 1070 en juin (Annexe 3).

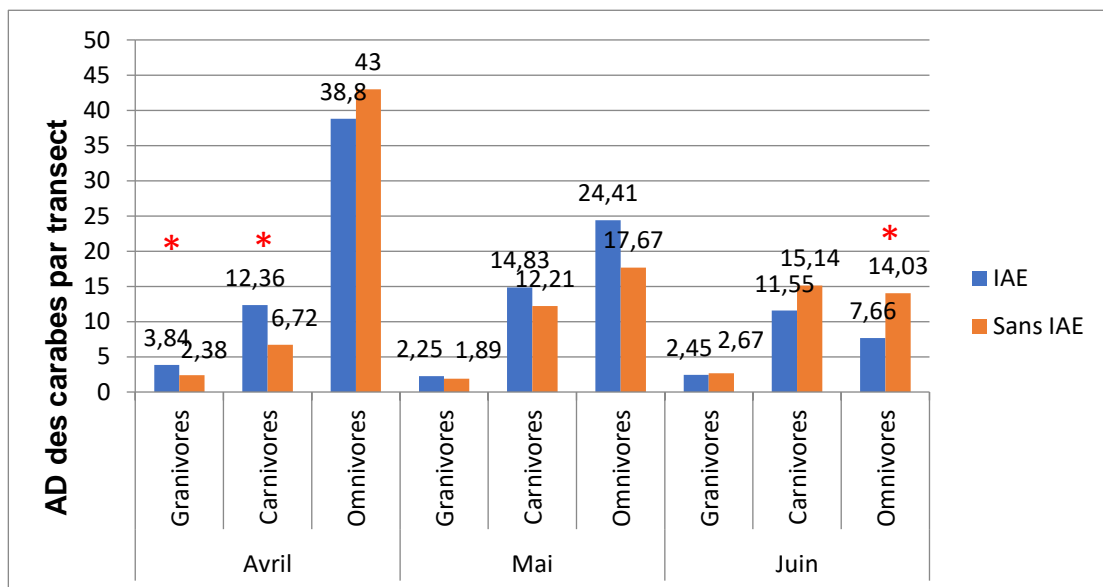
Parmi les carabes piégés dans et en bordure de parcelles, 29 individus soit 0.16% mangent des collemboles et 192 individus soit 1.09% ont un régime alimentaire inconnu, nous ne considérerons donc pas ces régimes alimentaires par la suite lorsque nous étudions les carabes par régime trophique (Annexe 9).

---

<sup>1</sup> De plus, 539 carabes et 37 espèces ont été piégés dans les forêts du site, une bande enherbée isolée et un bosquet lors des 3 sessions, dont 83 *Abax parallelepipedus* et 17 *Carabus Nemoralis*. **Ces 539 carabes ne seront pas pris en compte dans la suite du rapport car ils n'interviennent pas dans la régulation biologique des parcelles.**



Figure 8 : Moyenne de l'activité-densité des carabes par transect selon leur régime trophique en fonction de la présence ou non d'IAE



Test de Student Welch

Les carabes omnivores sont les carabes ayant le régime trophique dominant en avril, puis leur activité-densité diminue par la suite pour se retrouver équivalente à celle des carnivores en juin (Figure 8). Nous pouvons mettre en lien cette diminution de carabes omnivores avec la diminution de l'activité-densité des *Poecilus cupreus* vue précédemment. L'activité-densité des carnivores et des granivores ne fluctue pas au fil des sessions.

L'espèce dominante parmi les espèces granivores est *Harpalus affinis*. Les espèces dominantes parmi les espèces carnivores sont *Anchomenus Dorsalis* et *Brachinus crepitans*. L'espèce dominante parmi les espèces omnivores est *Poecilus cupreus* (Annexe 4-a-b-c).

#### a) Influence des IAE et de la distance sur les carabes

L'ACP du mois d'avril montre une séparation des sites selon l'axe 1 avec à gauche les parcelles entourées d'IAE et à droite les parcelles sans IAE. La plupart des espèces semble négativement associée à l'axe 1, laissant penser que les communautés de carabes dans les sites avec présence d'IAE sont plus abondantes et diversifiées. Parmi ces espèces, on distingue *Poecilus cupreus* et *Anchomenus dorsalis* qui sont particulièrement bien représentées dans ce plan. Ce sont donc a priori des espèces ayant une activité-densité plus abondante. L'axe 2 est particulièrement associé à *Brachinus crepitans* qui lui est positivement associé. Il semblerait que cette espèce soit associée aux bordures de parcelles sans IAE. Enfin il semble qu'il y ait de plus en plus de carabes au fur et à mesure qu'on avance dans la parcelle lorsque celle-ci est bordée d'IAE.

Les variables environnementales sont moins bien discriminées sur l'ACP du mois de mai, il est donc plus difficile d'en faire ressortir quelque chose. On peut dire que les carabes semblent moins abondants dans les bordures et à 8m dans les parcelles avec IAE, ainsi qu'à 25m dans les parcelles sans IAE. On les retrouve majoritairement dans les bordures et à 8m dans les parcelles sans IAE, ainsi qu'en plein champ des parcelles avec IAE.

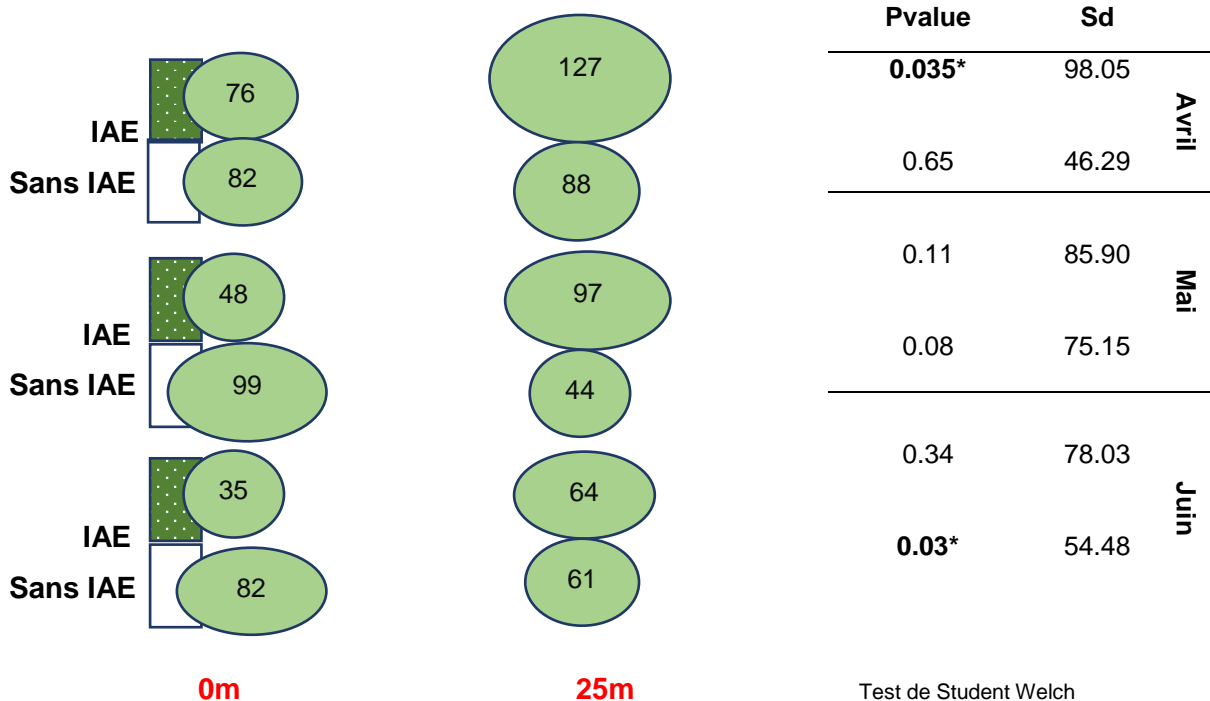
Enfin concernant l'ACP du mois de juin, les carabes semblent plus abondants dans les parcelles sans IAE, et ceci est particulièrement vrai au fur et à mesure que l'on se rapproche de la bordure de la parcelle. C'est le cas pour *Brachinus Crepitans*, *Harpalus Distinguendu*, *Diachromus germanus*, *Brachinus elegans*, *Brachinus sclopeta*, *Anchomenus dorsalis* et *Poecilus cupreus*. Comme pour le mois de mai, le milieu le moins abondant en carabe semble être les bordures de parcelle avec IAE (Annexe 7).

Tableau 6 : Impact des IAE sur l'activité-densité (AD) et la richesse spécifique (RS) des carabes par distance (tous régimes trophiques confondus)

		IAE	Sans IAE	Pvalue	Sd
Avril	AD 0m	76	81.7	0.77	49.8
	AD 8m	109.2	78.8	0.35	84.28
	AD 25m	126.8	87.7	0.30	97.68
Mai	AD 0m	48.4	98.6	0.14	81.79
	AD 8m	87.2	62.5	0.35	69.73
	AD 25m	97.3	43.6	0.08	80.47
Juin	AD 0m	35.42	81.67	<b>0.007**</b>	43.73
	AD 8m	38.43	76.91	0.13	59.36
	AD 25m	64.29	61.17	0.93	87.26
Avril	RS 0m	7.14	6.17	0.29	2.36
	RS 8m	6.93	6.17	0.40	2.37
	RS 25m	6.86	4.58	<b>0.01*</b>	2.50
Mai	RS 0m	6.43	7.25	0.39	2.38
	RS 8m	5.64	5.41	0.77	1.92
	RS 25m	6	5.67	0.68	1.99
Juin	RS 0m	6.36	7.92	0.08	2.35
	RS 8m	5.86	6	0.86	1.87
	RS 25m	5.64	5.92	0.76	2.20

Test de Student Welch

Figure 9 : Impact de la distance sur l'AD des carabes, selon la présence ou non d'IAE



Il n'y a pas d'effet des IAE sur l'activité-densité des carabes, mise à part en juin où l'activité-densité est plus importante en bordure de parcelles sans IAE (81.67 carabes) qu'en bordure de parcelles avec IAE (35.42 carabes), ce qui va dans le même sens que l'ACP du mois de juin. Les IAE n'ont pas non plus d'effet sur la richesse spécifique des carabes, mise à part en avril où elle a tendance à être plus importante en présence d'IAE, elle est même significativement supérieure à 25m (Tableau 6).

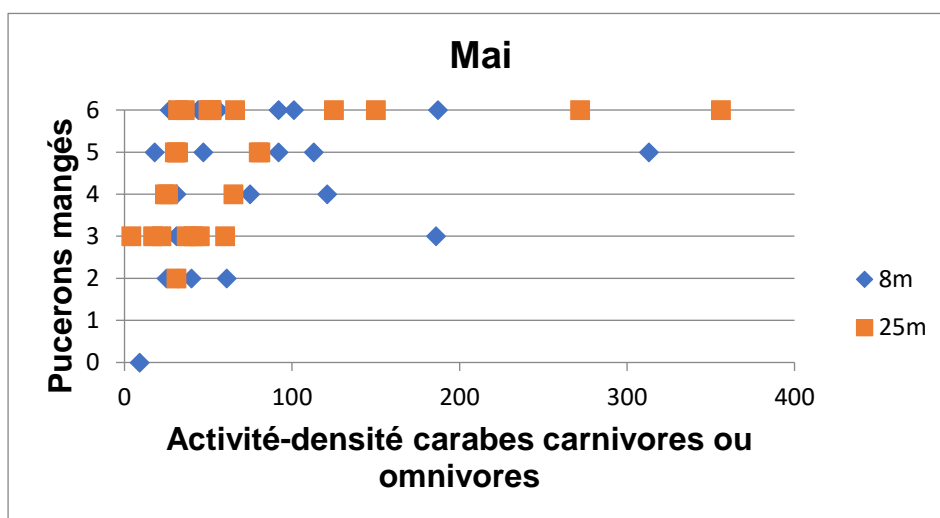
Lorsque l'on regarde plus précisément l'activité-densité des carabes par transect selon leur régime trophique, il s'avère que les granivores et les carnivores sont impactés positivement par la présence des IAE en avril à l'échelle de la parcelle. Il y a en effet 12.36 carabes carnivores par transect en présence d'IAE contre 6.72 carabes carnivores sans IAE autour des parcelles. Durant le mois de mai et de juin, les IAE ne semble pas impacter l'activité-densité des carabes selon leur régime trophique, mise à part en juin où les omnivores sont plus présents en absence d'IAE (Figure 8).

Nous voyons que les IAE n'impactent pas l'activité-densité des carabes selon leur régime trophique quel que soit la distance, si ce n'est en avril et en mai pour les carnivores à 25m où les IAE favorisent les carabes (12.88 vs 4.55 et 15.71 vs 6.69 respectivement). Les omnivores sont eux favorisés en mai en absence d'IAE en bordure de parcelles, et les carnivores sont favorisés en juin par l'absence d'IAE à 8m (Annexe 5). Concernant la richesse spécifique selon le régime trophique des carabes, il s'avère que les IAE n'ont pas d'impact sur celle-ci, excepté au mois d'avril où la richesse spécifique est plus importante pour les granivores dans les IAE en bordure de parcelles et les carnivores à 25m, ainsi qu'en juin où les granivores sont plus diversifiés à 8m en présence d'IAE (Annexe 5).

Les carabes ont tendance à avoir une activité-densité supérieure dans les parcelles qu'en bordure durant les 3 sessions en présence d'IAE, ainsi en mai l'activité densité est en moyenne de 48.4 carabes à 0m contre 97.3 carabes à 25m. Ceci va donc dans le même sens que les ACP des mois de mai et de juin. Cette observation n'est pas vraie en absence d'IAE autour des parcelles (Figure 9).

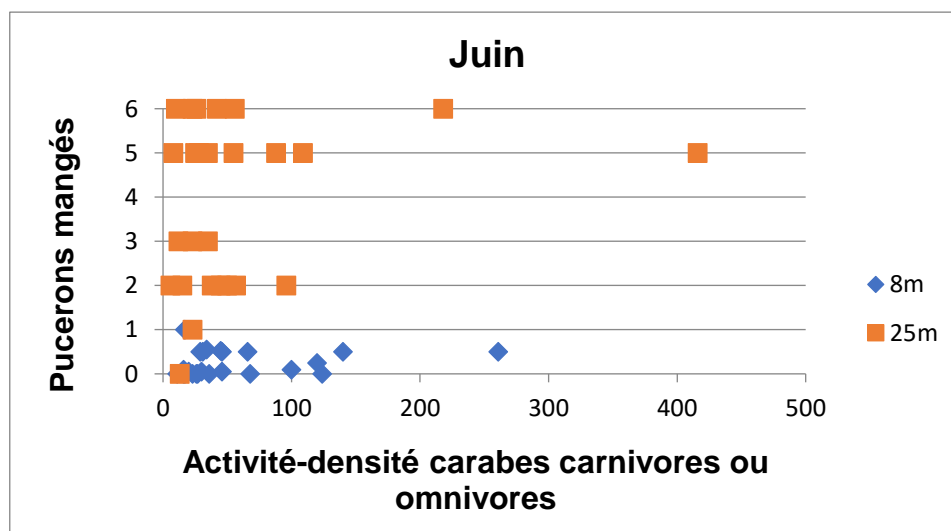
En s'intéressant au régime trophique, nous voyons que seuls les omnivores sont impactés par la distance, en effet ceux-ci sont plus présents au sein des parcelles (à 25m) qu'en bordure de parcelles lors des 3 sessions, ceci est seulement vrai lorsque les parcelles sont bordées d'IAE (Annexe 6).

Figure 10 : Relation entre l'AD des carabes carnivores et omnivores et le taux de prédation des pucerons exercé par les Invertébrés en mai et en juin



Résultat du GLM expliquant la variation du nombre de pucerons mangés sous cage d'exclusion en fonction de l'activité-densité des carabes carnivores et omnivores

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	0.363655	0.209962	1.732	0.08327
NbCarabeCarni_Omni	0.010646	0.003248	3.278	<b>0.00105 **</b>



Anova(glm.pred, Test="F")

	SS	Df	F	Pr(>F)
NbCarabeCarni_Omni	4.545	1	2.0791	0.1556
Residuals	109.305	50		

## b) Influence de l'activité-densité des carabes sur la régulation biologique

Il n'y a pas de relation entre le taux de prédation d'adventices par les Invertébrés et l'activité-densité des carabes granivores et omnivores en avril comme en mai ou en juin (Annexe 8).

De même, il ne semble pas y avoir de relation entre le nombre de pucerons mangés et l'activité-densité des carabes carnivores et omnivores en juin ( $p$ -value = 0,16). Par contre en mai il y a une relation positive (Estimate = 0.0106,  $p$ -value = 0.001) entre le nombre de carabes carnivores et omnivores et le taux de prédation des pucerons exercé par les Invertébrés (Figure 10).



## IV Discussion

### 1. Influence de la présence des IAE sur la régulation biologique

Notre hypothèse était que la présence de bandes enherbées pouvait se traduire par des niveaux de régulation biologique plus importants dans la parcelle adjacente. Nos résultats ne mettent pas en évidence d'effet majeur des IAE sur les taux de prédation, sauf pour les pucerons au mois de mai, plus consommés en bordure de parcelles en présence d'IAE.

Ces résultats sont à mettre en regard avec l'impact des IAE sur la communauté des carabes. Et la comparaison est assez étonnante. En effet lorsque l'activité-densité des carabes est impactée par la présence des IAE, la régulation biologique du même mois n'est pas impactée. A titre d'exemple, nous avons vu que l'activité-densité des carabes granivores est impactée positivement en avril par la présence des IAE (Figure 8), mais pour autant la régulation biologique des adventices n'en est pas meilleure (Tableau 5). Ceci est donc en accord avec nos analyses qui ne détectent pas de relation entre l'activité-densité des carabes et la prédation des adventices (Annexe 8). Ces résultats sont en contradiction avec de nombreuses publications, comme celle de Westerman *et al.* (2003) ou Cromar *et al.* (1999) qui montrent une relation positive entre l'activité-densité des carabes et le taux de prédation des adventices. Une étude récente a ainsi montré que plus il y a de carabes dans un champ, moins les graines sont présentes dans le stock semencier du sol (Bohan *et al.*, 2011). Mais pour autant des publications ne montrent pas de relation positive entre les deux, comme Saska *et al.* (2008) ou Honek *et al.* (2003).

Concernant les graines d'adventices, la prédation intra-guilde ou la compétition entre les auxiliaires peut expliquer la non relation entre le taux de prédation par les Invertébrés et l'activité-densité de carabes granivores et omnivores (Straub *et al.*, 2008). De plus, nous avons seulement une approximation de la prédation réelle avec les cartes de prédation, cela ne traduit pas la prédation exacte sur le terrain. Nous pouvons imaginer que les graines étaient plus disponibles dans l'environnement et que les carabes ont donc moins mangé les graines sur les cartes de prédation.





Concernant les pucerons, une explication pourrait se trouver dans le nombre de pucerons posés sur les cartes de prédation. En effet, nous voyons que beaucoup de cartes ont les 6 pucerons mangés, ceci peut expliquer la non relation entre le nombre de carabes et la prédation pour le mois de juin. En effet, les pucerons ont pu être tous mangés avec un nombre réduit de carabes, et dans le même temps d'autres carabes ont tout de même pu être piégés, cela n'impactera juste plus le nombre de pucerons mangés puisqu'ils sont déjà tous mangés.

Une explication sur le fait que les IAE n'aient pas vraiment d'impact sur la régulation biologique pourrait être que les IAE soient trop hétérogènes les unes par rapport aux autres. La composition, comme la hauteur ou le stade phénotypique changent beaucoup entre une IAE et une autre (Annexe 11), ce qui implique des variations sur l'effet de celles-ci par rapport à la population des auxiliaires.

Une deuxième explication pourrait être que les auxiliaires soient favorisés par certaines espèces végétales ou une composition particulière des bandes enherbées, et que ces aspects ne soient pas vérifiés sur le domaine. Holland *et al.*, (2016) affirme que la composition ou l'abondance dans le paysage des IAE semble être des facteurs pouvant jouer sur l'efficacité des IAE sur la régulation biologique. Avec une forte diversité végétale il y a par conséquent plus d'habitats et plus de ressources de nourritures possibles, et ainsi une diversité d'auxiliaires attirés plus importante (Altieri and Letourneau, 1982). Or dans les bandes enherbées déjà présentes sur le domaine, la plupart sont majoritairement constituées de graminées, ce qui ne suffit peut-être pas en terme de diversité d'habitats.

Une autre explication pourrait être que les pratiques agricoles contrent les bienfaits supposés des IAE. En effet jusqu'à maintenant des pesticides sont répandus et le labour est pratiqué, ce qui peut conduire la population des auxiliaires à la baisse, et ainsi mener à une absence de différence concernant la régulation biologique entre les parcelles avec et sans IAE (Tscharrntke *et al.*, 2016).



## 2. Influence de la distance à la bordure sur la régulation biologique

L'hypothèse que nous avons retenu est que le niveau de prédation serait plus important en bordure qu'au centre des parcelles, du fait que les auxiliaires vont moins dans le centre des parcelles que les ravageurs (Holland *et al.*, 2016). Concernant l'impact de la distance sur la régulation biologique des adventices, il paraît étonnant qu'il n'y ait pas moins de régulation biologique à 25m qu'à 8m. Le fait d'avoir une régulation biologique totale des adventices plus importante à 25m qu'à 8m en juin sans IAE en bordure ou une régulation biologique totale des pucerons plus importante à 25m qu'à 8m en mai avec IAE en bordure est encore plus étonnant.

Une explication concernant le fait que la régulation biologique n'est pas plus importante à 8m qu'à 25m pourrait être que la distance de 25m n'est pas assez importante pour ne plus être sous l'influence des bordures. En effet d'après Collard *et al.*, (s.d) les IAE semblent favoriser les carabes jusqu'à 30-50m dans les parcelles.

Concernant la régulation biologique parfois plus importante à 25m qu'à 8m, ceci peut s'expliquer par une présence importante de Vertébrés en plein champ. Des publications vont dans ce sens, à savoir que la prédation des adventices se fait aussi grâce à des Vertébrés, c'est le cas de l'article de Bricker *et al.* (2010).

Néanmoins, nous avons observé une activité-densité des carabes plus importante dans les parcelles que dans les IAE en bordure de parcelles durant les 3 sessions de piégeage. Une explication pourrait être que des carabes, sûrement les omnivores puisqu'ils sont significativement plus présents à 25m que dans les IAE en bordure de parcelles, utilisent les IAE en bordure pour hiverner, puis vont dans les cultures pour se nourrir une fois la mauvaise saison passée (Holland *et al.*, 2005 ; Petit *et al.*, 2015). C'est la théorie de la colonisation cyclique (Wissinger, 1997).

Le fait d'avoir plus de carabes dans les parcelles, ici les omnivores, est favorable au non salissement des parcelles. Bien que les omnivores mangent moins de graines que les granivores, *Pseudoophonus rufipes*, carabe granivore, consomme 26.35 graines par jour en moyenne contre 1.28 graines par jour pour *Pterostichus melanarius*, carabe omnivore (Petit *et al.*, 2014), ils sont tout de même importants pour la lutte contre les adventices. En effet, comme nous l'avons vu précédemment les omnivores sont plus nombreux que les granivores en terme d'activité-densité, leur rôle n'est donc pas à négliger dans la lutte contre les adventices.



## Conclusion

Nous avons étudié si la présence des IAE ou le fait d'être en bordure de parcelles (8m) favorisait la régulation biologique dans les parcelles. Nous avons de plus étudié si la présence des IAE favorisait l'activité-densité et la richesse spécifique des carabes. La plupart des résultats montre que les IAE actuellement implantées sur le domaine n'ont pas d'impact sur la régulation biologique, et que les relevés en bordure de parcelles (8m) ne montrent pas de meilleure régulation biologique que les relevés centraux (25m). Les carabes ne sont pas impactés par la présence des IAE en terme d'activité-densité comme en terme de richesse spécifique. Les 3 hypothèses sont donc infirmées. Néanmoins nous pouvons dire que les carabes ont tendance à être plus nombreux dans les parcelles que dans les IAE, ceci est à mettre en lien avec la colonisation cyclique.

La régulation biologique va être amenée à être étudiée de nouveau durant les années futures, afin de voir si celle-ci est meilleure sans pesticide, en présence d'IAE et avec moins de travail du sol. Bien que les IAE soient souvent vues comme un atout à la régulation biologique, il est difficile d'avoir un effet certain des IAE sur le mouvement des ravageurs et de leurs ennemis. En effet les haies peuvent avoir un rôle de barrière ou un rôle de corridor par exemple (Holland *et al.*, 2016).

Il pourrait être intéressant de regarder dans quelques années si la régulation biologique est meilleure dans la zone en semi direct que dans la zone avec travail du sol. En effet selon les publications les carabes ne réagissent pas de la même manière. D'après Kromp (1999) les carabes sont affectés négativement par le labour, donc plus celui-ci est réduit plus les carabes sont présents. Avec du non labour l'environnement est plus stable, ce qui encourage le développement d'espèces : la régulation biologique peut ainsi être améliorée (Rusch *et al.* 2010). Mais d'autres publications avancent qu'il peut y avoir moins, ou pas de différence concernant l'activité-densité des carabes en comparant des parcelles avec et sans labours (Lalonde, 2011).

Il pourrait aussi être intéressant de faire un suivi des limaces car ce sont des ravageurs importants. Dans ce cas il faudrait par contre effectuer le suivi avant le stade tallage du blé et de l'orge, car après ce stade les céréales d'hiver sont moins sensibles aux dégâts des limaces (Bieri *et al.*, 2010).



L'idée est de refaire ce protocole tous les 3 ans. En effet, il paraît peu pertinent de le refaire tous les ans, surtout lors de la phase d'implantation des IAE, car il faudra un peu de temps avant que celles-ci ne se développent et soient efficaces pour être un foyer pour les auxiliaires (ou certains ravageurs). De plus, ce protocole est assez chronophage, surtout lors de la phase d'identification des carabes.

Le dispositif expérimental a été posé alors que la majorité des IAE n'était pas en place (puisqu'implantées en automne 2019 pour les futures IAE). De ce fait, les pièges ont été implantés dans les endroits où les IAE sont prévues, mais rien n'assure que les endroits choisis seront gardés. De plus lors de mon stage, la composition des IAE a changé. En effet il était prévu initialement que des parcelles soient entourées par des bandes enherbées, et que d'autres soient bordées par des bandes fleuries. Or il a été décidé en avril que les IAE seraient en fait plus larges, avec une bande enherbée et une bande fleurie accolée. Ces deux précisions seront donc à prendre en compte lors du monitoring futur car l'emplacement des pièges de cette année ne sera peut-être plus parfaitement adéquat.





## Bibliographie :

**Altieri**, M.A. and Letourneau, D.K., 1982. Vegetation Management and Biological Control in Agroecosystems. *Crop Protection* **1**, p. 405-430. DOI : 10.1016/0261-2194(82)90023-0

**Basedow**, T., 1990 The frequency of aphids and their natural enemies in sugarbeet fields in relation to different factors of intensive farming. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* **19**, p. 170-176

**Bianchi**, F.J.J.A., Booij C.J.H., Tscharrntke. T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **273**, p.1715-1727. DOI : 10.1098/rspb.2006.3530

**Bieri** M., Burkhalter F., Chervet A., Jossi W, 2010. Limaces en grande culture. *Revue UFA* **3**, p. 47-50. Disponible sur : <https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/limace-ufa.pdf> (consulté le 23 juillet 2018).

**Bohan** D.A., Boursault A., Brooks D.R., Petit S., 2011. National-Scale Regulation of the Weed Seedbank by Carabid Predators: Carabid Seed Predation. *Journal of Applied Ecology* **48**, p. 888-898. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02008.x>

**Bricker** M., Pearson D., Maron J., 2010. Small-mammal seed predation limits the recruitment and abundance of two perennial grassland forbs. *Ecology* **91**, p. 85–92. <https://doi.org/10.1890/08-1773.1>

**Carbonne** B., Petit S., 2017 Communauté de carabes et prédation des graines d'adventices sur l'UE d'Epoisses : un bilan des données collectées sur la période 2009-2016

**Chaubet** B., 1992. Diversité écologique, aménagement des agro-écosystèmes et favorisation des ennemis naturels des ravageurs : cas des aphidiphages. *Courrier de la cellule environnement Inra* (18), p. 45-64. <https://prodinra.inra.fr/record/99929>

**Chikowo** R., Faloya V., Petit S., Munier-Jolain N.M., 2009. Integrated Weed Management Systems Allow Reduced Reliance on Herbicides and Long-Term Weed Control. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **132** (3-4), p. 237-242. DOI : 10.1016/j.agee.2009.04.009 <https://prodinra.inra.fr/record/33047>

**Collard** V., Dreyfus J., Wartelle R., s. d. Cultiver les auxiliaires pour protéger les cultures : les pratiques à favoriser, 7 p. Disponible sur : [https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Hauts-de-France/auxiproduct\\_plaquette-valide.pdf](https://hautsdefrance.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Hauts-de-France/auxiproduct_plaquette-valide.pdf) (consulté le 23 avril 2018)

**Cordeau** S., Dessaint F., Denieul C., Bonin L., Vuillemin F., Delattre M., Rodriguez A., Guillemin J.P., Chauvel B., 2016. La nuisibilité directe des adventices en grandes cultures : quelles réponses nous apportent les essais désherbage ? 23. *Conférence du COLUMA - Journées Internationales sur la Lutte contre les Mauvaises Herbes*, Dec 2016, Dijon, France. AFPP - Association Française de Protection des Plantes, pp.11-22, 2016. [〈hal-01604468〉](https://hal-01604468)

**Cordeau** S., Deytieux V., 2018. Plateforme CA-SYS. Disponible sur : <https://www.inra.fr/reseau-pic/content/download/3410/34763/version/1/file/Plaquelette-CA-SYS-web1.pdf> (consulté le 27 mars 2018)

**Cromar** H.E., Murphy S.D., Swanton C.J., 1999. Influence of tillage and crop residue on postdispersal predation of weed seeds. *Weed Science* **47**, 184-194, ISSN 0043-1745

- David C.**, Wezel A., Bellon S., Doré T., Malézieux E., 2011. Agroécologie. Disponible sur : <https://mots-agronomie.inra.fr/index.php/Agro%C3%A9cologie> (consulté le 23 juillet 2018)
- Davis A.S.**, Daedlow D., Schutte B.J., Westerman P.R., 2011. Temporal scaling of episodic point estimates of seed predation to long-term predation rates. *Methods in Ecology and Evolution* **2** (6), p. 682-890. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00119.x>
- Deconchat M.** 2014. Herbea. Fiches d'informations. (consulté le 17 août 2018). Disponible sur : <https://www.herbea.org/fiches>
- Denux O.** 2008. Insectes. Le guide de l'entomologie. Le matériel de capture et d'étude. (consulté le 9 avril 2018). Disponible sur : <http://www.insectes-france.com/materiels/piegeage.html>
- Fralval A.**, 1999. « Insectes auxiliaires : la lutte biologique » *Office pour les insectes et leur environnement*. Disponible sur : <http://www7.inra.fr/opie-insectes/luttebio.htm> (consulté le 09 avril 2018)
- Fiedler A.K.**, Landis D.A., Wratten S.D., 2008. Maximizing ecosystem services from conservation biological control: the role of habitat management. *Biological Control* **45** (2), p. 254-271. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.12.009>.
- Fortun-Lamothe L.**, 2012. L'évaluation de la durabilité des systèmes de production avicoles et cunicoles : Principes, démarche, résultats et enseignements. *12èmes Journées Productions Porcines et Avicoles*, p. 32–39. <http://www.cra.wallonie.be/img/page/Conference/2012-porcvolaille/Lamothe.pdf> (consulté le 23 juillet 2018).
- Geiger F.**, Bengtsson J., Berendse F., Weisser W.W., Emmerson M.; Morales M.B., Ceryngier P., Liira J., Tscharrntke, T., Winqvist C., Eggers S., Bommarco R., Part T., Bretagnolle V., Plantegenest M., Clement L.W., Dennis C., Palmer C., Onate J.J., Guerrero I., Hawro V., Aavik T., Thies C., Flohre A., Hanke S., Fischer, C.; Goedhart P.W., Inchausti P., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* **11**, (2), p. 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>
- Gurr G.M.**, Wratten S.D., Luna J.M., 2003. Multi-fonction agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology* **4**, p. 107-116. <https://doi.org/10.1078/1439-1791-00122>
- Holland J.M.**, Thomas C. F. G., Birkett T., Southway S., Oaten H. 2005. Farm-Scale Spatiotemporal Dynamics of Predatory Beetles in Arable Crops: *Spatiotemporal Dynamics of Predatory Beetles*. *Journal of Applied Ecology* **42** (6), p. 1140-1152. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01083.x>
- Holland J.M.**, Bianchi F.J.J.A., Entling M.H., Moonen A.-C, Smith B.M., Jeanneret P., 2016. Structure, Function and Management of Semi-Natural Habitats for Conservation Biological Control: A Review of European Studies: Structure, Function and Management of Semi-Natural Habitats for Biological Control. *Pest Management Science* **72** (9), p. 1638-1651. <https://doi.org/10.1002/ps.4318>
- Honek A.**, Martinkova Z., Jarosik V. 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology* **100**, p. 531-544. DOI : 10.14411/eje.2003.081

**Kromp B.**, 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74** (1), p. 187-228. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7)

**Labruyère S.**, 2016. *Déterminants multi-échelles de la dynamique spatio-temporelle des coléoptères carabiques prédateurs de graines d'adventices* (Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, FRA). 232 p. <https://prodinra.inra.fr/record/394119>

**Lagerlöf J.**, Stark J., Svensson B. 1992. Margins of agricultural field as habitats for pollinating insects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **40** (1-4), p. 117-124. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90087-R](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90087-R)

**Lalonde O.**, 2011. Évaluation de l'abondance relative et de la richesse spécifique des carabes associées à différents systèmes culturaux et travaux de sol, Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval, Québec. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/22990>

**Lövei G.L.**, Sunderland K.D., 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of entomology* **41** (1), p. 231-256. DOI: 10.1146/annurev.en.41.010196.001311

**Maillet J.**, 1993. Nouvelles pratiques culturales et mauvaises herbes. *Faut-il sauver les mauvaises herbes ?* Colloque, Gap, p. 33-40. Disponible sur : <http://www.cbn-alpin-biblio.fr/Record.htm?idlist=6&record=19100762124919289449> (consulté le 23 avril 2018)

**Marshall E.J.**, 2004. Agricultural Landscapes: Field Margin Habitats and Their Interaction with Crop Production. *Journal of Crop Improvement* **12** (1-2), p. 365-404. [https://doi.org/10.1300/J411v12n01\\_05](https://doi.org/10.1300/J411v12n01_05)

**Millennium Ecosystem Assessment**, 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

**Oerke E.-C.**, 2006. Crop Losses to Pests. *The Journal of Agricultural Science* **144** (1), p. 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>

**Petit S.**, Labruyere S, Trichard A., Ricci B, Bohan D.A., 2015. Gestion territoriale des adventices : effets des propriétés du paysage sur les communautés adventices et sur leur régulation par les carabidae. *Innovations Agronomiques* **43**, p. 71-82. <https://prodinra.inra.fr/record/349909>

**Petit S.**, Boursault A., Bohan D.A., 2014. Weed seed choice by carabid beetles (Coleoptera: Carabidae): Linking field measurements with laboratory diet assessments. *European Journal of Entomology* **111** (5), p. 615-620. <https://doi.org/10.14411/eje.2014.086>

**PIRAT**, 2013. Rapport d'Etude du programme. 79 p. <https://agrooof.net/PIRAT/Doc/rapports/pirat2013.pdf>

**Pointereau P.**, Coulon F., Fleutiaux C., 2007. Pertinence des infrastructures agroécologiques au sein d'un territoire dans le cadre de la Politique agricole commune, SOLAGRO, 134 p. [https://afac-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/2015/11/RapportFinal\\_diffusion.pdf](https://afac-agroforesteries.fr/wp-content/uploads/2015/11/RapportFinal_diffusion.pdf)

**Roger J.-L.**, Jambon O. et Bouger G., 2012. Clé de détermination des carabides, Paysages agricoles du Nord Ouest de la France, 256 p. Disponible sur : <https://www6.rennes.inra.fr/sad/Page-d-accueil/Actualites/Cle-Carabidae> (consulté tout au long du stage)

**Rusch A.**, Valentin-Morison M., Sarthou J.P., Roger-Estrade J., 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems : effects of crop management, farming systems, and seminatural habitats at the landscape scale: A Review. *Advances in Agronomy* **109**, p. 219-259. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385040-9.00006-2>

**Ryckewaert P.**, Leblay M., 2004. Principes généraux de la lutte intégrée sur cultures maraîchères en Polynésie française: reconnaissance des ravageurs et des auxiliaires. Fiches techniques cultures maraîchères, 16 p. [https://agritrop.cirad.fr/522056/1/document\\_522056.pdf](https://agritrop.cirad.fr/522056/1/document_522056.pdf)

**Sarfraz R.M.**, Dossall L.M., Keddie A.B., 2009. Bottom-up effects of host plant nutritional quality on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and top-down effects of herbivore attack on plant compensatory ability. *European Journal of Entomology* **106** (4), p. 583-594. DOI: 10.14411/eje.2009.073

**Saska P.**, Van der Werf W., de Vries E., Westerman P., 2008. Spatial and Temporal Patterns of Carabid Activity-Density in Cereals Do Not Explain Levels of Predation on Weed Seeds. *Bulletin of Entomological Research* **98** (2), p. 169-181. <https://doi.org/10.1017/S0007485307005512>

**Sausse C.**, Chéret V., Coffion R., Ducrot D., Duthoit S., Gross H., Lepennetier A., Manneville V., Sculo R., Sheeren D., Tosser V., Wartelle R., 2018. La télédétection des infrastructures agro-écologiques: de la promesse aux méthodes opérationnelles (Tél- IAE) *Innovations Agronomiques* **63**, p. 267-278. <https://prodinra.inra.fr/record/435521>

**Scriber J.M.**, 1984. Nitrogen nutrition of plants and insect invasion. *Nitrogen in crop production*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, p. 441–460

**SOLAGRO**, 2015. Synthèse technique : lutte biologique par conservation et gestion des habitats, 18 p. [https://osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/syntheses/f454\\_synthese-technique-lutte-biologique-par-conservation-et-gestion-des-habitats.pdf](https://osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/syntheses/f454_synthese-technique-lutte-biologique-par-conservation-et-gestion-des-habitats.pdf)

**Straub C.S.**, Finke D.L., Snyder W.E., 2008. Are the Conservation of Natural Enemy Biodiversity and Biological Control Compatible Goals? *Biological Control* **45** (2), p. 225-37. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.05.013>

**Thies C.**, Roschewitz I., Tscharrntke T., 2005. The landscape context of cereal aphid–parasitoid interactions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **272** (1559), p. 203-210. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2902>

**Tosser V.**, 2016. Les carabes, prédateurs des principaux ravageurs ARVALIS, *Institut du végétal*. Disponible sur : <https://www.arvalis-infos.fr/les-carabes-predateurs-des-principaux-ravageurs-@/view-6700-arvarticle.html> (consulté le 09 avril 2018)

**Tscharrntke T.**, Karp D.S., Chaplin-Kramer R., Batáry P., DeClerck F., Gratton C., Hunt L., Ives A., Jonsson M., Larsen A., Martin E.A, Martinez-Salinas A., Meehan T.D., O'Rourke M., Poveda K., Rosenheim J.A., Rusch A., Schellhorn N., Wanger T.C., Wratten S., Zhang W., 2016. When Natural Habitat Fails to Enhance Biological Pest Control – Five Hypotheses. *Biological Conservation* **204**, Part B, p. 449-58. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>

**Turpeau-Ait Ighil E.**, Dedryver C.-A., Chaubet B., Hullé M., 2011. *Les pucerons des grandes cultures: cycles biologiques et activités de vol*. Versailles, FRA : Edition Quae, 135 p. **isbn** : 978-2-7592-1026-8. <https://prodinra.inra.fr/record/43546>

**Turpeau E.**, Hüllé M., Chaubet B. 2010. « Pucerons et agriculture. Dégâts » *INRA*. Disponible sur : <https://www6.inra.fr/encyclopedie-pucerons/Pucerons-et-agriculture/Degats> (consulté le 09 avril 2018)

**Waring G.L.**, Cobb N., 1992. The impact of plant stress on herbivore population dynamics. Bernays, E.A. (Ed.), *Insect-plant interactions*, **4**, CRC Press, Boca Raton, FL, p. 167-226

**Westerman P.R.**, Wes J.S., Kropff M.J., Van der Werf W., 2003. Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology* **40** (5), p. 824-836. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00850.x>

**Wissinger S.A.**, 1997. Cyclic colonization in predictably ephemeral habitats: a template for biological control in annual crop systems. *Biological control* **10** (1), p. 4-15. <https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0543>



# Annexes

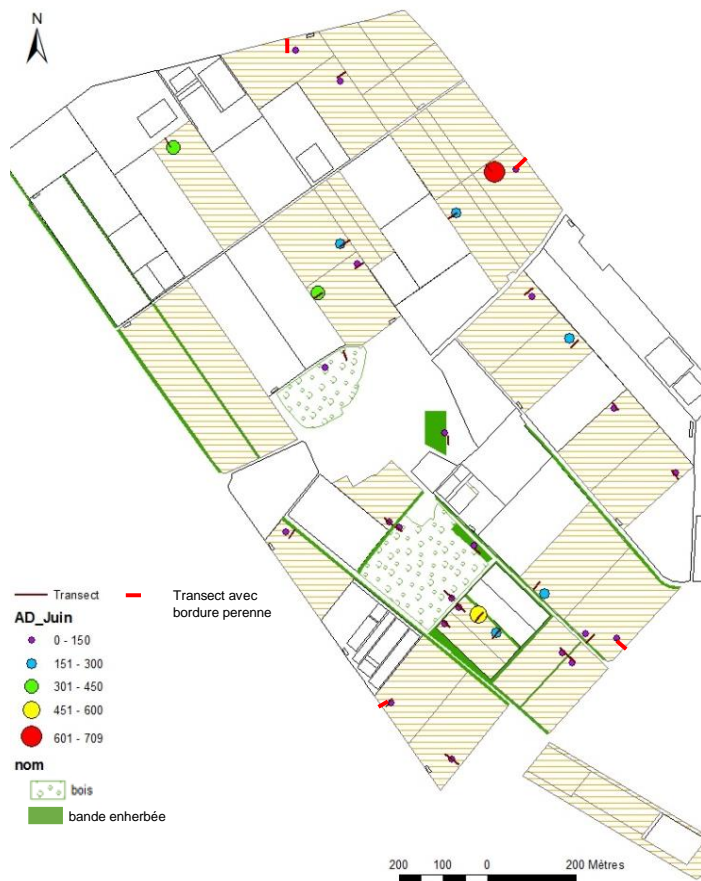
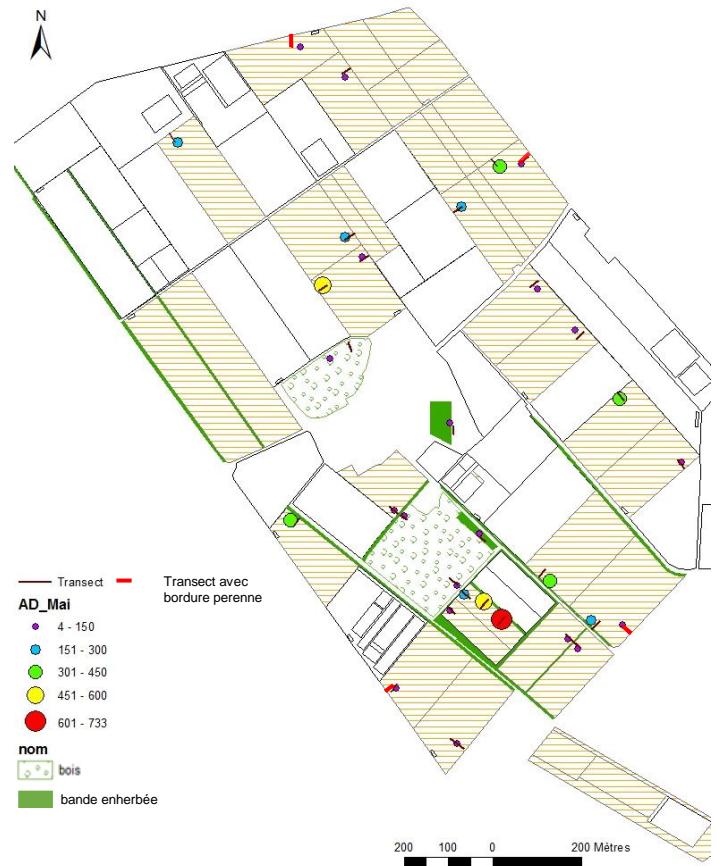
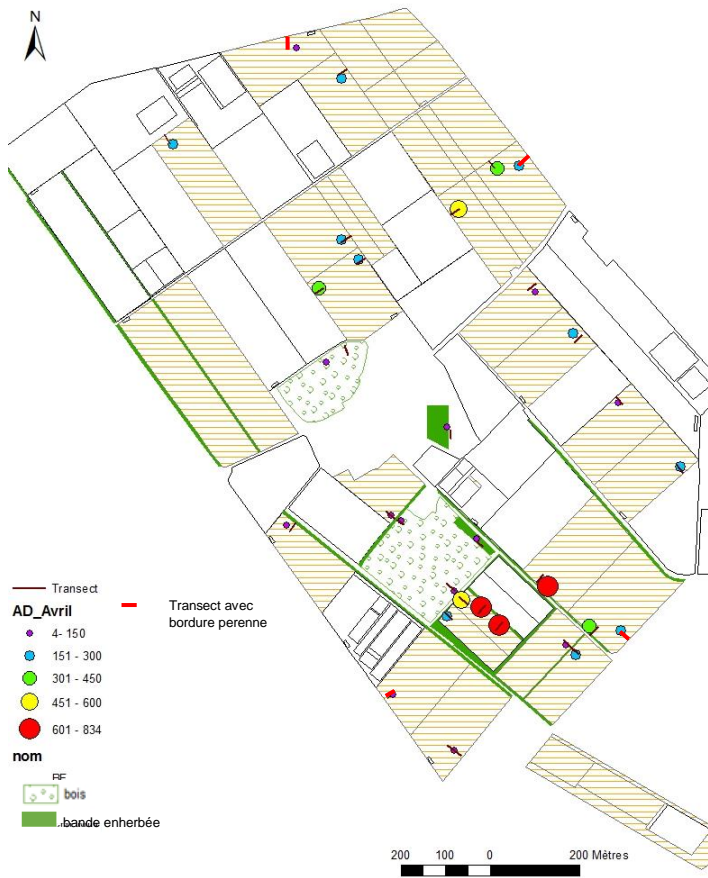


Annexe 1 : Contribution des Vertébrés à la prédation des graines et des pucerons  
en présence et en absence d'IAE à 8m et 25m

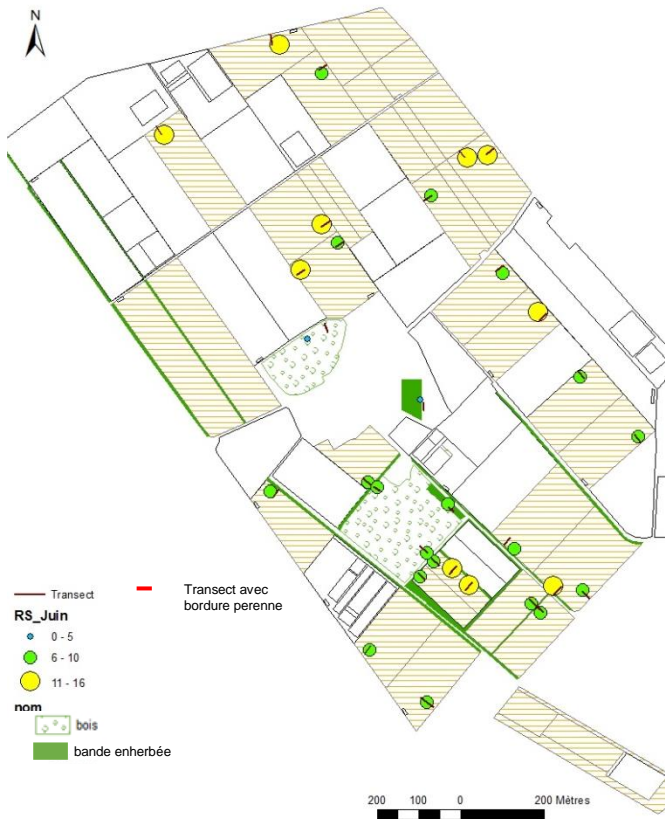
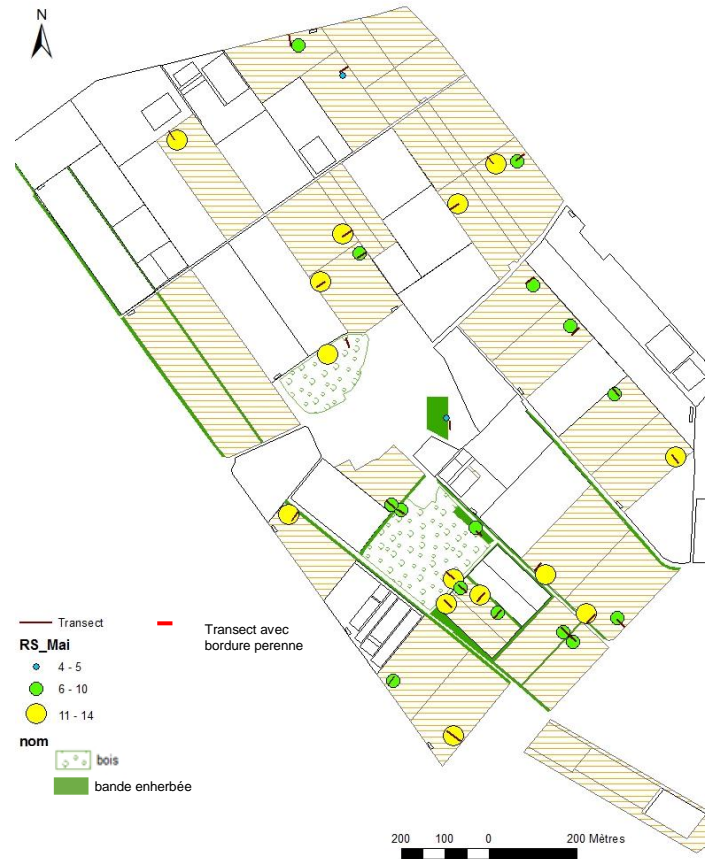
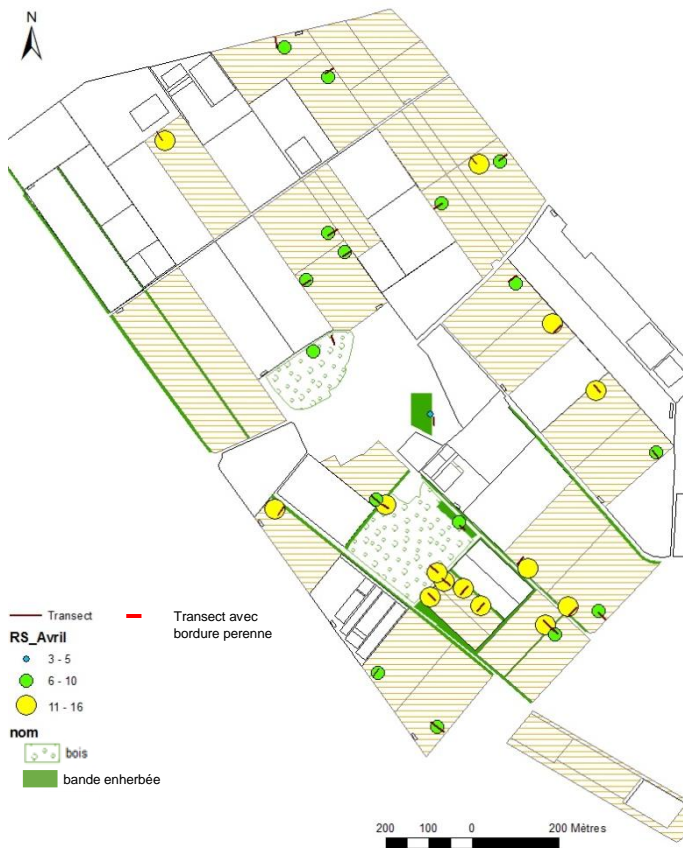
	IAE 8m			Sans IAE 8m		
	Contribution des Vertébrés à la prédation	P value	Sd	Contribution des Vertébrés à la prédation	P value	Sd
TP graines avril	0.44	<b>0.002**</b>	0.40	0.27	0.06	0.37
TP graines mai	0.51	<b>0.001**</b>	0.44	0.26	0.08	0.38
TP graines juin	0.36	<b>0.0005***</b>	0.38	0.58	<b>0.001**</b>	0.36
	Inv+Vert	Invertébrés		Inv+Vert	Invertébrés	
TP pucerons mai	0.7	0.75	0.6	0.56	0.62	0.5
TP pucerons juin	0.9	0.6	<b>0.0006***</b>	0.71	0.60	0.2
	IAE 25m			Sans IAE 25m		
	Contribution des Vertébrés à la prédation	P value	Sd	Contribution des Vertébrés à la prédation	P value	Sd
TP graines avril	0.38	<b>0.003**</b>	0.36	0.40	<b>0.03*</b>	0.41
TP graines mai	0.58	<b>1.96.10<sup>-5</sup>***</b>	0.36	0.37	<b>0.01*</b>	0.36
TP graines juin	0.48	<b>0.0003***</b>	0.40	0.54	<b>0.0001**</b>	0.41
	Inv+Vert	Invertébrés		Inv+Vert	Invertébrés	
TP pucerons mai	0.9	0.8	0.83	0.72	0.69	0.9
TP pucerons juin	0.9	0.7	<b>0.009**</b>	0.81	0.63	<b>0.004**</b>

Test de Student Welch pour les adventices, avec effet apparié. Comparaison des proportions avec prop.test pour les pucerons.

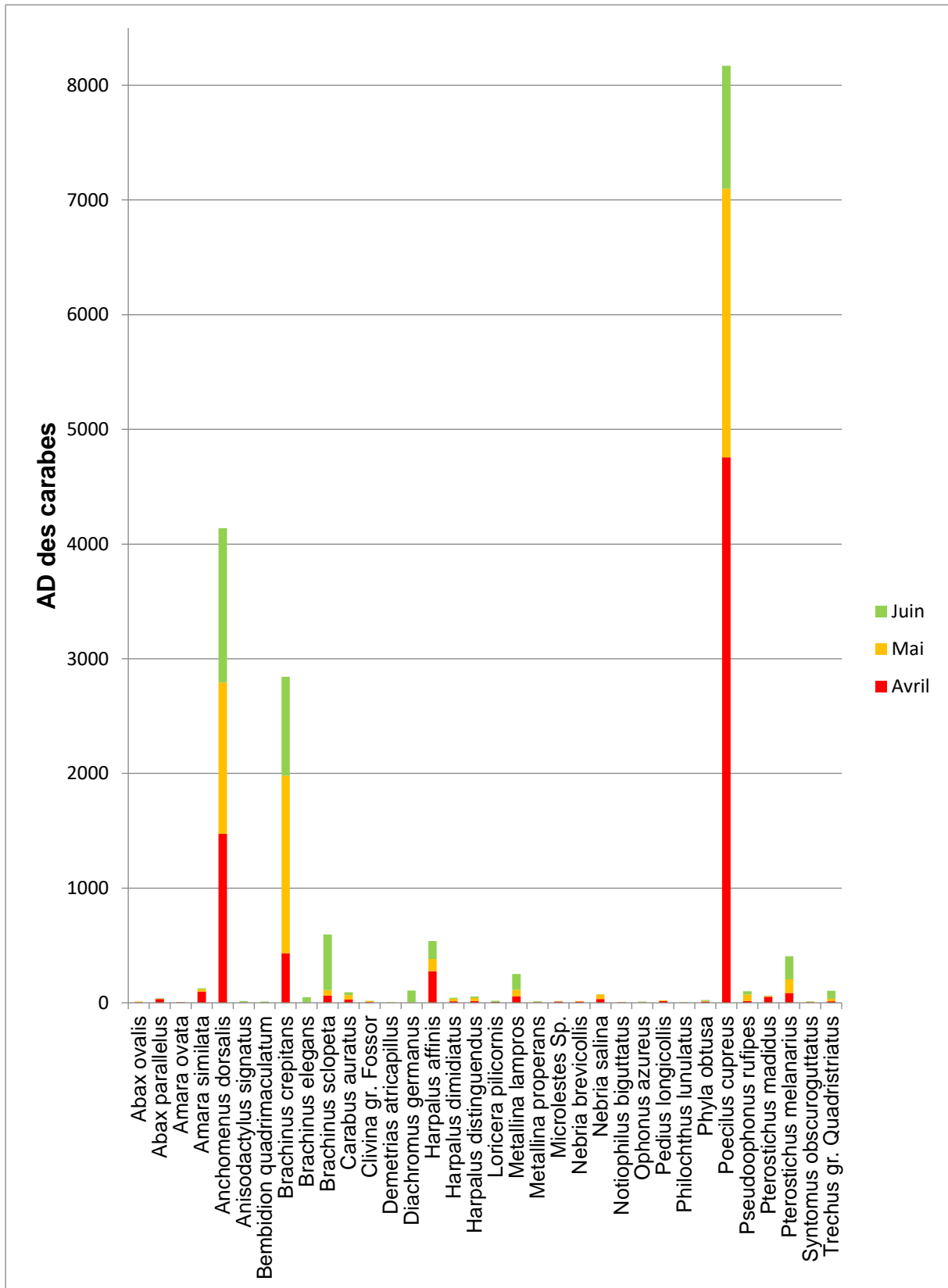
Annexe 2-a : Activité-densité (AD) des carabes selon les sessions  
(tous régimes trophiques confondus)



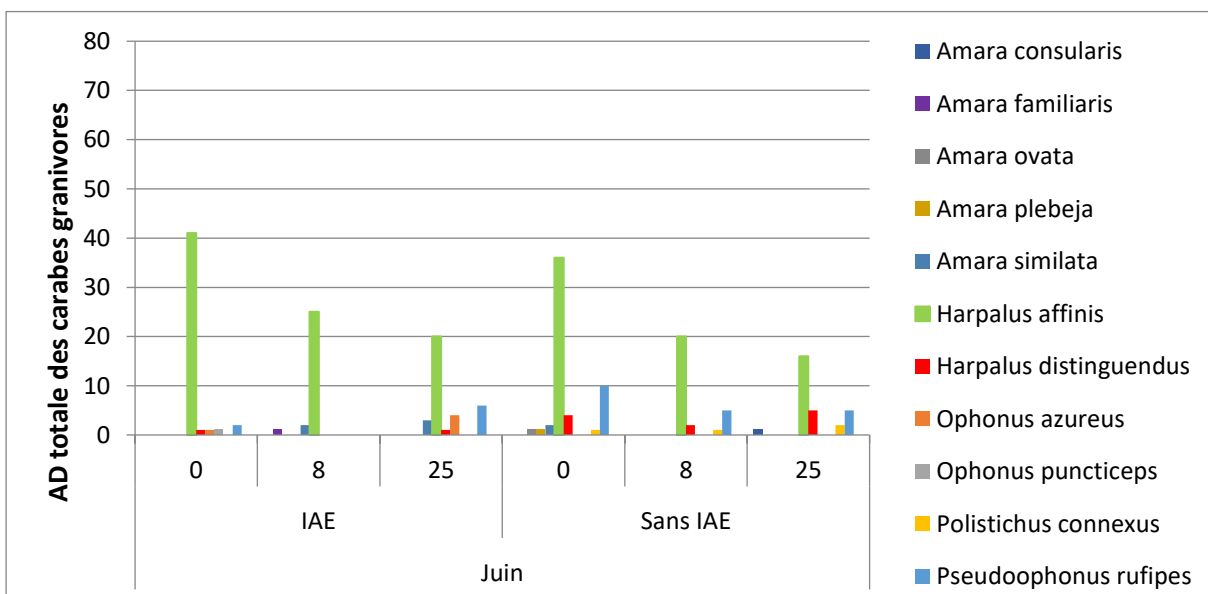
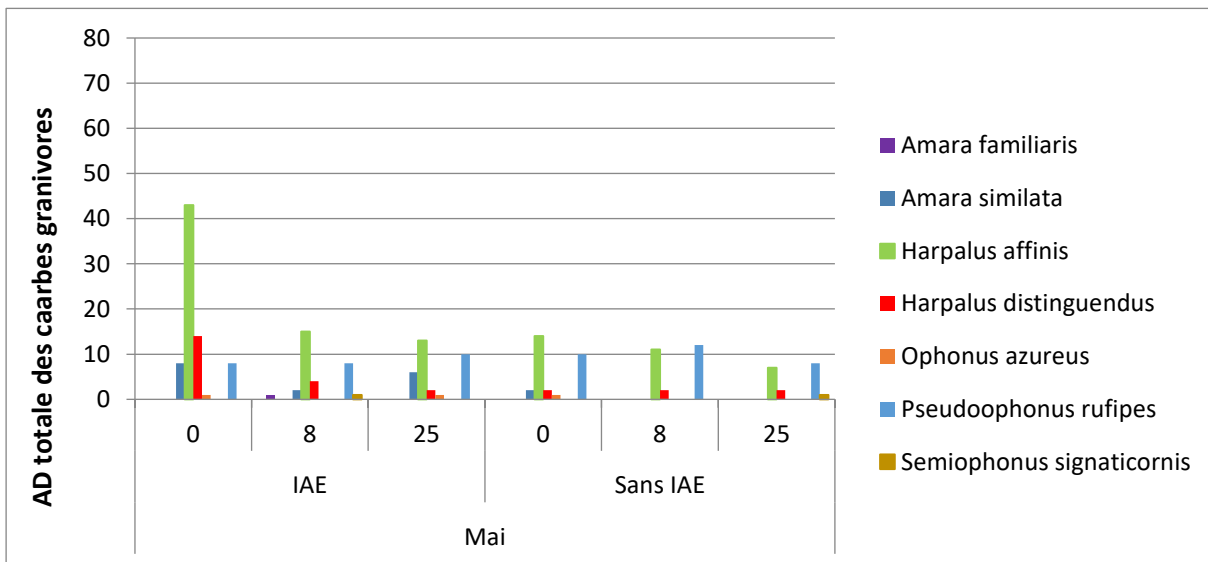
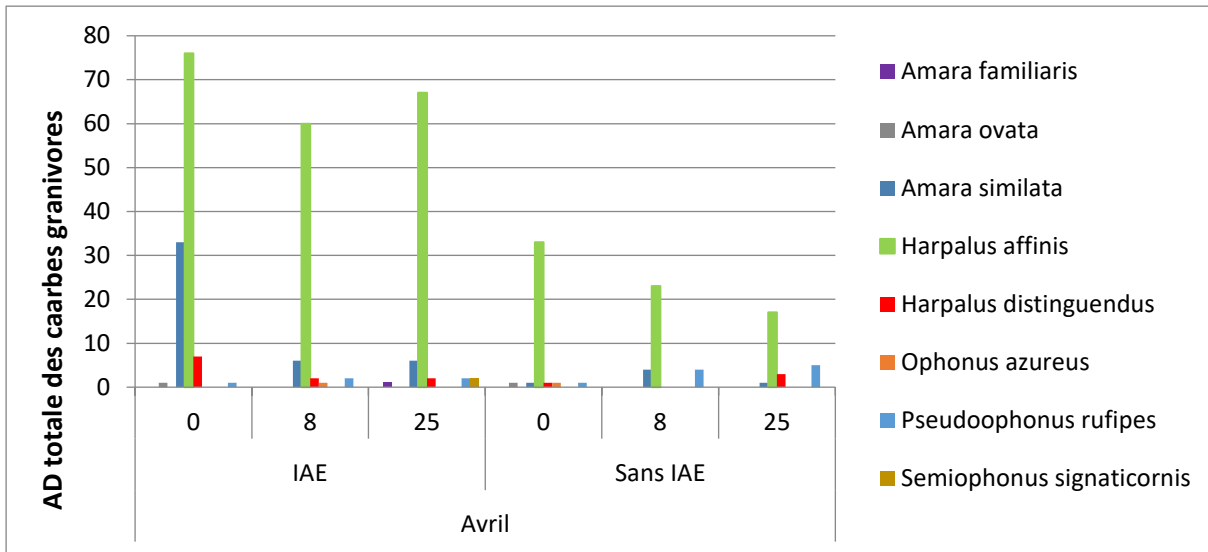
Annexe 2-b : Richesse spécifique (RS) des carabes selon les sessions  
(tous régimes trophiques confondus)



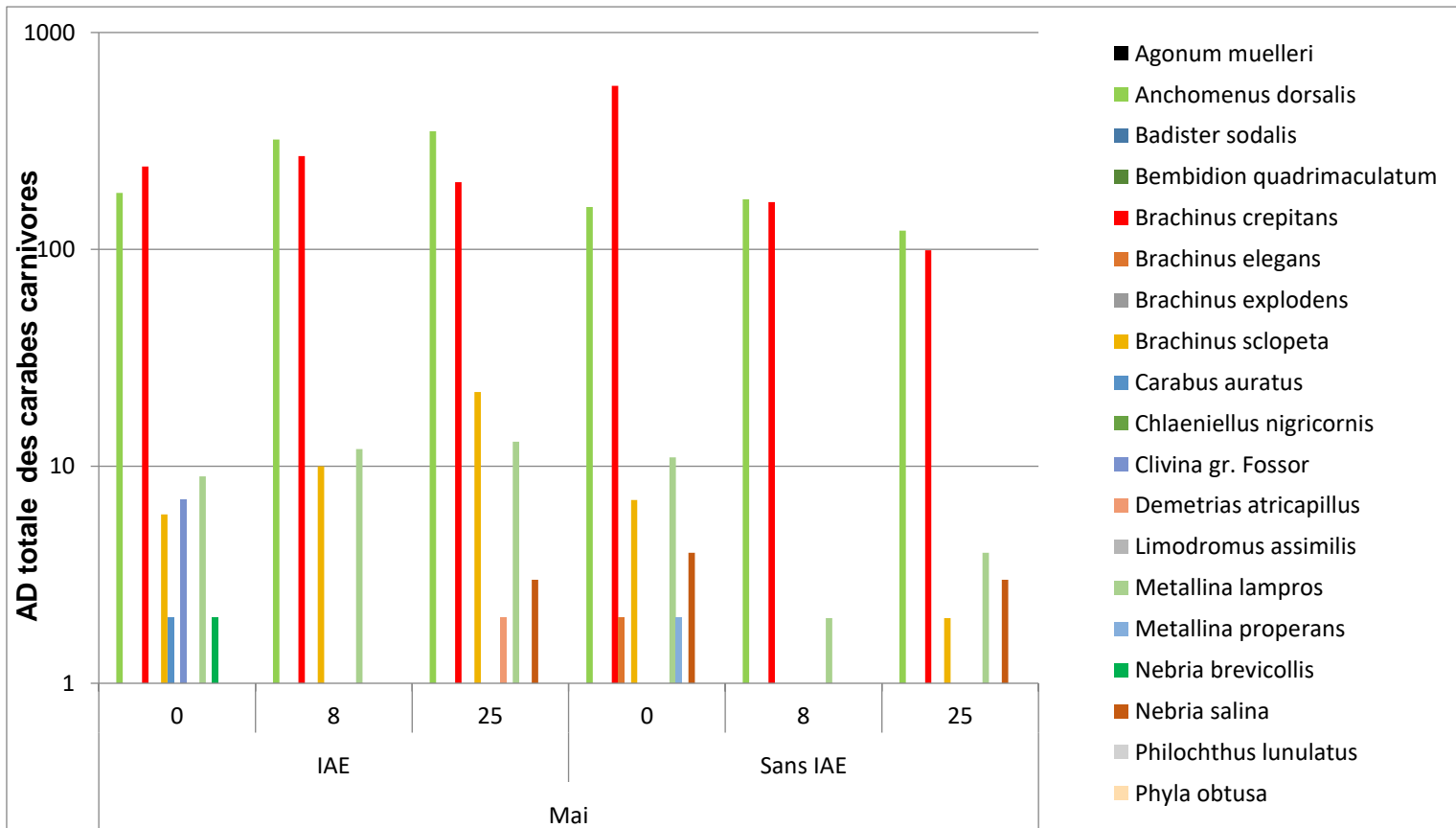
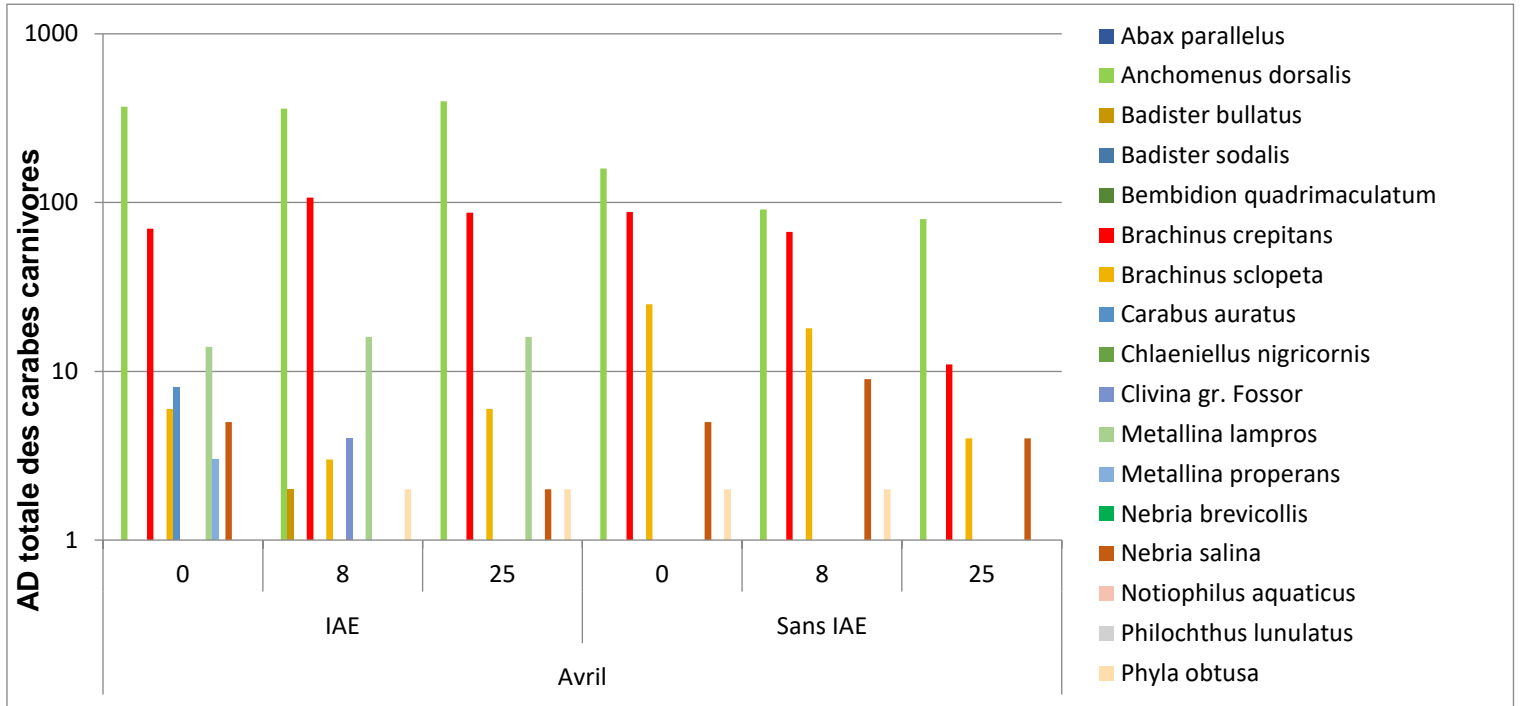
Annexe 3 : Histogramme de l'activité-densité des carabes

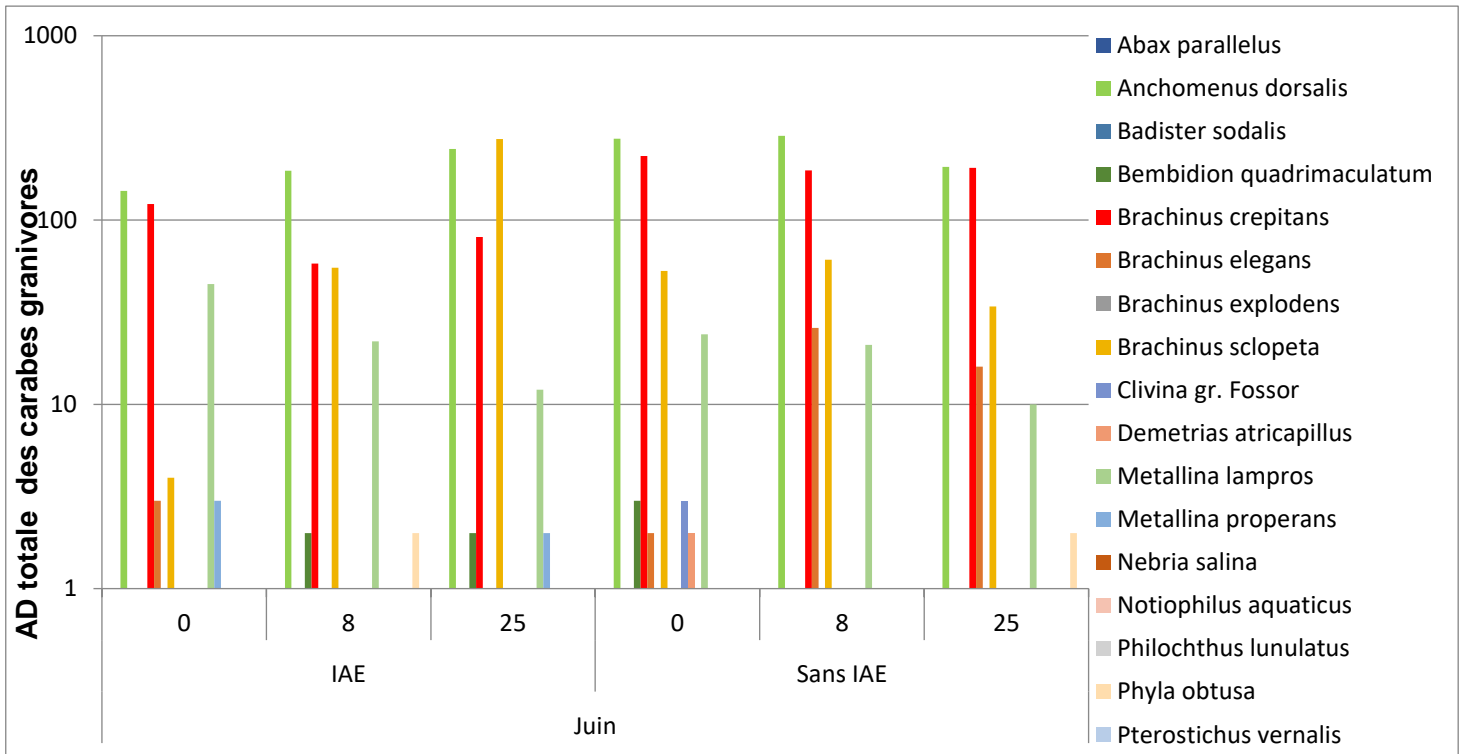


Annexe 4-a : Activité-densité des carabes granivores selon l'environnement et la distance sur les 26 transects

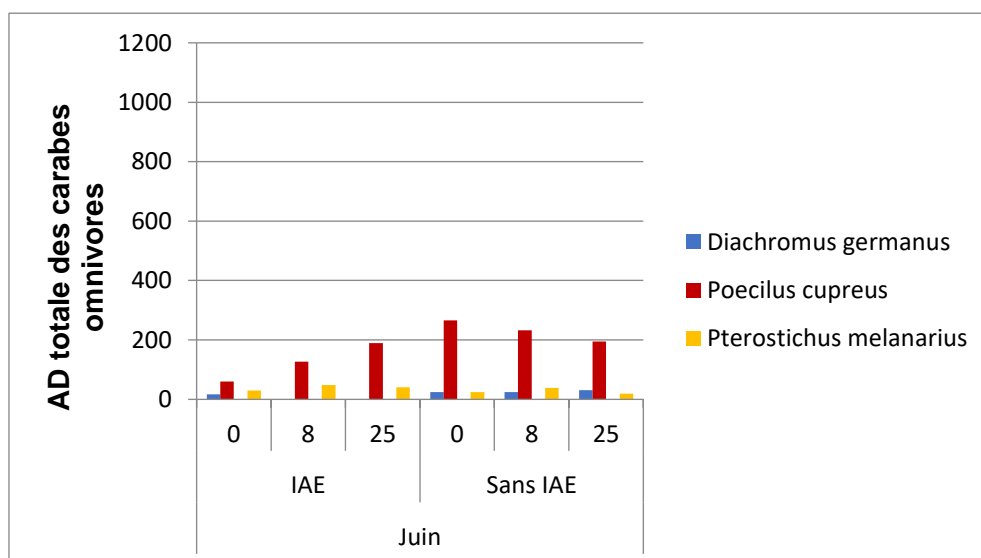
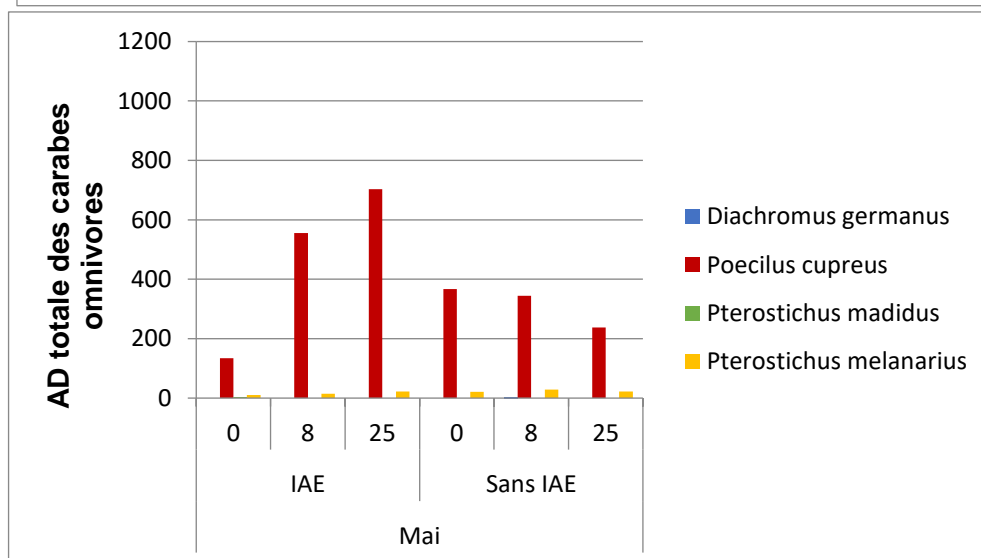
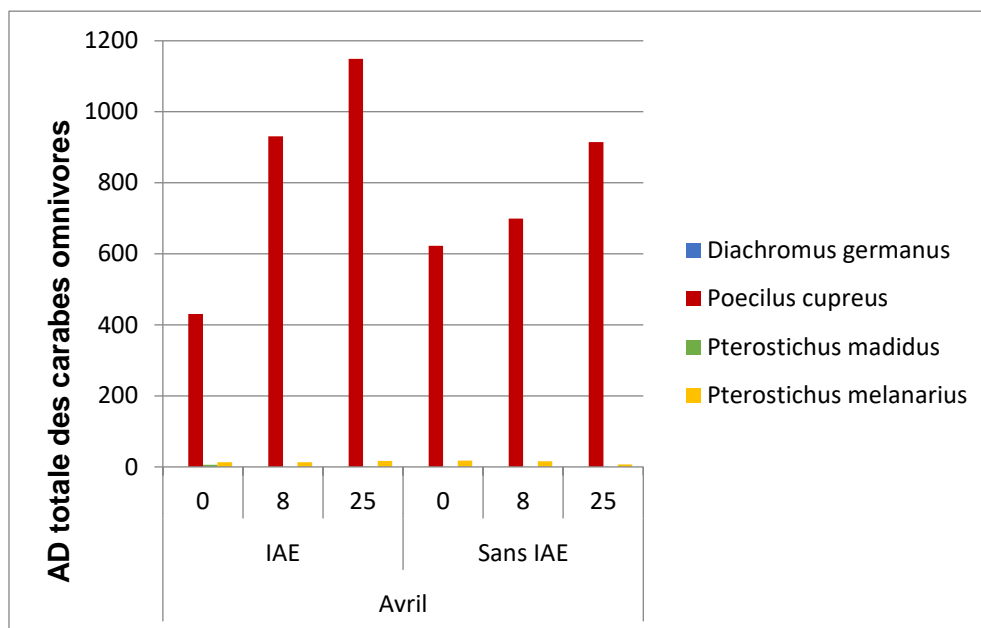


Annexe 4-b : Activité-densité des carabes carnivores selon l'environnement  
et la distance sur les 26 transects





Annexe 4-c : Activité-densité des carabes omnivores selon l'environnement et la distance sur les 26 transects





Annexe 5 : Impact des IAE sur l'activité-densité (AD) et la richesse spécifique (RS)  
des carabes en fonction de leur système trophique, à différentes distances

		IAE	Sans IAE	Pvalue	Sd		IAE	Sans IAE	Pvalue	Sd
Avril	<b>Granivore</b>					<b>Granivore</b>				
	AD 0m	4.72	2.92	0.19	4.86	RS 0m	1.79	1.08	<b>0.03*</b>	0.86
	AD 8m	3.23	2.07	0.27	3.24	RS 8m	1.64	1.25	0.28	0.90
	AD 25m	3.48	2.17	0.15	3.20	RS 25	1.64	1	0.19	1.26
	<b>Carnivore</b>					<b>Carnivore</b>				
	AD 0m	12.92	8.78	0.33	18.06	RS 0m	2.64	2.67	0.96	1.20
	AD 8m	11.41	6.13	0.16	17.45	RS 8m	3.14	2.58	0.33	1.48
	AD 25m	12.88	4.55	<b>0.05*</b>	20.39	RS 25m	2.86	1.83	<b>0.03*</b>	1.24
	<b>Omnivore</b>					<b>Omnivore</b>				
AD 0m	19.57	37.71	0.10	31.75	RS 0m	1.64	1.42	0.39	0.65	
AD 8m	47.2	37.63	0.60	56.01	RS 8m	1.43	1.58	0.45	0.51	
AD 25m	50.74	54.24	0.87	66.41	RS 25m	1.64	1.42	0.33	0.58	
Mai	<b>Granivore</b>					<b>Granivore</b>				
	AD 0m	2.96	1.61	0.06	2.55	RS 0m	1.79	1.5	0.56	1.23
	AD 8m	1.63	2.5	0.26	1.65	RS 8m	1.36	0.83	0.21	1.07
	AD 25m	1.88	1.80	0.86	1.20	RS 25m	1.21	0.83	0.31	0.96
	<b>Carnivore</b>					<b>Carnivore</b>				
	AD 0m	11.54	17.53	0.52	42.87	RS 0m	2.79	3.58	0.06	1.08
	AD 8m	17.54	11.06	0.28	24.85	RS 8m	2.50	2.58	0.77	0.71
	AD 25m	15.71	6.69	<b>0.037*</b>	18.99	RS 25m	2.71	2.92	0.66	1.13
	<b>Omnivore</b>					<b>Omnivore</b>				
AD 0m	8.06	20.42	<b>0.05*</b>	19.16	RS 0m	1.29	1.58	0.14	0.50	
AD 8m	30	18.85	0.35	36.06	RS 8m	1.36	1.67	0.13	0.51	
AD 25m	32.95	13.68	0.15	44.84	RS 25m	1.57	1.58	0.95	0.50	
Juin	<b>Granivore</b>					<b>Granivore</b>				
	AD 0m	3.07	2.62	0.66	3.12	RS 0m	1.07	1.75	0.09	1.02
	AD 8m	1.87	4	0.40	3.65	RS 8m	1.07	0.58	<b>0.05*</b>	0.61
	AD 25m	2.43	2.07	0.73	2.68	RS 25m	1	1.17	0.63	0.89
	<b>Carnivore</b>					<b>Carnivore</b>				
	AD 0m	8.47	14	0.10	15.19	RS 0m	2.71	3.5	0.17	1.47
	AD 8m	8.84	17.66	<b>0.04*</b>	17.34	RS 8m	2.64	2.75	0.81	1.09
	AD 25m	17.66	14.03	0.68	36.19	RS 25m	2.5	2.67	0.74	1.24
	<b>Omnivore</b>					<b>Omnivore</b>				
AD 0m	4.65	15.75	0.01	13.30	RS 0m	1.64	1.67	0.93	0.75	
AD 8m	7.65	14.10	0.09	12.00	RS 8m	1.64	1.75	0.68	0.62	
AD 25m	10.95	12.25	0.72	11.51	RS 25m	1.50	1.66	0.47	0.58	

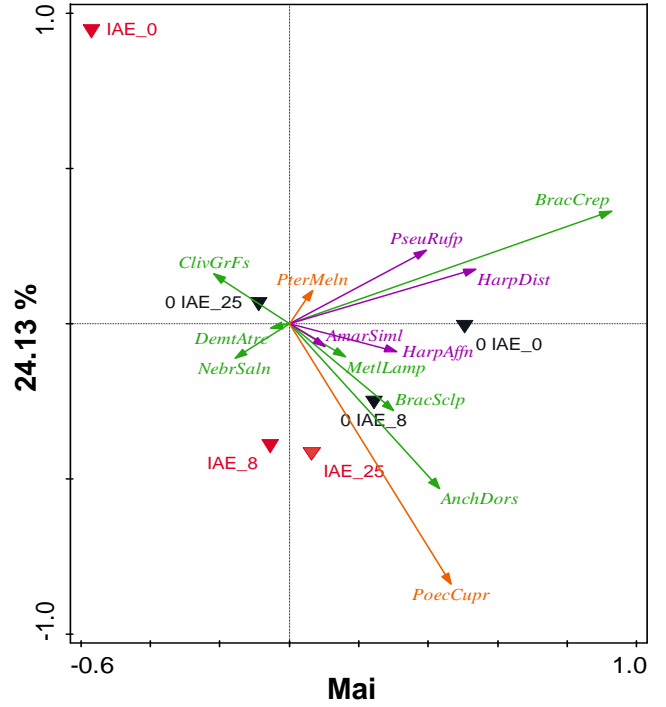
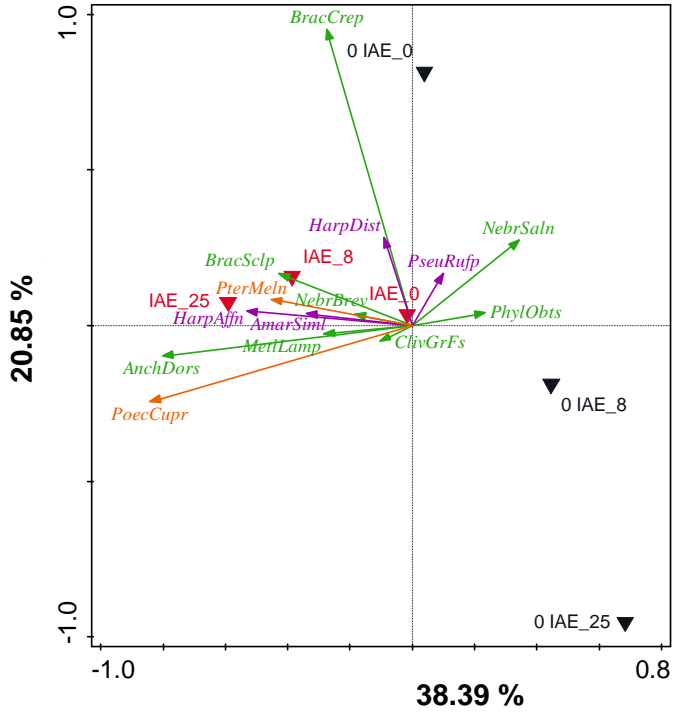
Test de Sudent Welch

Annexe 6 : Impact de la distance sur l'activité-densité (AD)  
des carabes en fonction de leur système trophique, en présence ou non d'IAE

		IAE				Sans IAE			
		AD 0m	AD 25m	Pvalue	Sd	AD 0m	AD 25m	Pvalue	Sd
Avril	Granivore	4.72	3.48	0.37	4.81	2.92	2.17	0.39	2.18
	Carnivore	12.92	12.88	0.99	23.44	8.78	4.55	0.07	9.45
	Omnivore	19.57	50.74	<b>0.07</b>	57.33	37.71	54.24	0.32	47.22
Mai	Granivore	2.96	1.88	0.13	2.54	1.61	1.80	0.69	1.19
	Carnivore	11.54	15.71	0.44	23.37	17.53	6.69	0.21	41.67
	Omnivore	8.06	32.95	<b>0.07</b>	46.29	20.42	13.68	0.25	17.60
Juin	Granivore	3.07	2.43	0.47	2.34	2.62	2.07	0.64	3.36
	Carnivore	8.47	17.66	0.27	33.99	14	14.03	0.99	17.43
	Omnivore	4.65	10.95	<b>0.01*</b>	7.88	15.75	12.25	0.48	15.43

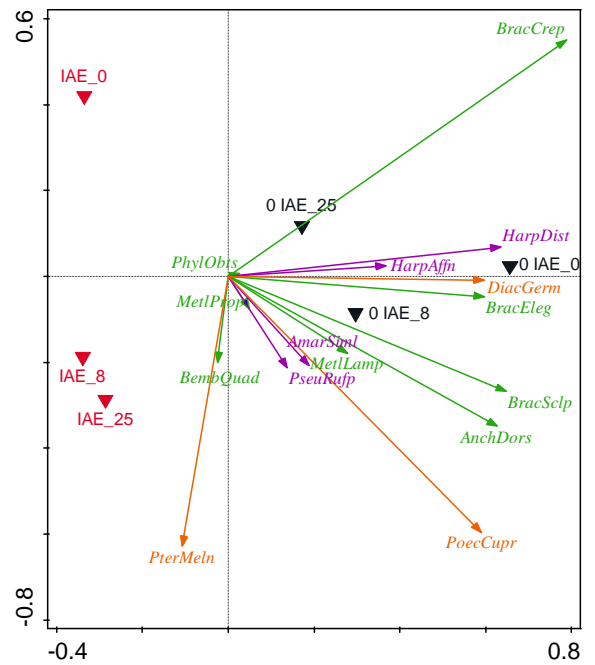
Test de Student Welch

Annexe 7 : ACP



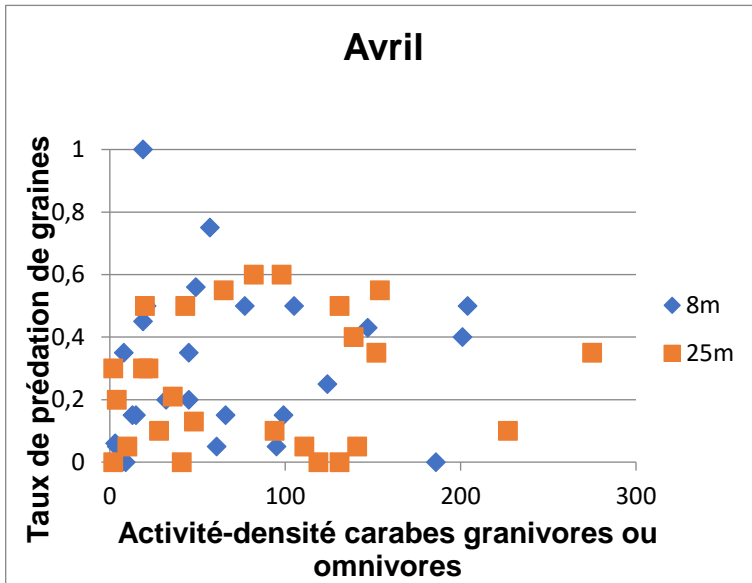
Avril

- Carabes carnivores
- Carabes granivores
- Carabes omnivores
- ▼ IAE\_0 Bordure parcelle\_Distance



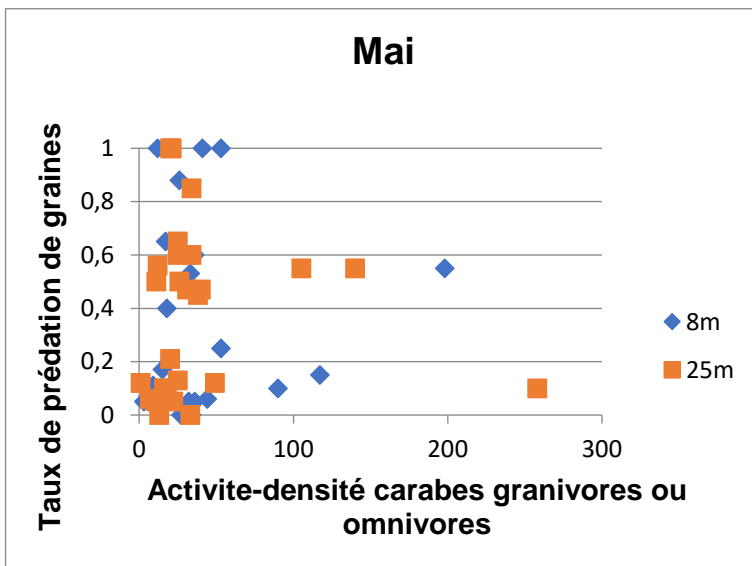
Juin

Annexe 8 : Relation entre l'activité-densité des carabes granivores et omnivores sur le taux de prédation des adventices exercé par les Invertébrés



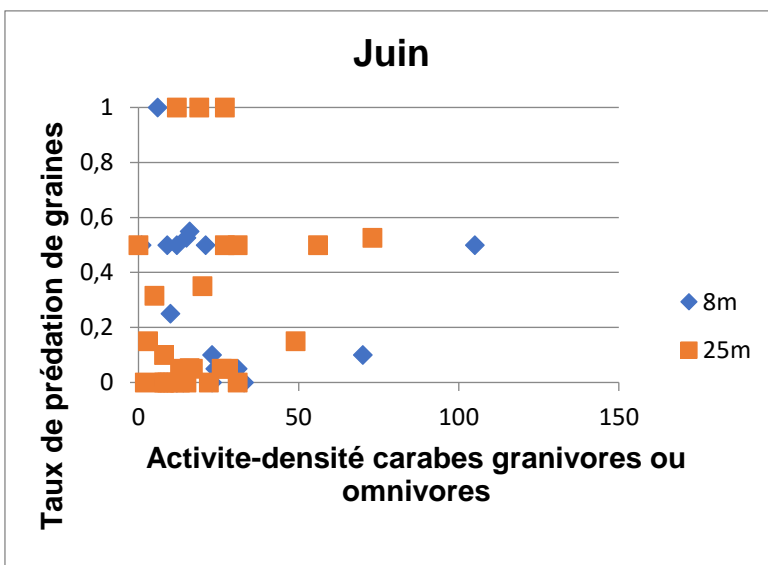
Anova(glm.pred, Test="F")

	SS	Df	F	Pr
ADGrani_Omni	1.312	1	0.24	0.62
Residual	268.8	50		



Anova(glm.pred, Test="F")

	SS	Df	F	Pr
ADGrani_Omni	0.09	1	0.0092	0.92
Residual	469.4	49		



Anova(glm.pred, Test="F")

	SS	Df	F	Pr
ADGrani_Omni	23.21	1	2.32	0.13
Residual	499.9	50		

Annexe 9 : Caractérisation des carabes piégés

<b>Espèces</b>	<b>Régime trophique</b>	<b>Espèces</b>	<b>Régime trophique</b>
Abax ovalis	Inconnu	Ophonus azureus	Granivore
Abax parallelepipedus	Omnivore	Ophonus puncticeps	Granivore
Abax parallelus	Carnivore	Pedius longicollis	Inconnu
Acupalpus meridianus	Collembole	Philochthus lunulatus	Carnivore
Agonum muelleri	Carnivore	Phyla obtusa	Carnivore
Amara consularis	Granivore	Poecilus cupreus	Omnivore
Amara familiaris	Granivore	Polistichus connexus	Granivore
Amara ovata	Granivore	Pseudoophonus rufipes	Granivore
Amara plebeja	Granivore	Pterostichus madidus	Omnivore
Amara similata	Granivore	Pterostichus melanarius	Omnivore
Anchomenus dorsalis	Carnivore	Pterostichus vernalis	Carnivore
Anisodactylus signatus	Inconnu	Scybalicus oblongiusculus	Inconnu
Badister bullatus	Carnivore	Semiophonus signaticornis	Granivore
Badister sodalis	Carnivore	Syntomus obscuroguttatus	Inconnu
Bembidion quadrimaculatum	Carnivore	Trechus gr. Quadristriatus	Inconnu
Brachinus crepitans	Carnivore		
Brachinus elegans	Carnivore		
Brachinus explodens	Carnivore		
Brachinus sclopeta	Carnivore		
Carabus auratus	Carnivore		
Carabus coriaceus	Carnivore		
Carabus nemoralis	Carnivore		
Chlaeniellus nigricornis	Carnivore		
Clivina gr. Fossor	Carnivore		
Demetrias atricapillus	Carnivore		
Diachromus germanus	Omnivore		
Drypta dentata	Inconnu		
Harpalus affinis	Granivore		
Harpalus atratus	Granivore		
Harpalus dimidiatus	Inconnu		
Harpalus distinguendus	Granivore		
Harpalus luteicornis	Inconnu		
Harpalus serripes	Inconnu		
Leistus fulvibarbis	Collembole		
Leistus rufomarginatus	Inconnu		
Leistus spinibarbis	Inconnu		
Limodromus assimilis	Carnivore		
Loricera pilicornis	Collembole		
Metallina lampros	Carnivore		
Metallina properans	Carnivore		
Microlestes Sp.	Inconnu		
Molops piceus	Inconnu		
Nebria brevicollis	Carnivore		
Nebria salina	Carnivore		
Notiophilus aquaticus	Carnivore		
Notiophilus biguttatus	Collembole		
Notiophilus palustris	Collembole		
Notiophilus quadripunctatus	Collembole		
Notiophilus rufipes	Carnivore		
Ocydromus latinus	Inconnu		
Ophonus ardosiacus	Inconnu		

Annexe 10 : Description des IAE actuelles du domaine

N° transect (bordure)	Noms vernaculaires	Espèces dominantes	% sol nu	Largeur de la bordure (m)	Hauteur moyenne du couvert (cm)	Éléments paysagers voisins
T26 (BH)	brome mou, géranium découpé, liseron des champs, pâturin commun, pissenlit, plantain lancéolé, potentille rampante, ray-grass anglais, renouée des oiseaux, trèfle rampant, véronique des champs	Pâturin commun, Pissenlit	0	6	60	Blé et route
T25 (BH)	chiendent rampant, dactyle aggloméré, gaillet gratteron, grand plantain, liseron des champs, pâturin commun, plantain lancéolé, ray-grass anglais	Pâturin commun, Dactyle aggloméré	0	6	60	Blé et route
T22/23 (BH)	chardon des champs, dactyle aggloméré, fétuque indéterminée, pâturin commun, ray-grass Anglais	Ray-grass Anglais Fétuque	0	3	90	Blé
T24 (bordure pérenne)	achillée millefeuille, brome mou, dactyle aggloméré, liseron des champs, pâturin annuel, pâturin commun, véronique des champs, véronique de Perse	Dactyle aggloméré Achillée millefeuille	0	1	60	Blé et route
T12 (chemin enherbé)	fétuque indéterminée, grand plantain, pâturin commun, petite ciguë, pissenlit, ray-grass anglais, trèfle rampant	Grand plantain Fétuque, Trèfle rampant	0	3	60	Blé et chemin enherbé, bois
T14 (chemin enherbé)	carotte sauvage, chardon des champs, dactyle aggloméré, fétuque indéterminée, géranium découpé, liseron des champs, mouron des champs, pensée indéterminée, pissenlit, trèfle rampant	Dactyle aggloméré Fétuque	0	1	60	Chemin enherbé + Blé, fossé
T9 (bordure pérenne)	géranium découpé, grand plantain, laiteron rude, liseron des champs, luzerne cultivée, luzerne polymorphe, plantain lancéolé, pissenlit, ray-grass anglais, salsifis des prés, vesce cultivée, véronique de Perse, vulpin des champs	Ray-grass anglais	40	1	40	Blé, Chemin, fossé

N° transect (bordure)	Noms vernaculaires	Espèces dominantes	% sol nu	Largeur de la bordure (m)	Hauteur moyenne du couvert (cm)	Éléments paysagers voisins
T15 (BH)	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Chemin enherbé, Bois
T16 (BH)	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Orge
T17 (BH)	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Orge
T19 (BH)	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Chemin enherbé, Bois
T20 (bordure pérenne)	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Inconnu	Chemin, Blé

NB : Les transects 15-16-17-19-20 sont notés comme « Inconnu » car les IAE ont été fauchées la veille.

## Summary in English

### Context

Nowadays the durability of agroecosystems is threatened because of the use of pesticides. Agroecology can be a way to improve the durability of agroecosystem. Indeed the negative impacts on agroecosystems are minimized as the agroecology's agricultural systems are conceptualized with the functions that ecosystems can provide. Biological regulation is one of the most important ecosystem services, and it can help to reduce the use of pesticide. As a matter of fact, natural enemies of crops' bio-aggressors are efficient to reduce bio-aggression. Nevertheless, there is a large uncertainty with regard to which factors are the most effective to improve the biological regulation, as the presence of agroecological infrastructures.

Within the Inra "Domaine d'Epoisses" experimental unit near Dijon, an experiment is set up : CA-SYS platform. It is a 120ha long-term experimental platform on agroecology. The goals of the CA-SYS platform are the acquisition of knowledge on agroecological systems, the design and evaluation of various agroecological systems and the analysis of the transitions from traditional farming to agroecological systems. All the crops are cultivated without pesticide, new agroecological infrastructures are implemented (hedges, grass strips and flower strips) (Figure 4), and 3 areas are created : an area with tillage, an other one without tillage and a mixed area (Figure 2). The hypothesis of CA-SYS platform is that the biological regulation tends to increase related to a diminution of tillage, an absence of pesticides and the implementation of new agroecological infrastructures. The objective of my internship was to create a protocol for the monitoring of the biological regulation. As there are already agroecological infrastructures within the experimental unit, we wonder **if the current agroecological infrastructures have an effect on the biological regulation.**

Semi-natural habitats are a resource for natural enemies of crops. Moreover when natural enemies are abundant and diversified, the biological regulation is often effective, especially when natural enemies are complementary. But in the same time, there is a predation intra-guild and semi-natural habitats are also a resource for pests. Thanks to the literature we know that apparently in semi-natural habitats natural enemies are more numerous than pest. **The first hypothesis is that the biological regulation is more important in crops surrounded by AEI than in crops without AEI.**

Then the abundance and diversity of natural enemies tends to be more important in field edges than in field center, so pests are released from « Top-down » control in field center.



The second hypothesis is that the **biological regulation is more important in field edges than in field center.**

Finally, the activity-density and the diversity of carabids is more important close to grass strips than far away from these previous ones, so carabids are less present at field center. The third hypothesis is that the **abundance and diversity of carabids is more important in crops surrounded by AEI than in crops without AEI.**

### **Material and method**

In order to validate or invalidate the three hypotheses, I analyzed in April, May and June the biological regulation thanks to the rate predation of seeds weeds or aphids. Moreover, carabids have been trapped as seeds and aphids are a part of their daily food.

Seeds of *Viola arvensis* have been used, these ones are a lot of consumed by carabids in Burgundy. 10 seeds were stuck on a card of predation (Picture 2). The cards were picked up after one week outside. Aphids of peas, *Acyrtosiphon pisum*, have been used. 3 aphids were stuck on a card of predation (Picture 3). The cards were picked up after one day outside. Half of the cards were under an exclusion cage to know the relative contribution of Vertebrates and Invertebrates that consume cards. The consummation of seeds and aphids has been studied.

Although seeds or aphids are either eaten by carabids or by other animals, we do not know which carabids are present. In order to know that, pitfall traps have been used. Their top edges are level with the ground, so carabids can easily fall into the pitfall. It is important to underline that pitfalls allow knowing the activity-density of carabids, and not their abundance : indeed the number of carabids trapped depends on their density and their activity.

The cards and pitfall trap have been set up in winter cereal crops (wheat or barley). Places have been chosen according to the location of current and future agroecological infrastructures.

In order to know if there is a positive effect of AEI on biological regulation and therefore validate or not the 1<sup>st</sup> hypothesis, 26 transects have been chosen : 14 transects with AEI and

12 without AEI. Moreover 5 transects have been put in forest or grove in order to know the population of carabids at these places.

Two distances have been chosen to put the predation cards : 8m and 25m far away from the AEI (current and future), in order to know if the distance from the edge has an impact on the biological regulation and so validate or not the 2<sup>nd</sup> hypothesis.

Pitfall traps have been put at 3 distances : in the AEI (current or future), at 8m and 25m in order to validate or not the 3<sup>rd</sup> hypothesis.

For the distance of 8m and 25m, 8 predation cards were put for each distance : 4 predation cards without exclusion cage (2 for seeds and 2 for aphids) and 4 predation cards with exclusion cage (2 for seeds and 2 for aphids) (Figure 6).

Predation cards of aphids have been set up in May and June, not in April, as there is not aphids in April, so it was not very pertinent to study the aphids during this month.

## **Results**

- Vertebrate are contributing to the predation, indeed the predation without the exclusion cage is higher than the predation under the exclusion cage.
- There is no effect of AEI on weeds predation rate, for the Invertebrate as for total predation, for the 3 sessions, except at 25m in June where total predation is higher without AEI (Table 4). In the same way there is no effect of distance on weeds predation rate, except in June without AEI where total predation is higher at 25m than at 8m (Table 5).
- Concerning aphids, it seems to have an effect of AEI on their predation rate in May, at 8m like at 25m. There is even a significant positive effect of AEI on predation rate in June at 8m (Table 4). Generally there is no effect of distance on the aphids predation rate, for the Invertebrate as for total predation, in presence or absence of AEI, for the 2 sessions, except in May with AEI where total predation is higher at 25m than at 8m (Table 5).
- 17632 carabids and 57 species have been trapped in the 26 transects : 7345 carabids et 41 species in April, 5717 carabids et 40 species in May 4570 carabids et 42 species in June. The activity-density of carabids decreased in May and June, especially because there is much less *Poecilus cupreus* than in April (Annexe 3).

- Generally there is no effect of AEI on the activity-density or specific richness of carabids (Table 6). When we look more precisely, by focusing on trophic level per transect, we see that the activity-density of Granivorous and Carnivorous are positively impacted by AEI in April at the parcel scale. In May and June there is no effect of AEI, except in June where Omnivorous have an activity-density higher without AEI (Figure 8).
- There are more carabids in crops (25m) than in the edges when there are AEI (Figure 9). Only the Omnivorous are impacted (Annexe 6).
- There is no relation between weeds predation rate by Invertebrate and the activity-density of Granivorous or Omnivorous carabids in April, May or June (Annexe 8). There is no relation in June between aphids predation rate by Invertebrate and the activity-density of Carnivorous or Omnivorous carabids, but there is a positive relation in May (Figure 10).

## **Discussion**

We saw that AEI have generally no effect on predation rate. So the presence of AEI does not really seem to favor biological regulation, except for aphids in May, and for weeds in June at 25m where seeds are more eaten without AEI. These results are to be compared with the impact of AEI on carabids, and the comparison is quite surprising. Indeed when the activity-density of Carabids is impacted by AEI, biological regulation is not impacted. For example activity-density of Granivorous is positively impacted by AEI in April (Figure 8), but the weeds biological regulation is not impacted (Table 5). These results are in agreement with the lack of relation between the activity-density of carabids and the weeds predation rate (Annexe 8). This no relation is in contradiction with numerous publications which show a positive relation between the activity-density of carabids and weeds predation rate.

The predation intra-guild or the competition between natural enemies can explain the lack of relation for the predation of weeds. Moreover we only have an approximation of the real predation with predation cards. For aphids, maybe we should have put more aphids on predation cards, indeed the majority of aphids are totally eaten, so it is difficult to establish a relation.

Explanations about the fact that AEI do not really have effect on biological regulation are maybe that the AEI are too heterogeneous, or natural enemies are favored by some plants and these plants are not in current AEI, or that the current agricultural practices block the supposed benefits of AEI.

Concerning the fact that there is no more biological regulation at 8m than at 25m, an explanation can be that 25m is not enough far from the edges and that natural enemies can go at this distance without problem.


We saw that the activity-density of carabids is more important in crops than at edges when there is AEI. An explanation could be that carabids spend time in edges during Winter for reproduction or hibernation, and then in Spring they return in crops : it is the cyclic colonization.

### **Conclusion and perspectives**

Current AEI do not have an impact on biological regulation, and the proximity of edges (8m) does not lead to a better biological regulation than in the center of crops (25m). Activity-density or richness of carabids are not better in crops with AEI than without AEI. So the 3 hypotheses are disconfirmed. Nevertheless, we can say that the activity-density of carabids is higher in crops than in edges of crops when there is AEI, probably thanks to the cyclic colonization.

The idea is to repeat this protocol each 3 years. Indeed, there is no need to study the effect of AEI, the stop of pesticide and the reduction of tillage next year or the year after as the implementation of AEI takes time.

It could be interesting to do a monitoring concerning the slugs, indeed they are important pests in crops.

	Diplôme : Ingénieur Agronome Spécialité : Agroécologie Enseignant référent : Manuel PLANTEGENEST	
Auteur : Camille MÉLINE Date de naissance* : 03/02/1994	Organisme d'accueil : Inra Dijon Adresse : UMR Agroécologie	
Nb pages : 49      Annexes : 10	17 rue Sully	
Année de soutenance : 2018	21000 DIJON Maître de stage : Sandrine PETIT-MICHAUT	
<p><b>Titre français</b> : Transition agroécologique et régulation biologique de bio-agresseurs : protocole de suivi et relevés initiaux pour la plateforme CA-SYS</p> <p><b>Titre anglais</b> : Agroecological transition and biological regulation of crop pests : monitoring protocol and initial survey for the CA-SYS platform</p>		
<p><b>Résumé</b> : Différentes solutions sont recherchées pour maintenir ou améliorer la durabilité des agroécosystèmes. La plateforme expérimentale de l'Inra de Dijon se propose de mettre en place à partir de 2019 différents systèmes agroécologiques, sans pesticides, avec une diminution du travail du sol et l'implantation de nouvelles infrastructures agroécologiques (IAE), ceci afin de voir si la régulation biologique est meilleure au fur et à mesure des années. Les IAE déjà présentes sur la plateforme ont-elles un effet sur la régulation biologique ? A l'aide de cartes de prédation de <i>Viola arvensis</i> et de pucerons, la régulation biologique dans des parcelles de céréales d'hiver a été mesurée. De plus, des carabes ont été piégés à l'aide de pots Barber pour connaître leur activité-densité ainsi que leur richesse spécifique. Les principaux résultats sont que les IAE n'ont pas d'effet sur la régulation biologique, et que les relevés en bordure de parcelles (8m) ne montrent pas de meilleure régulation biologique que les relevés centraux (25m). De plus l'activité-densité des carabes tout comme leur richesse spécifique n'est pas plus importante dans les parcelles entourées par des IAE que dans les parcelles sans IAE. Par contre, lorsqu'il y a des IAE en bordure de parcelles, l'activité-densité des carabes est plus importante au sein des parcelles qu'au niveau des IAE. Le monitoring de la régulation biologique dans les années futures permettra de voir si la régulation biologique augmente avec les nouveaux systèmes agroécologiques.</p>		
<p><b>Abstract</b> : Different solutions must be sought to maintain or improve the durability of agroecosystems. Inra's experimental platform will set up in 2019 different agroecological systems without pesticide, less tillage and with the implementation of new AEI, in order to test if the biological regulation is better. Is there an effect from the AEI already implemented on the biological regulation ? Thanks to predation cards of <i>Viola arvensis</i> and aphids, biological regulation in winter cereals has been studied. Carabids were also trapped to know their activity-density and their richness. We shown that AEI have no effect on biological regulation, and that surveys at the edge of crops (8m) does not lead to a better biological regulation than those in the center of the parcel (25m). Moreover the carabids' activity-density or richness is not better in crops surrounded by AEI than in crops without AEI. We found also that the proximity of AEI around crops leads to a better carabids' activity-density in the crops than in the AEI. The monitoring of biological regulation in futures years will allow concluding with the question of biological regulation trend.</p>		
Mots-clés : Régulation biologique, Agroécologie, Infrastructures agroécologiques, Monitoring, Ravageurs, Carabes, Durabilité Key Words: Biological regulation, Agroecology, Agroecological infrastructures, Monitoring, Pests, Carabids, Sustainability		

\* Élément qui permet d'enregistrer les notices auteurs dans le catalogue des bibliothèques universitaires