



HAL
open science

Étude comparative des populations de carabidés dans les exploitations maraîchères biologiques et inspirées de la permaculture

Claire Bardou

► **To cite this version:**

Claire Bardou. Étude comparative des populations de carabidés dans les exploitations maraîchères biologiques et inspirées de la permaculture. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-01618492

HAL Id: dumas-01618492

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01618492>

Submitted on 22 Jan 2018

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.

Année universitaire : 2016 - 2017

Spécialité :

Horticulture

Spécialisation (et option éventuelle) :

Fruits Légumes Alimentation et Marché

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)

Etude comparative des populations de carabidés dans les exploitations maraîchères biologiques et inspirées de la permaculture.

Par : Claire BARDOU



Source : Dluogs, <https://www.flickr.com/photos/dluogs/8486498942/in/photostream/>

Soutenu à Angers le 7 septembre 2017

Devant le jury composé de :

Président : BUCK-SORLIN Gerhard

Maître de stage : CORNILLON Maxime

Enseignant référent : TRICAULT Yann

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

JALOUX Bruno

ALBERT Laurence

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

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



Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ :

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur⁽³⁾ **Bardou Claire**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement(4)
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Liste des abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales

ANOVA : ANalysis Of VAriances

Bi : maraîchage bio-intensif

BPREA : Brevet Professionnel de Responsable d'Exploitation Agricole

CDB : Convention sur la Diversité Biologique

CETU : Centre d'Expertise et de Transfert Universitaire

CI : maraîchage biologique classique

COP : Conference Of Parties

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

EM : Evaluation des écosystèmes pour le Millénaire

ETL : Entomologie Tourangelle et Ligérienne

EUNIS : European Nature Information System

IPA-PE : Ingénierie du Projet d'Aménagement – Paysage et Environnement

IRBI : Institut de Recherche sur le Biologie de l'Insecte

LISEA : Ligne à grande vitesse Sud Europe Atlantique

Mi : micro-agriculture manuelle

ONU : Organisation des Nations Unies

PBI : Protection Biologique intégrée

SEPANT : Société d'Etude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine

UMR : Unité Mixte de Recherche

Liste des annexes

Annexe I : cartographie des habitats EUNIS des fermes

Annexe II : tableau d'informations complémentaires sur les fermes

Annexe III : itinéraires techniques et précisions sur les parcelles de courges

Annexe IV : listes des espèces de carabiques observées par ferme ainsi que le nombre d'individus piégés correspondant

Annexe V : liste des espèces rencontrées sur l'ensemble des fermes

Annexe VI : histogrammes de répartitions des individus par espèces pour les 7 fermes

Liste des illustrations

- Figure 1 : Critères d'identification de la famille des CARABIDAE
- Figure 2 : Cycle de vie des carabidés
- Figure 3 : Quelques genres considérés comme vrais prédateurs
- Figure 4 : genres *Amara* et *Harpalus* à dominante phytophage
- Figure 5 : Diagramme de détermination du premier niveau d'habitats EUNIS
- Figure 6 : Mise en place d'un pot type Barber
- Figure 7 : Piège de type Barber en parcelle (ferme C)
- Figure 8: Types de pots Barber possibles.
- Figure 9 : Piège type Malaise (ferme G)
- Figure 10 : Piège type Barber en bordure de parcelle (ferme F)
- Figure 11 : Schéma de répartition des pièges sur les parcelles de courges
- Figure 12 : Frise chronologique des étapes clés du piégeage
- Figure 13 : InsectFinder, l'application développée par Innophyt
- Figure 14 : Matériel utilisé dans l'identification des carabidés
- Figure 15 : Nombre d'individus observés pour les espèces les plus représentées
- Figure 16 : espèces remarquables observées lors de l'étude
- Figure 17 : Graphe des variables de l'ACP prenant les fermes comme individus
- Figure 18 : Cartographie des fermes en fonction des dimensions 1 et 2 de l'ACP
- Figure 19 : Description des dimensions 1 et 2 de l'ACP
- Figure 20 : Explication des variables utilisée pour l'ACP
- Figure 21 : Graphe des relevés en fonction des indices de biodiversité et des habitats EUNIS
- Figure 22 : composition des axes Dim1 et Dim2
- Figure 23 : Nombre moyen d'espèces de carabidés par relevé sur chaque ferme coloration par classe
- Figure 24 : Nombre total d'espèce de carabidés piégées par ferme, coloration par classe
- Figure 25 : Nombre moyen d'individus par relevé en fonction de la ferme avec les groupes statistiques
- Figure 26 : nombre moyen d'espèces par relevé en fonction du type de haie
- Figure 27 : nombre moyen de carabidés par relevé en fonction de la disposition des prairies
- Figure 28 : répartition des individus par espèces sur la ferme E
- Figure 29 : répartition des individus par espèces sur la ferme B
- Figure 30 : répartition des individus par espèces sur la ferme G
- Figure 31 : évolution du nombre d'espèces par relevé
- Figure 32 : Photo de *Poecilus cupreus*
- Figure 33 : Photo de *Pterostichus melanarius*

Tableau 1 : construction des classes en fonction des pratiques

Tableau 2 : caractérisation des fermes en fonction de leurs pratiques culturales sur leur parcelle de courge

Avant-propos

Ce stage de fin d'étude était commandité par la SEPANT : Société d'Etude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine. Association loi 1901 créée en 1966, elle a pour objectif de préserver les milieux naturels de Touraine. Elle mène plusieurs actions et projets sur des thématiques aussi différentes que la gestion des déchets, l'éducation à l'environnement, la biodiversité en agriculture ou encore la ressource en eau et l'alimentation. [SEPANT, 2015]

Le stage s'est déroulé au sein d'Innophyt, Centre de d'Expertise et de Transfert Universitaire (CETU). Ce CETU de l'Université François Rabelais de Tours est consacré à la valorisation de la recherche sur la lutte anti-parasitaire durable. Innophyt développe aussi des activités telles que la veille scientifique et technique, le suivi de plans d'action en Protection Biologique Intégrée (PBI) ou encore des inventaires de biodiversité entomofaune. Innophyt est situé au sein de l'Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte (IRBI), UMR composée de personnels du CNRS et de l'Université François Rabelais de Tours.

L'Entomologie Tourangelle et Ligérienne (ETL) est une association loi 1901 ayant pour but la vulgarisation de l'entomologie ainsi que l'approfondissement des connaissances sur l'entomofaune. Avec 40 ans d'existence et environ 90 adhérents, elle travaille notamment sur la compréhension des arthropodes en milieux cultivés et sur la systématique entomologique.

Sommaire

Introduction	1
Partie bibliographique	4
Matériel et méthode	6
Classification des fermes et de leur paysage	6
Piégeage.....	10
Conservation et tri des échantillons.....	13
Matériel utilisé	14
Traitement des données manquantes	14
Stockage des données et analyses statistiques	14
Les indices de la biodiversité	15
Résultats	16
Comparaison visuelle selon les pratiques et les indices de biodiversité	17
Analyse du nombre d'espèces et d'individus	20
Analyse des indices de biodiversité.....	23
Comparaison des fermes	23
Comparaison des classes	24
Comparaison des relevés.....	24
Discussion	25
Saisonnalité des espèces	25
Richesse spécifique des fermes E et G	25
Quasi absence de grands carabes.....	25
Différences d'abondance de carabes	26
Différence de répartitions des individus dans les taxons	26
Etude du paysage	27
Conclusion	28
Hypothèses de départ.....	28
Des points d'amélioration	28
Un projet sur trois ans	29
Bibliographie	30

Introduction

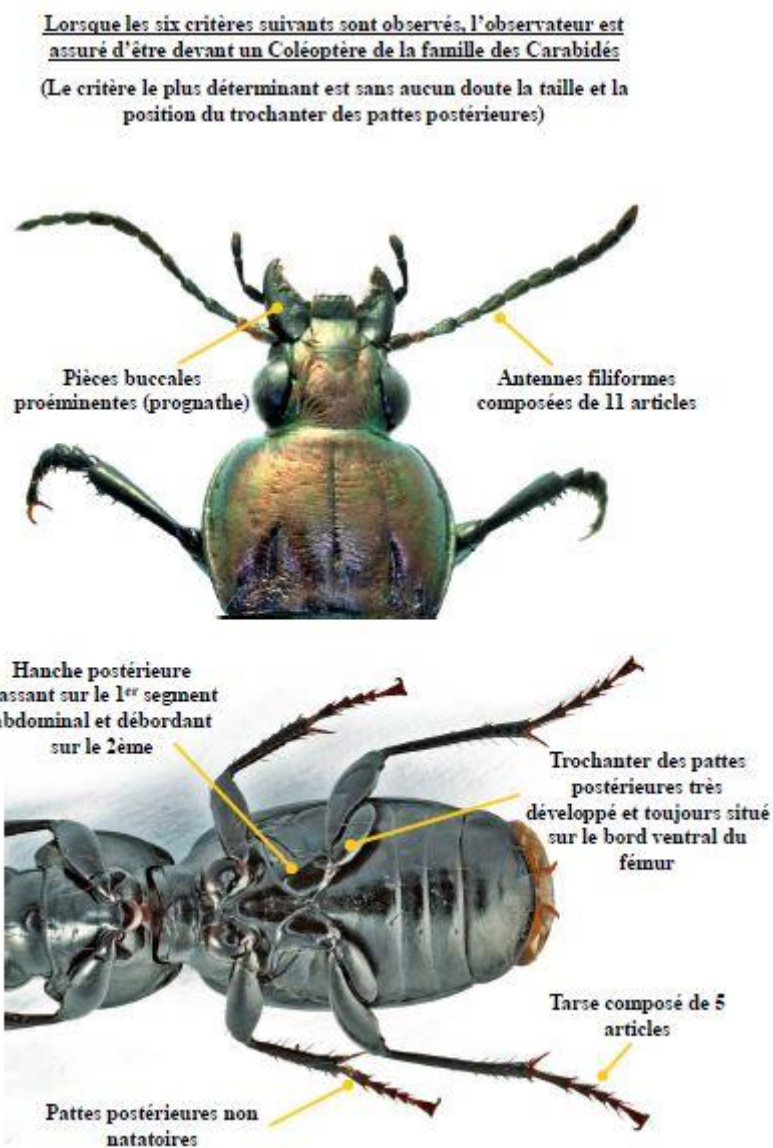
D'après les textes législatifs « On entend par biodiversité, ou diversité biologique, la variabilité des organismes vivants de toute origine [...]. Elle comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces, la diversité des écosystèmes ainsi que les interactions entre les organismes vivants. » [Assemblée Nationale, 2016]. La biodiversité est considérée aujourd'hui comme reflet de la « santé » d'un milieu. Une prise de conscience générale s'est effectuée ces dernières décennies sur l'importance de la conservation des espèces et de la préservation de l'environnement. Cette prise de conscience a donné naissance à la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992. Les 193 états signataires actuels, dont la France, se sont engagés à protéger la biodiversité de leur pays, à soutenir les mesures de protection de la biodiversité dans les pays en développement et à réglementer de manière équitable et durable l'accès aux ressources génétiques [Autorités de la Confédération suisse, 2015]. Depuis 1995 la Conférence Of Parties (COP) a lieu tous les ans pour faire le point sur les mesures de lutte contre le réchauffement climatique et le déclin de la biodiversité [Virginie Christnacht, 2015].

La biodiversité est notamment le support des services écosystémiques. Ces services sont définis comme les bénéfiques que l'Humain retire de ces écosystèmes. Ils sont répartis en quatre catégories : les services d'approvisionnement, de régulation, culturels et de soutien [Les Cahiers du Développement Durable, 2017]. L'Évaluation des écosystèmes pour le Millénaire (EM) est un projet mondial instauré en 2001 par l'ONU, il a pour objectif d'évaluer les conséquences des changements écosystémiques sur le bien-être humain et d'établir une base scientifique pour les actions à mener pour améliorer l'utilisation de ces systèmes. Dans son rapport de synthèse de 2005 sur la biodiversité écologique, l'EM souligne que « la diversité biologique ne contribue pas uniquement au bien-être matériel et à la subsistance des êtres humains. Elle contribue également à la sécurité, à la résilience, aux relations sociales, à la santé et à la liberté de choix et d'action. » [Millenium Ecosystem Assessment, 2005]. L'EM souligne le fait que la transformation des habitats, la surexploitation des espèces et la pollution sont les trois facteurs les plus importants dans l'appauvrissement de la diversité biologique. Ces facteurs pourtant, à l'échelle planétaire, ne montrent aucun signe de diminution voire s'intensifient avec le temps. [Millenium Ecosystem Assessment, 2005]. Parmi les services rendus par les écosystèmes, dans le domaine de l'agriculture, des populations permettent de réguler les ravageurs et maladies des cultures. Plus la diversité de régimes alimentaires des individus au sein d'une culture est grande et équilibrée, plus le système agricole est résilient. En effet une autorégulation se met en place, permettant de réduire la pression de ravageurs et maladies [Luff, 2002].

Connaître la biodiversité d'un milieu agricole permet d'avoir une idée, non seulement de la résilience de l'agrosystème mais aussi de l'impact des pratiques agricoles sur l'habitat. Cependant, il est souvent impossible d'établir l'inventaire de toutes les espèces présentes dans un milieu et l'utilisation de bio-indicateurs pour évaluer la biodiversité se révèle souvent nécessaire. Bien choisir les bio-indicateurs permet de mener une étude de qualité tout en restant réaliste et raisonnable sur les moyens disponibles. Un bio-indicateur peut être une espèce ou des groupes d'espèces qui reflètent l'impact du changement de l'habitat, mais ils peuvent également rendre compte de l'état d'un milieu, d'une communauté ou d'un écosystème, ou encore refléter la diversité d'autres espèces lorsqu'il existe des corrélations de diversité entre le bio-indicateur et les autres espèces du milieu [McGeoch, 1998 cité par Rainio and Niemelä, 2003]. Les carabidés sont sensibles à différents facteurs environnementaux, sont présents sur un large spectre d'habitats et sont faciles à quantifier et à identifier. Ces caractéristiques font d'eux de très bons bio-indicateurs.

La famille des carabidés appartient au sous-ordre des Adephaga, compris dans l'ordre des Coléoptères. Les carabidés, aussi appelés carabes par facilité, ont un stade

larvaire se développant dans le sol. Les adultes sont des insectes principalement rampants même si on dénombre un certain nombre d'espèces volant facilement [Coulon *et al.*, 2000]. On peut reconnaître cette famille grâce à des critères assez simples tels que le nombre d'articles antennaires s'élevant à 11, des trochanters très développés et les hanches dépassant sur le second segment abdominal (Figure 1).



La plupart des carabidés est à dominante carnivore. Certaines espèces sont omnivores comme la majorité du genre *Harpalus* ou phytophages comme beaucoup d'espèces du genre *Amara* [Luff, 2002]. Les carabes, en plus d'être de bons bio-indicateurs sont faciles à identifier, ce qui justifie leur utilisation lors de ce projet pour les inventaires de biodiversité.

La permaculture est née dans les années 1970 en Australie de la rencontre de David Holmgren et Bill Mollison. Cette façon de penser la production et toute activité humaine repose sur trois bases éthiques : le respect de la Terre, le respect de l'Homme et des peuples et la création d'abondance avec redistribution du surplus. A partir de ces trois bases, douze principes ont été élaborés parmi lesquels le zéro déchet, collecter et stocker l'énergie, créer une production ou encore utiliser et valoriser la diversité. C'est une approche holistique des systèmes basée sur une observation de la nature menant à la création de systèmes se

voulant durables et fonctionnels [Université Populaire de Permaculture, 2017]. Il est difficile d'accéder à des données chiffrées sur la permaculture en France car les critères différenciant les fermes inspirées de la permaculture des autres fermes biologiques ne sont pas toujours évidents. Il est tout de même possible d'avoir une idée de l'attrait qu'elle suscite en se penchant sur les chiffres des inscriptions au Brevet Professionnel de Responsable d'Exploitation Agricole (BPREA), l'une des principales formations permettant la conduite d'une exploitation en France. Environ 700 inscriptions sont comptées annuellement dont 70% en maraîchage, majoritairement pour des projets agricoles conduits en agriculture biologique sur de petites surfaces [Formabio, 2015 cité par Bedouet, 2017]. Beaucoup de débats existent sur ce mode de vie et de production comme par exemple le manque de rentabilité. Le peu d'études réalisées sur ce sujet en est en grande partie la cause. Il est important de mener des études sur la réalité de la permaculture afin de connaître l'impact réel de ces pratiques, que ce soit au niveau agronomique ou écologique. Les études ainsi réalisées permettent aux porteurs de cette éthique de valoriser la permaculture auprès du monde politique et d'en faciliter la promotion. L'information auprès des politiques permettrait de lancer des réflexions plus poussées sur les potentiels bienfaits de cette philosophie en tant que mode de production.

Le projet « Permaculture et Biodiversité » dans le cadre duquel ce mémoire est écrit s'inscrit dans la liste croissante des études sur la permaculture. En effet le but de ce projet est de comparer la biodiversité des systèmes de production en agriculture biologique classique à celle des systèmes permacoles. Pour ce faire, des relevés de la faune, de la flore et une étude de la matrice paysagère environnante sont effectués sur les exploitations échantillonnées de 2017 à 2019. Ce projet coordonné par la SEPANT est financé par la Fondation LISEA Biodiversité (fondation de LISEA : Ligne à grande vitesse Sud Europe Atlantique) dans le cadre des mesures de compensation imposée par le ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie. Le Conseil Départemental d'Indre-et-Loire et le Conseil Régional Centre-Val-de-Loire prennent également part au financement de cette étude. Ce projet compte plusieurs partenaires qui se sont associés pour croiser leurs compétences :

-Le CETU Innophyt qui a pour mission de réaliser une partie de l'inventaire entomologique sur les fermes par piégeage.

-l'Entomologie Tourangelle et Ligérienne (ETL), missionnée également sur l'inventaire de l'entomofaune.

-Bio Centre, association soutenue par l'Etat représentant les acteurs de la filière biologique en région Centre-Val-de-Loire. Elle a pour mission de coordonner le développement de cette filière.

-L'Université François Rabelais, équipe IPA-PE (Ingénierie du Projet d'Aménagement – Paysage et Environnement), unité mixte de recherche avec le CNRS. Cette équipe étudie et agit sur les transformations des milieux naturels et des espaces aménagés et construits. Dans le projet, elle réalise l'inventaire de la flore sur les exploitations.

-La SEPANT, qui est la structure en charge de la coordination de ce projet et qui a réalisé les diagnostics de la biodiversité initiaux dans les fermes échantillonnées.

Dans le cadre de ce projet, la problématique suivante a été étudiée pour ce mémoire :

les pratiques maraîchères des exploitations inspirées de la permaculture permettent-elles d'accroître la population d'auxiliaires, notamment de carabidés, au sein des cultures ?

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées. En effet il est probable de trouver une diversité supérieure dans les exploitations inspirées de la permaculture du fait du moindre travail du sol et de l'enherbement recouvrant la majeure partie des allées et bordures

[Kromp, 1999, Waligora, 2005, Hance, 2002]. Le travail du sol favorise en effet certaines espèces et si le nombre de carabes piégés ne diffère pas significativement, la diversité spécifique est amoindrie par le travail du sol [Paul, 1986 cité par Kromp, 1999]. L'enherbement permet une meilleure activité des carabes, à l'exception de certaines espèces. De plus les carabes sont favorisés par l'association de culture [Kromp, 1999] qui est un point clé des systèmes permacole. On constate plus d'immigration que d'émigration de carabes dans les systèmes en cultures associées [Kromp, 1999]. Il est probable que les pratiques ne changent pas la richesse spécifique mais plutôt la composition en espèces, sur des sols perturbés on retrouvera plus de petites espèces car les grandes supportent mal le travail du sol [Luff, 2002]. Pourtant ces dernières sont avantageuses puisque souvent prédatrices de plus de ravageurs, notamment de grande taille, comme les limaces, escargots, d'autres coléoptères...

Tout d'abord une partie bibliographique apportera des précisions sur les carabes en agriculture. Le matériel et la méthode utilisée pour la collecte de données seront ensuite explicités afin de mieux comprendre les résultats, présentés en troisième partie. Enfin ces résultats seront discutés à la lumière de la bibliographie.

Partie bibliographique

Plus de 40 000 espèces de carabiques sont connues [Lövei and Sunderland, 1996 cités par Kromp, 1999]. Près de 2700 ont été trouvées en Europe [Wachmann *et al.*, 1995 cités par Kromp, 1999]. Souvent foncés et nocturnes leurs longues pattes leur permettent une course rapide. La plupart vit au sol bien que certaines espèces puissent voler. La femelle pond 30 à 600 œufs dans le sol ou dans le bois en décomposition. Les trois stades larvaires et la puppe se développent ensuite dans le sol (Figure 2). Les carabidés polyphages consomment des proies et des végétaux à différents degrés. La larve est plutôt carnivore alors que les adultes sont plus polyphages [Kromp, 1999]. Il est préférable de parler de dominante alimentaire et non de régime alimentaire strict pour prendre en compte cette polyphagie de la plupart des espèces.

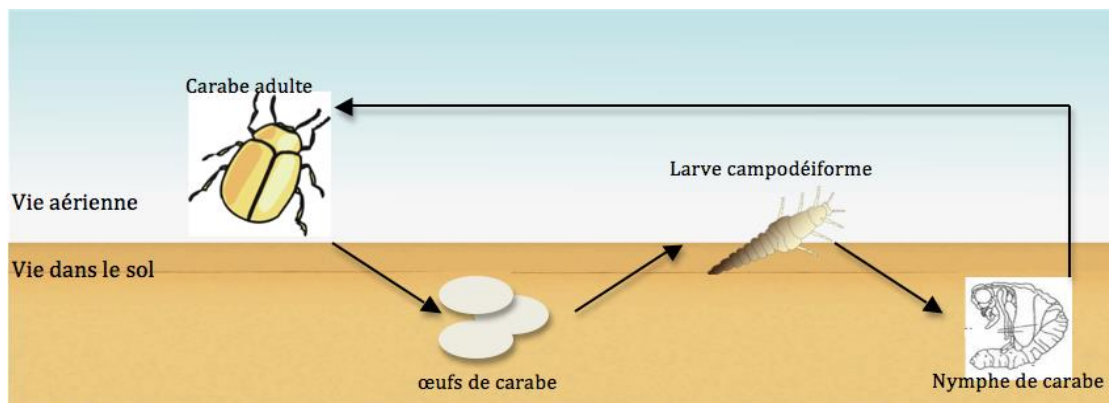


Figure 2 : Cycle de vie des carabidés. Source : http://www.supagro.fr/ress-pepites/OrganismesduSol/co/2_BioCarabes.html

Londroth (1992, cité par Kromp, 1999) estime que la plupart des carabes seraient plutôt charognards ou chasseurs de proies en mauvaise santé. Les carabes des genres *Calosoma* et *Cicindela* sont de vrais prédateurs selon lui, ainsi que les genres *Agonum*, *Bembidion* (en partie), *Calathus*, *Carabus*, *Cychrus*, *Dyschirius*, *Elaphrus*, *Notiophilus* et *Pterostichus* (en partie) mais pouvant aussi consommer des végétaux à l'occasion (Figure 3).

Les genres *Amara*, *Harpalus* et *Zabrus* sont majoritairement phytophages. Les genres *Harpalus* et *Ophonus* sont principalement consommateurs d'adventices en se nourrissant de leurs graines ou leurs fruits non mûrs, les empêchant d'être fertiles [Kromp, 1999] (Figure 4).

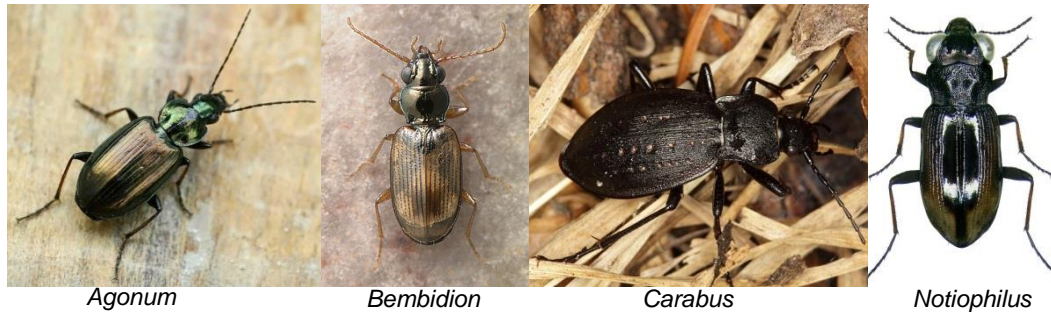


Figure 3 : Quelques genres considérés comme vrais prédateurs

Sources : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Agonum> ; https://no.wikipedia.org/wiki/Bembidion_ehippium ; <https://www.flickr.com/photos/gbohne/7376075462/> ; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Notiophilus_biguttatus_%28Fabricius,_1779%29_%282890634934%29.jpg



Figure 4 : genres *Amara* et *Harpalus* à dominante phytophage

Sources : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Harpalus_\(genre\)#/media/File:Harpalus_affinis01.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Harpalus_(genre)#/media/File:Harpalus_affinis01.jpg) ; https://fr.wikipedia.org/wiki/Amara_aenea#/media/File:Amara_aenea01.jpg

La diversité de cultures, passant par l'hétérogénéité des monocultures, la pratique des cultures associées et l'aménagement de bordures de champ augmente la capacité des carabes à réguler la population de ravageurs [Kromp, 1999]. L'alimentation dans ces zones est de meilleure qualité car les carabidés ont à leur disposition plus de diversité de proies. Il en résulte que la taille des adultes est plus grande quand la complexité de l'habitat augmente [Lee and Landis, 2002]. L'impact de l'hétérogénéité du paysage sur la biodiversité est parfois plus important que le type de système agricole [Saussure, 2010]. L'effet du paysage sur le piégeage des carabes se ressent jusqu'à 18m maximum [Lee and Landis, 2002].

La disponibilité en proies est un des facteurs déterminant dans la répartition des carabiques [Fournier & Loreau, 2002 cités par Saussure, 2010].

Le troisième stade larvaire et la puppe des carabes sont de grande taille et possèdent une faible chitinisation [Lövei & Sunderland, 1996 cité par Saussure, 2010]. Elles pourraient être particulièrement sensibles aux dommages physiques causés par le travail du sol [Fadl et al., 1996 cité par Saussure, 2010]. Lors d'études sur les carabes, il est souvent question d'activité-densité des carabes et non d'abondance stricte. En effet le nombre d'individus

piégés ne dépend pas uniquement de leur nombre mais aussi de leur activité. Une population peu nombreuse mais très active peut avoir autant voire plus d'individus piégés qu'une population plus nombreuse mais peu active. Deux pratiques peuvent être en opposition pour ce qui concerne l'activité-densité des carabes. Une forte densité de plantation a tendance à réduire le nombre de carabes piégés, donc l'activité-densité des carabes, alors que les cultures associées augmentent l'activité-densité et la diversité [Booij et al., 1997 cités par Hance, 2000 ; Kromp, 1999]. Or ces deux pratiques sont couramment utilisées dans les systèmes permacoles, leur effet sur le nombre de carabes peut donc être plus ou moins contrebalancé.

Plusieurs auteurs [Cardinale *et al.*, 2003 ; Chang and Snyder, 2004 ; Kristin *et al.*, 2005 ; Snyder *et al.*, 2006 ; Straub *et al.*, 2008 cités par Rouabah, 2015] ont établi le lien entre la diversité biologique présente dans les agroécosystèmes et le contrôle biologique des ravageurs de cultures. En outre, plus il y a d'espèces de prédateurs dans un écosystème, plus il y a de probabilités que ce dernier retrouve un équilibre après un brusque changement environnemental [Walker, 1992 cité par Rouabah, 2015].

L'équilibre des populations est important dans les milieux cultivés, particulièrement dans les systèmes permacoles cherchant à réduire l'intervention de l'Homme dans les cultures. D'où l'intérêt d'étudier l'influence des pratiques inspirées de la permaculture sur les populations d'auxiliaires. Dans la partie suivante, le matériel et la méthode utilisés pour comparer les systèmes inspirés de la permaculture des systèmes biologiques classiques sont décrits.

Matériel et méthode

Classification des fermes et de leur paysage

L'étude s'est faite sur 7 fermes en agriculture biologique. Les pratiques de ces fermes diffèrent et elles ont été classées en 3 catégories selon la thèse de Kévin Morel, 2016 (Tableau 1) :

- le maraîchage biologique « classique » (CI), intégrant les pratiques les plus courantes en maraîchage biologique.
- le maraîchage bio-intensif (Bi), intégrant un maximum de pratiques biologiques bas intrants afin d'augmenter le rendement telles que la culture sur butte, l'utilisation d'engrais vert (plante fixatrice d'azote intégrée dans le cycle de rotation), une forte densité d'implantation. Cette classe n'est pas incompatible avec la philosophie de la permaculture.
- la micro-agriculture manuelle (Mi), supprimant totalement la mécanisation, parfois remplacée par la traction animale. Les pratiques bas intrants sont recherchées. L'engrais vert n'est pas pratiqué car l'association de culture ayant des besoins différents permet un équilibre dans la consommation des nutriments du sol. Une ferme appartenant à cette classe a de fortes similarités avec les principes de la permaculture.

Le paillage est une pratique pouvant impacter les populations de carabes [Tooley and Brust, 2000]. Cependant Lewis *et al.* (2016), dans leur étude sur les cultures de cucurbitacées en agriculture biologique n'ont pas relevé d'effet du paillage plastique sur la biodiversité de l'entomofaune. Toutefois, après discussion avec les producteurs, le paillage, plastique ou organique, a été retenu comme indicateur car une absence de paillage est jugée caractéristique d'une conduite en agriculture biologique « classique ».

Tableau 1: construction des classes en fonction des pratiques

Indicateurs	Mi	Bi	CI
Mécanisation	Manuel	Moyenne	Forte
Densité d'implantation	Forte	Forte	Faible
Association de culture	Oui	Non	Non
Pratiques bas intrants	Oui	Oui	Non
Engrais verts	Non	Oui	Non
Succession de culture/an	4 à 6	1 à 4	1 à 2
Paillage	Oui	Oui	Non

Selon Lewis *et al.* (2016), le travail du sol, compris ici dans l'indicateur Mécanisation, est une des pratiques qui a le plus d'effet sur la population de carabes, avec les traitements subis. Toutes les exploitations étant en agriculture biologique, le critère des traitements ne s'applique pas ici. Le travail manuel est caractéristique des systèmes inspirés de la permaculture, correspondant à l'éthique de non consommation d'énergie fossile et de minimiser les perturbations des écosystèmes. Cette pratique différencie donc bien les classes. La mécanisation est donc considérée comme l'indicateur le plus important, et sera prépondérant dans la classification des fermes. Le tableau 2 suivant résume la classification des fermes du projet.

Tableau 2 : caractérisation des fermes en fonction de leurs pratiques culturelles sur leur parcelle de courge

	A	B	C	D	E	F	G
Mécanisation	Moyenne	Moyenne	Forte	Très faible	Moyenne	Forte	Moyenne
Densité d'implantation	Forte	Normale	Faible	Forte	Faible	Faible	Forte
association de culture	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Oui
Pratiques bas intrants	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Engrais verts	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
Succession de cultures / an	1 à 2	1 à 4	1 à 4	1 à 4	NA	1 à 4	1 à 2
Paillage	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
% de correspondance pour chaque catégorie	29%Mi, 57%Bi, 57%CI	43%Mi, 86%Bi, 29%CI	14%Mi, 42%Bi, 71%CI	86%Mi, 57%Bi, 14%CI	33%Mi, 66%Bi, 50%CI	29%Mi, 43%Bi, 71%CI	57%Mi, 71%Bi, 14%CI
Classé majoritairement dans	Bi	Bi	CI	Mi	Bi	CI	Bi
% retenu	0%Mi, 57%Bi, 43%CI	14%Mi, 86%Bi, 0%CI	0%Mi, 29%Bi, 71%CI	86%Mi, 14%Bi, 0%CI	66%Bi, 17%Mi, 17%CI	0%Mi, 29%Bi, 71%CI	14%Mi, 71%Bi, 14%CI

La densité de culture a été évaluée par rapport aux préconisations des vendeurs de graines biologiques : un espacement de 90cm sur rang et 120cm inter-rang.

Le pourcentage de correspondance pour chaque catégorie a été obtenu en calculant le nombre de pratiques correspondant à la classe en question divisé par le nombre de pratiques renseignées, le tout ramené en pourcentage. Soit la formule suivante : $\%_{Classe} = \frac{\text{Nombre de pratiques correspondant à la classe}}{\text{Nombre de pratiques renseignées}} \times 100$

Il permet de trouver la catégorie ressemblant le plus à la ferme. La somme des pourcentages est supérieure à 100% car une pratique peut être comptée plusieurs fois. Par exemple la présence d'une forte densité d'implantation sera comptée pour réaliser le pourcentage de correspondance à Mi et à Bi.

Chaque ferme est ensuite classée dans la catégorie qui lui correspond le plus. Pour la ferme A, on obtient une égalité entre Bi et Ci. Elle correspond à Bi pour ce qui est de l'indicateur Mécanisation, elle se classe donc en tant que maraîchage bio-intensif plutôt que dans le maraîchage biologique classique puisque comme vu plus haut la mécanisation comprenant le travail du sol est déterminante pour les populations de carabes.

Le pourcentage retenu est le pourcentage calculé en ne comptant qu'une seule fois chaque pratique. Ainsi lorsqu'une pratique peut être comptée dans deux classes, elle sera comptée uniquement pour la classe majoritaire (ou la classe la plus proche de cette dernière le cas échéant). Par exemple l'absence d'association de culture dans l'exploitation B est uniquement comptée dans le pourcentage attribué à Bi puisque c'est la classe qui lui correspond le plus. Cette pratique n'est alors pas prise en compte pour réaliser le pourcentage de Ci.

Les données permettant la création de ce tableau 2 ont été acquises par le biais de questionnaires auprès des producteurs. Un questionnaire portant sur la conduite et le contexte de la parcelle de courge, un autre sur la conduite globale et le contexte de l'exploitation.

Que soit pris en compte uniquement la parcelle étudiée ou la globalité de l'exploitation, le classement des fermes reste identique. Pour chaque ferme, la parcelle étudiée est la parcelle de courge. Malgré les légères différences de pratiques lors de ce changement d'échelle, aucune ferme ne présente un écart suffisant pour changer de classe.

Le paysage étant un facteur important de la biodiversité [Ameline *et al.*, 2013], il est nécessaire d'établir un relevé du paysage des exploitations. Sur chacune des 7 exploitations, un relevé des habitats selon le European Nature Information System (EUNIS) est réalisé. Ces habitats sont classés entre autres selon l'anthropisation, la végétation en place, l'humidité (Figure 2).

Vous trouverez en annexe les cartes des différents habitats présents, ainsi qu'un tableau d'informations complémentaires pour chaque ferme (Annexe I et II). Les prairies permanentes, les mares, les friches et les haies sont considérés comme éléments fixes du paysage et sont retenus pour analyser les différences de biodiversité entre les fermes en fonction de ces éléments fixes du paysage. Ces habitats sont ceux qui diffèrent le plus selon les exploitations et permettent donc d'avoir une étude comparative plus précise.

Diagramme de détermination pour le niveau 1 :

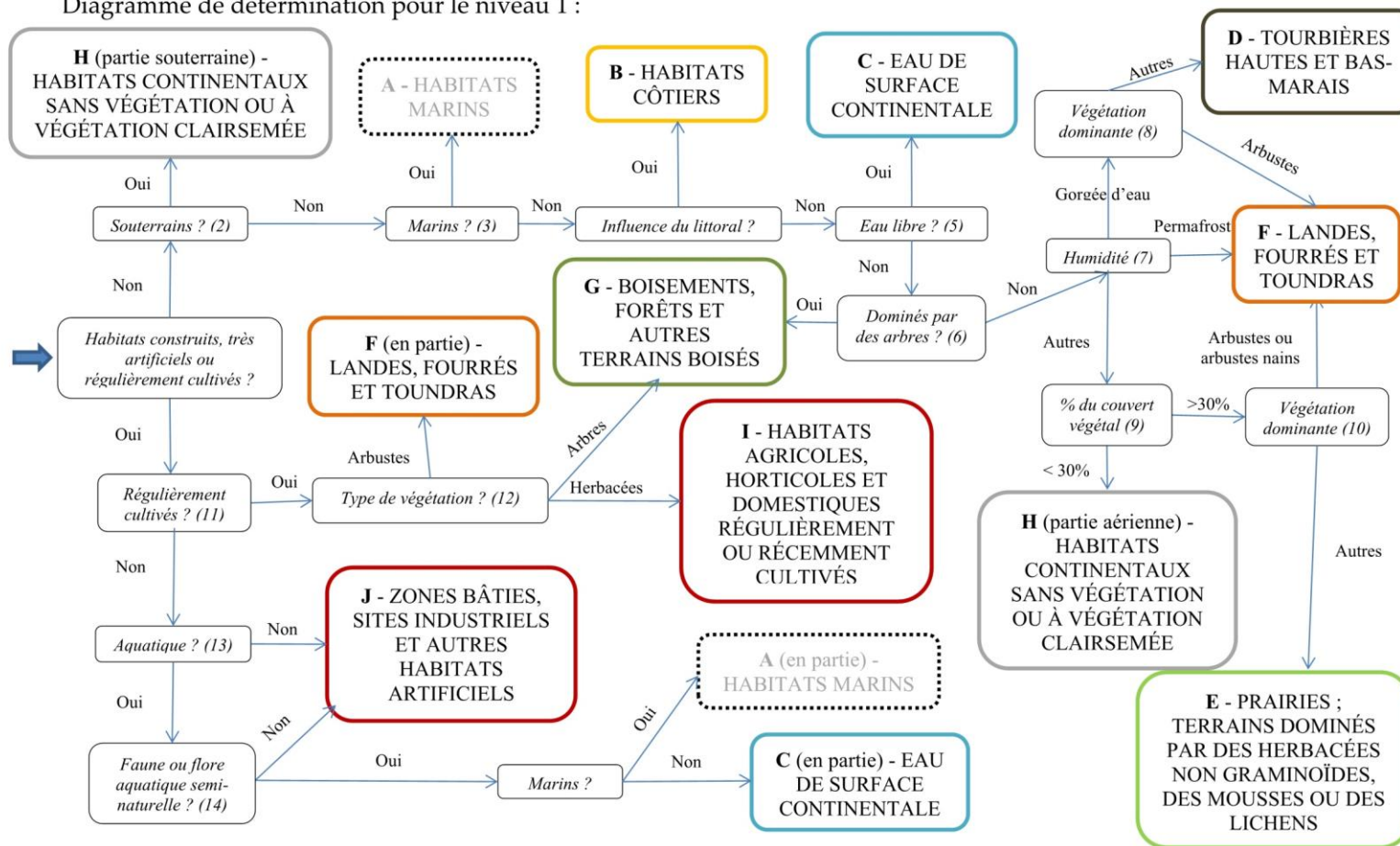


Figure 5 : diagramme de détermination du premier niveau d'habitats EUNIS
 source : https://inpn.mnhn.fr/docs/ref_habitats/EUNIS_trad_francais.pdf

Piégeage

Deux types de pièges ont été mis en place sur les fermes. Les pièges de type Barber sont constitués d'un gobelet de 7,3cm de diamètre à l'ouverture, 5cm de diamètre à la base et 11cm de hauteur. Ils sont enterrés afin que le haut du gobelet affleure la surface du sol (Figure 6). Ils permettent le piégeage des insectes rampants. Une plaque de protection est positionnée au-dessus du piège pour limiter l'accélération du pourrissement et l'évaporation dus au soleil (Figure 7).



Figure 6 : Mise en place d'un pot type Barber Crédit photo : Claire Bardou



Figure 7 : piège de type Barber en parcelle (ferme C) crédit photo : Claire Bardou

Plusieurs positions sont envisageables pour la mise en place des pots (Figure 8). Selon Greenslade (1964) la méthode la plus efficace pour piéger les carabes est la position B, avec 60cm de sol nu autour du pot. Cette solution n'est pas envisageable dans notre étude car les pots se situent en milieu cultivés et conserver quatre cercles de 120cm de diamètre de sol nu par ferme demande de la main d'œuvre et engendre une perte de rendement pour les producteurs. Greenslade indique que la solution C est plus efficace en début de saison et la solution A en fin de saison. Comme il est difficile de mettre en place de manière stable pour 15 jours des pots dans la position A, il a été décidé de se tourner vers la position C, c'est-à-dire le pot affleurant la surface du sol, sans perturber le milieu autour.

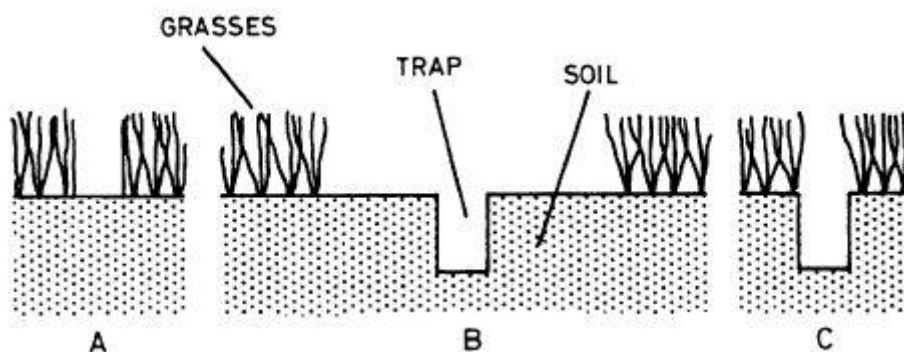


Figure 8 : types de pots Barber possibles. source : Greenslade P.J.M, 1964

Afin d'avoir un échantillonnage plus complet, le piégeage des insectes volants est assuré par des pièges de type tente Malaise. Ils couvrent une surface au sol d'environ 1m² et mesurent 110cm de hauteur. Contrairement aux tentes Malaise classiques, ces pièges sont multi directionnels et permettent un piégeage de l'insecte quelque soit le sens de son vol.

Les insectes volants heurtant les parois en tissu tentent de contourner l'obstacle en prenant de la hauteur et sont conduits jusqu'au flacon où ils tombent dans le liquide de piégeage (Figure 9).



Figure 9 : piège type Malaise (ferme G) crédit photo : Claire Bardou

Ce liquide est le même que celui utilisé dans les pièges de type Barber et se compose principalement d'eau à laquelle on ajoute 500g/L de sel (NaCl) et quelques gouttes de liquide vaisselle inodore et incolore. Le sel à une telle concentration permet de conserver les insectes durant tout le temps de la collecte (2 semaines). Le liquide vaisselle baisse la tension superficielle, ce qui a pour conséquence de faire couler l'insecte dès son arrivée dans le piège [Rouabah, 2015]. En résultent une mort plus rapide et une moindre probabilité de sortie du piège. Le liquide vaisselle est choisi inodore afin de ne pas créer de biais par l'attraction ou l'aversion que pourraient avoir les individus pour le parfum [Labruyère, 2016].

Sur chacune des 7 exploitations de l'étude, 5 pièges ont été mis en place comme suit :

- 2 pièges types Barber en milieu de parcelle séparés de 5 mètres (Figure 7).
- 2 autres en bordure de parcelle non travaillée (ou travaillée au minimum), également séparés de 5 mètres (Figure 10).
- Une tente Malaise positionnée dans un élément de bordure, éloigné de 1 à plusieurs mètres de la parcelle étudiée (Figure 9).



Figure 10 : piège type Barber en bordure de parcelle (ferme F) crédit photo : Claire Bardou

Un schéma de disposition des pièges sur les parcelles est disponible en figure 11.

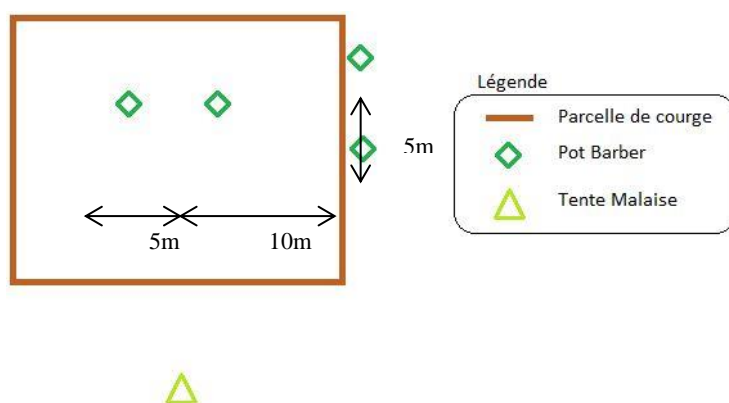


Figure 11 : schéma de répartition des pièges sur les parcelles de courges. Auteur : Claire Bardou

Sur toute la saison de piégeage les flacons des tentes Malaise sont relevés par les producteurs une semaine après leur mise en place. Les pots Barber sont relevés toutes les deux semaines, hormis le premier relevé qui a lieu trois semaines après la mise en place des pièges. La figure 12 ci-dessous récapitule les différentes dates clés du suivi :

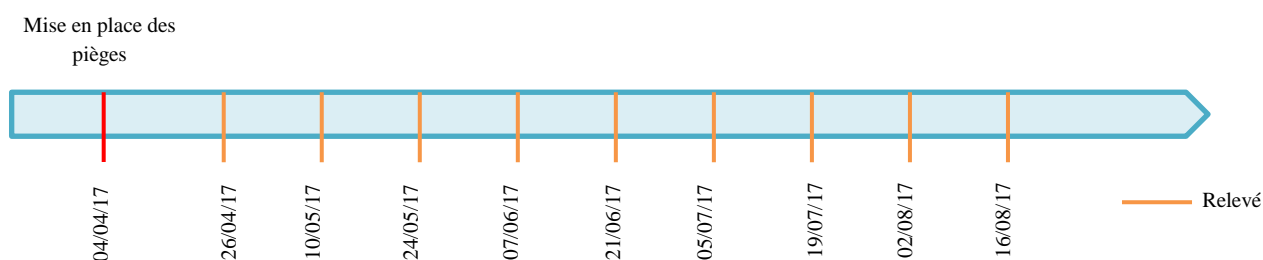


Figure 12 : frise chronologique des étapes clés du piégeage. Auteur : Claire Bardou

Les parcelles choisies pour le piégeage sont les parcelles de courges. Plusieurs études montrent qu'il y a plus d'effet de la culture elle-même sur la diversité et le nombre de carabes que l'itinéraire technique [Luff, 2002]. Il est donc important de procéder au piégeage sur une parcelle de culture commune à toutes les exploitations. Chaque ferme possède une unique parcelle de courge, utilisée pour l'inventaire. Cette culture a été retenue car elle présente l'avantage d'être implantée au printemps et de rester en place durant tout l'été, permettant un suivi des populations de la parcelle avant implantation jusqu'à la plante à pleine maturité. De plus, une fois implantée, très peu, voire aucune intervention n'est nécessaire dans la parcelle, ce qui permet de réduire le risque de renversement des pièges. En annexe III se trouve un tableau récapitulatif de l'historique de la parcelle et de l'itinéraire technique de chaque ferme.

Conservation et tri des échantillons

Lors des relevés le contenu des pots Barber est transvasé dans des flacons en regroupant les deux pots Barber de bordure d'une part et les deux pots de parcelle d'autre part. Une fois le contenu des pots versés dans les flacons, les pièges sont remis en service avec du liquide de piégeage. Les flacons sont complétés avec de l'alcool et disposés en chambre froide ($\sim 6^{\circ}\text{C}$) afin de mieux conserver les individus jusqu'à leur identification.

Certains spécimens sont conservés dans une collection de référence. La plupart sont collés et non épinglés car le sel contenu dans le liquide de piégeage a imbibé l'insecte et risque de dégrader l'épingle.

Les arthropodes sont triés selon leur morpho-espèce grâce à une application non disponible au grand public actuellement créée par Innophyt : InsectFinder (Figure 8). Cette application permet de séparer les arthropodes en groupes morphologiquement semblables et ayant le même régime alimentaire. Grâce à cette différenciation par le régime alimentaire, il est possible d'étudier l'équilibre auxiliaires-ravageurs d'un milieu et de donner des préconisations d'actions aux utilisateurs.



Figure 13 : InsectFinder, l'application développée par Innophyt

Chaque insecte de l'échantillon est ainsi classé, le nombre d'individus par morpho-espèce est entré dans la base de données. Les syrphes, les coccinelles, les araignées, les chrysopes (et hémérobes) et les carabidés sont extraits de l'échantillon pour une identification à l'espèce. Seuls les carabidés sont traités ici, à l'aide de clefs dichotomiques d'identification :

- ROGER J.-L., JAMBON O., BOUGER G., 2011. Clé de détermination des Carabidés, paysage agricoles du Nord Ouest de la France. 256 p.

-JEANNEL R., 1941. Faune de France, vol 39 et 40

-COULON, 2011. Faune de France, vol 94 et 95 (complément et actualisation de la Faune de Jeannel)

Les personnes impliquées dans l'identification des carabes sont les suivantes, dans l'ordre d'importance dans le nombre d'insectes identifiés :

-Bernard Lemesle (ETL, identification à domicile et dans les locaux d'Innophyt)

-Patrice Machard (ETL, identification à domicile)

-Claire Bardou (SEPANT-Innophyt, identification à Innophyt)

-Marion Lecardonnel (SEPANT, identification à Innophyt)

Matériel utilisé

Les carabidés sont disposés dans une boîte de Pétri et observés grâce à une loupe binoculaire grossissant jusqu'à 50 fois. Ils sont manipulés à l'aide de pinces entomologiques et préalablement séchés avec du papier absorbant afin de mieux observer les détails permettant l'identification (Figure 14).

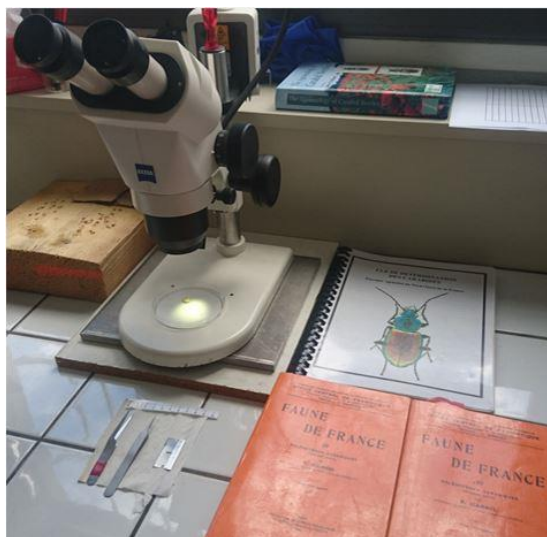


Figure 14: matériel utilisé dans l'identification des carabidés (crédit photo : Marion Moulin)

Traitement des données manquantes

Les pots type Barber sur la ferme B ont été retirés pour deux relevés consécutifs le 24 mai 2017 et le 7 juin 2017. Afin de pouvoir comparer cette ferme avec les autres en n'induisant qu'un minimum d'erreur, il a été décidé de remplacer les données manquantes par la moyenne des deux relevés adjacents (soit le 10 mai 2017 et le 21 juin 2017). En effet ne pas compléter ces données fausserait la comparaison avec les autres fermes en termes de biodiversité et de nombre d'individus. Seuls ces deux relevés sont choisis pour compétrer les données afin de correspondre au mieux à la saisonnalité des espèces.

Stockage des données et analyses statistiques

Les données sont stockées dans une base de données Access puis analysées statistiquement à l'aide du logiciel R (version 3.3.0). Des indices de biodiversité sont calculés grâce au logiciel Past (version 3.0).

Plusieurs méthodes statistiques sont utilisées selon la structure des données et les comparaisons voulues. Des ACP sont réalisées grâce au package FactoMineR. Pour analyser la significativité des différences au sein d'une variable en fonction d'un facteur, une analyse de la variance (ANOVA : ANalysis Of VAriances), suivie d'un test de Tukey sont réalisés lorsque les postulats d'homoscédasticité des résidus et de normalité de l'échantillon

sont vérifiés. Lorsque les postulats ne sont pas vérifiés, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis est fait.

Les indices de la biodiversité

La différence de la biodiversité entre les fermes sera mise en lumière par le biais de calculs de trois indices de la biodiversité, détaillés ci-après [Hammer, 2017]. Dans les formules suivantes n_i est le nombre d'individus du taxon i et n le nombre d'individus total de la communauté.

- L'indice de Dominance : $D = \sum_i \left(\frac{n_i}{n}\right)^2$. Compris entre 0 et 1 il mesure la dominance (0 : égalité parfaite du nombre d'individus dans les taxons et 1 : un taxon domine totalement les autres)
- L'indice de Shannon : $S = -\sum_i \frac{\left(\frac{n_i}{n}\right)}{\ln\left(\frac{n_i}{n}\right)}$. Il prend en compte la diversité en espèces et l'abondance des individus. Il varie de 0 lorsqu'un seul taxon compose la communauté à l'infini (en théorie car en pratique il ne dépasse que rarement 5 lorsque la communauté contient beaucoup de taxons comprenant chacun peu d'individus).
- L'indice d'équité : $E = \frac{S}{\ln(i)}$ où S est l'indice de Shannon et i le nombre de taxons. E représente l'uniformité de répartition des individus dans les taxons. Il va de 0 lorsqu'une espèce domine largement à 1 lorsque les individus sont répartis équitablement dans les taxons.

Ces indices sont les plus couramment utilisés car ils reflètent de manière fiable la biodiversité d'une communauté. D'autres indices existent, cependant en calculer plus ne serait pas nécessaire, ces trois ci représentant déjà correctement la diversité. La matrice des corrélations avec les coefficients de Pearson indique que les trois indices choisis sont corrélés. Ces corrélations montrent qu'il n'y a pas de contradiction entre ces indices.

Résultats

A partir de cette partie, le nom des fermes sera écrit en couleur selon le code suivant :

- **rouge** pour les fermes appartenant au maraîchage biologique classique
- **noir** pour les fermes de la classe du maraîchage bio-intensif
- **vert** pour la ferme **D** constituant la classe de la micro-agriculture manuelle.

Cette coloration permettra de faciliter l'analyse et la lecture des résultats et de la discussion.

Sur la totalité des 8 relevés, 2238 individus de la famille des carabidés ont été inventoriés. Ils se répartissent sur 94 espèces. Les espèces les plus représentées sont *Poecilus cupreus*, *Pseudoophonus rufipes*, *Phylla obtusa* avec plus de 100 individus par espèces. Suivent les espèces *Amara aenea* et *Harpalus affinis*. Avec respectivement 75 et 71 individus (Figure 15).

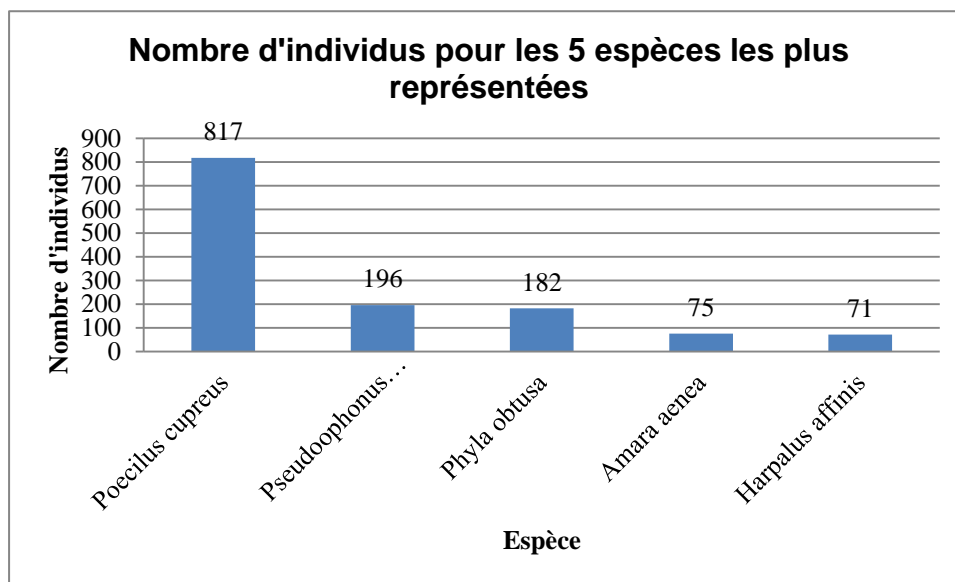


Figure 15 : Nombre d'individus observés pour les espèces les plus représentées

Certaines espèces remarquables ont été trouvées (Figure 16) :

- Brachinus crepitans*
- Chlaenius olivieri*
- Drypta dentata*
- Dixus clypeatus*
- Harpalus pumilus*
- Ophonus xaxarsi*



Figure 16 : espèces remarquables observées lors de l'étude

Sources : https://c5.staticflickr.com/9/8243/8566770508_86e2e0dc36.jpg ;

https://c2.staticflickr.com/4/3380/3479619300_80a6e9e4b1_z.jpg ;

<http://www.insects.lt/category/penktadienio-vabzdys/> ;

En annexe V se trouve la liste des espèces trouvées sur chaque ferme ainsi que le nombre d'individus piégés par espèce. L'annexe V établit la liste totale des espèces rencontrées sur la présente étude.

Comparaison visuelle selon les pratiques et les indices de biodiversité

Une Analyse en Composante Principale a été réalisée afin de visualiser le positionnement des fermes les unes par rapport aux autres en fonction de leurs pratiques, du nombre d'individus piégés et du nombre d'espèces de carabiques recensées sur toute la saison (Figure 17, 18 et 19). Les variables sont expliquées en figure 20.

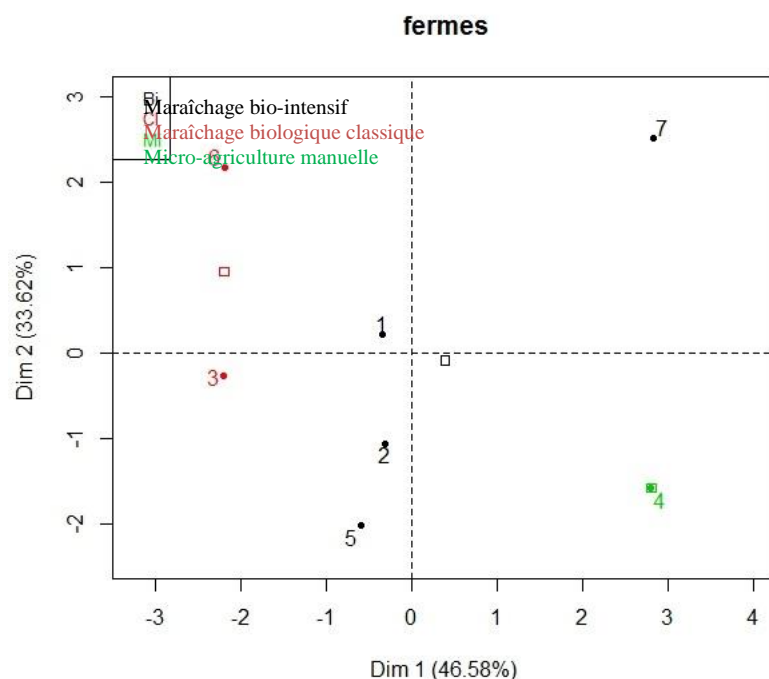
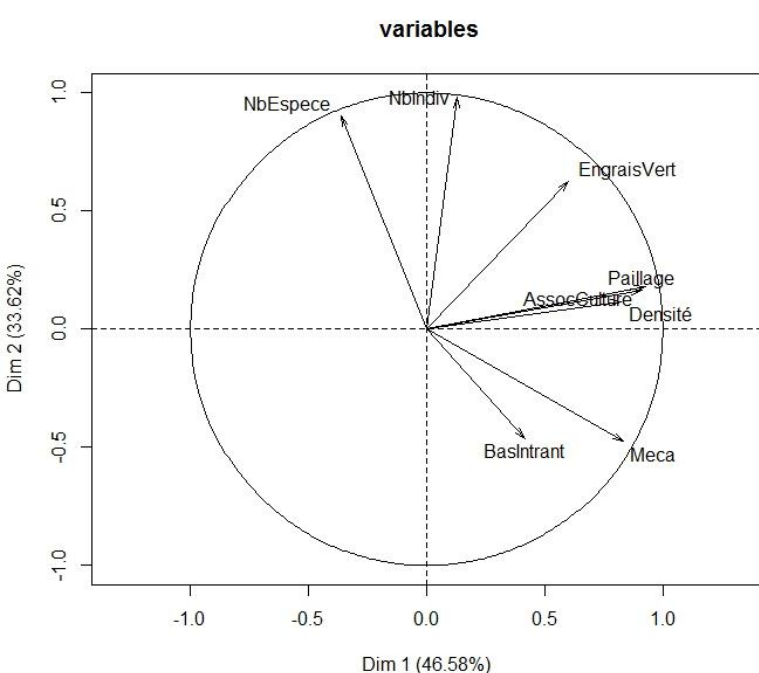


Figure 17 : Graphe des variables de l'ACP prenant les fermes comme individus

Figure 18 : cartographie des fermes en fonction des dimensions 1 et 2 de l'ACP

Scor	Dim.1	Dim.2
Meca	0.8325917	-0.4754177
Paillage	0.9082461	0.1644585
Densité	0.8213633	0.1180583
AssocCulture	0.9239703	0.1808142
BasIntrant	0.4137706	-0.4621192
EngraisVert	0.5995448	0.6255936
NbEspece	-0.3639752	0.9041018
NbIndiv	0.1297448	0.9837390

Figure 19 : Description des dimensions 1 et 2 de l'ACP

NbEspece : nombre d'espèces identifiées sur chaque ferme

NbIndiv : nombre de carabidés piégés sur chaque ferme

EngraisVert : variable binaire avec 0 : absence d'engrais vert et 1 : présence d'engrais vert

Paillage : type de paillage. 0 : absence de paillage, 1 : paillage plastique, 2 : paillage organique

Densité : densité de plantation. 1 : faible, 2 : moyenne, 3 : forte

AssocCulture : association de culture. 0 : absence d'association, 1 : présence d'association

Meca : mécanisation. 1 : forte, 2 : moyenne, 3 : faible voire nulle

BasIntrant : pratiques bas intrant : 0 : non, 1 : oui

Figure 20 : explication des variables utilisée pour l'ACP

Les différences sont bien explicitées car les axes Dim1 et Dim2 en expliquent 80,2%. L'axe des abscisses, Dim1, représente principalement la présence d'association de culture, de paillage, la mécanisation, la densité d'implantation et la présence d'engrais vert (Figure 19). L'axe des ordonnées, Dim2, représente majoritairement le nombre d'individus, d'espèces et la présence d'engrais vert. Ainsi en figure 18 on peut visualiser les fermes colorées selon leur classe. Le point 1 correspond à la ferme **A**, le 2 à la ferme **B** etc. On remarque que l'axe discriminant les classes est principalement l'axe Dim1. Les critères différenciant les fermes sont donc plutôt la présence d'association de culture, de paillage, la mécanisation, la densité d'implantation et la présence d'engrais vert. Il n'est pas surprenant de voir les trois classes assez bien séparées puisque ces dernières sont réalisés en tenant compte des pratiques, utilisées ici comme variables. En voyant ce graphe, une question peut se poser, le maraîchage biologique « classique » permet-il une meilleure richesse spécifique et une meilleure abondance de carabes que la micro-agriculture manuelle ? Sur ce graphe, la ferme **G** (point 7) est éloignée du reste de sa classe, cela peut être le signe d'une richesse spécifique ou d'un nombre d'espèces (voire les deux) particulièrement différent des autres fermes en maraîchage bio-intensif.

Un changement de perspective en prenant comme individus les relevés et non les fermes permet une approche basée sur la biodiversité et non sur les pratiques. Ces dernières étant utilisées dans la construction des classes, il est peu pertinent de baser l'ACP dessus. Ceci permet de comparer les différentes catégories à l'aide de variables indépendantes de la construction des classes. On remarque en figure 21 que les classes se différencient très peu. Les individus de Mi semblent plus regroupés, et donc la classe paraît plus uniforme mais il faut prendre en compte qu'une seule ferme en fait partie contrairement aux autres classes. On peut discerner une fluctuation selon l'axe Dim 1. Cet axe représente principalement l'indice de Shannon, le nombre d'espèces et la dominance (Figure 22).

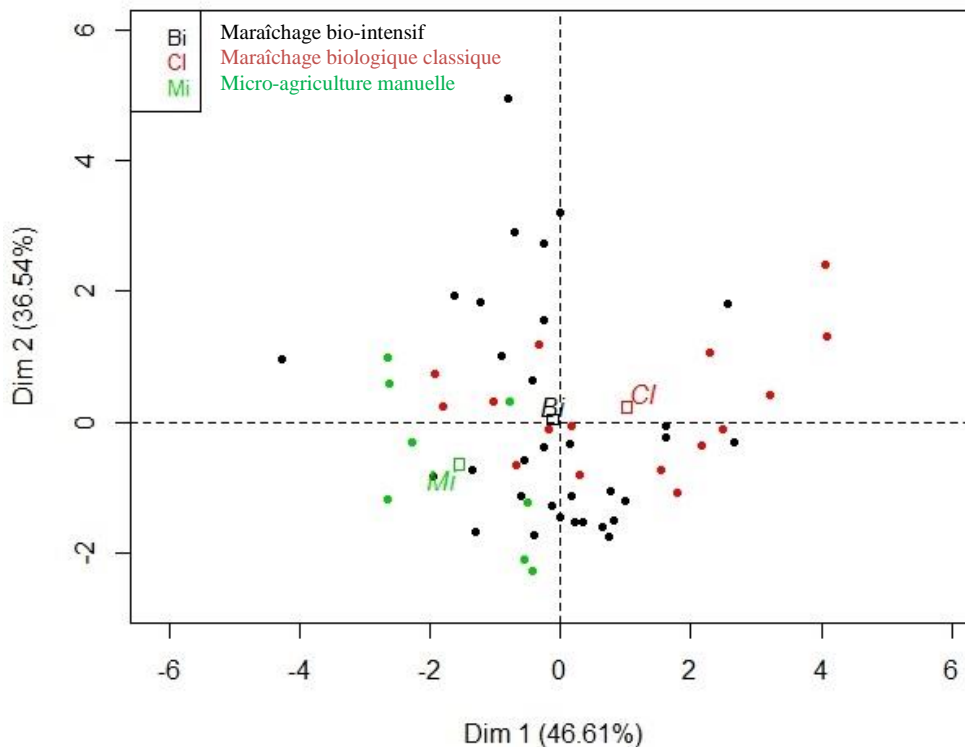


Figure 21 : Graphe des relevés en fonction des indices de biodiversité et des habitats EUNIS

Scor	Dim. 1	Dim. 2
Eunis	-0.3248585	-0.5382196
NbEspèces	<u>0.8867356</u>	0.3768751
NbIndiv	0.4701385	<u>0.8260917</u>
Dom	<u>-0.8292147</u>	0.5105933
Shannon	<u>0.9577894</u>	-0.2389252
Equitability	0.2811396	<u>-0.8720928</u>

Figure 22 : composition des axes Dim1 et Dim2

La micro-agriculture manuelle semble donc être moins propice à la biodiversité que le maraîchage bio-intensif ou le maraîchage biologique « classique ». Il ne faut cependant pas négliger le fait que la classe Mi n'est composée que d'une seule ferme.

L'ACP permet une étude visuelle de la différence entre les fermes, on ne peut rien conclure sans réaliser des tests statistiques de types analyses de variances.

Analyse du nombre d'espèces et d'individus

Grâce au test de Kruskal-Wallis, les fermes ont été comparées deux à deux. Il en ressort que la ferme **G** a significativement plus d'espèces (12,5 espèces de carabidés en moyenne par relevé) que dans la ferme **E** (4,75 espèces en moyenne). La P-valeur de cette différence est de 0,0059, ce qui est largement en dessous du seuil de 0,05. Il est surprenant de ne voir aucune différence significative entre la ferme **E** et la ferme **F** puisque cette dernière compte plus d'espèces que la ferme **G** (Figure 23). Les statistiques ont été faites en comptant chaque relevé comme une répétition et non en tenant compte de la globalité. Cela afin de pouvoir obtenir des résultats plus fiables car prendre en compte uniquement le total de l'exploitation excluerait les répétitions et empêcherait donc de pratiquer les tests.

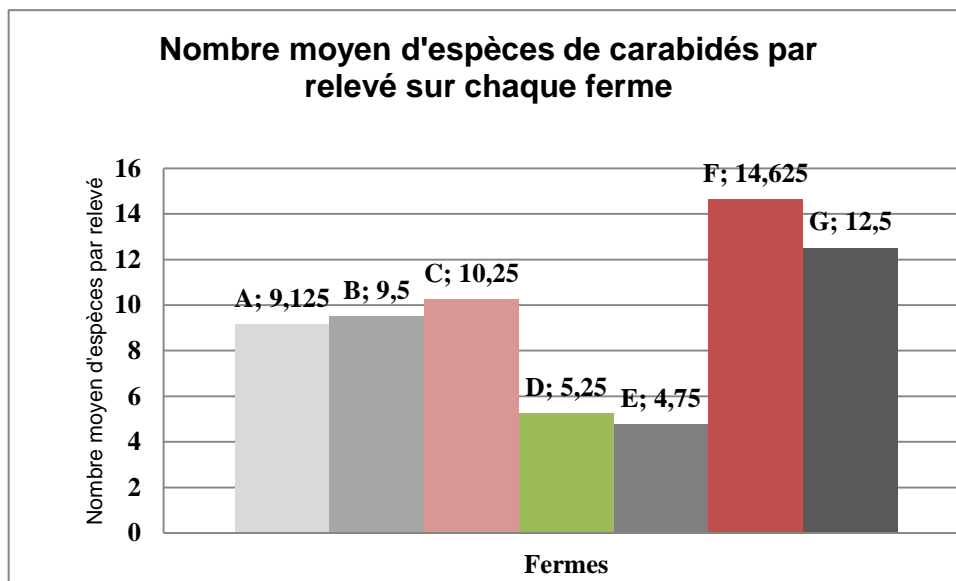


Figure 18 : nombre moyen d'espèces de carabidés par relevé sur chaque ferme coloration par classe (gris : Bi, rouge : Ci, vert : Mi)

Il est cependant intéressant de regarder le nombre total d'espèces à l'échelle de l'exploitation (Figure 24).

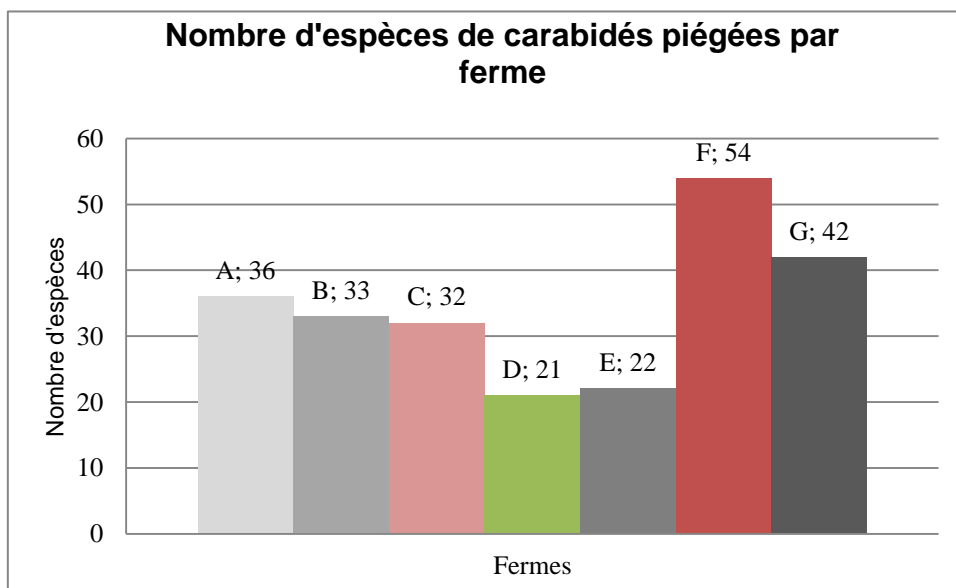


Figure 24 : nombre total d'espèce de carabidés piégées par ferme, coloration par classe (gris : Bi, rouge : Ci, vert : Mi)

L'ordre des fermes **A**, **B** et **C** ainsi que celui des fermes **D** et **E** change entre les deux graphiques mais les différences sont minimales. Ces différences sont dues au fait que certaines espèces se retrouvent sur plusieurs relevés. Plus il y a d'espèces communes entre les relevés d'une même ferme, plus l'écart entre le nombre moyen par relevé (multiplié par 8 pour les 8 relevés) et le nombre d'espèces total réel est grand.

Au niveau du nombre d'individus les fermes **B**, **D** et **E** se démarquent de la ferme **G** par leur faible nombre d'individus (Kruskal-Wallis, P-valeur=3,1.10⁻⁵) (Figure 25).

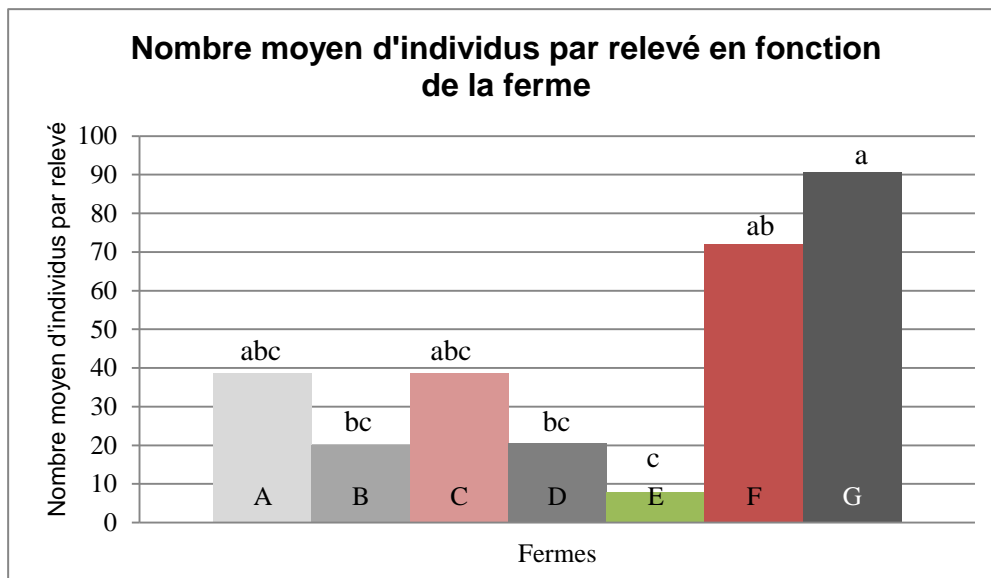


Figure 25 : Nombre moyen d'individus par relevé en fonction de la ferme avec les groupes statistiques

La ferme **G** a donc plus d'individus que les fermes **B**, **D** et **E**. Cette dernière a également significativement moins d'individus que la ferme **F**.

En étudiant la matrice de corrélations des coefficients de Pearson, on trouve que le nombre d'individus est corrélé au nombre d'habitats EUNIS (coefficient de Pearson = -0,47). Ce coefficient peut paraître faible, mais la P-valeur de cette corrélation est de 0,0009. Cette corrélation négative est surprenante car elle indique que plus une exploitation possède d'habitats différents moins le nombre d'individus piégés est grand.

En revanche si l'exploitation possède des haies riches en espèces végétales recouvrant plus de 30% de son périmètre, la richesse spécifique (Kruskal-Wallis, P-valeur 0,046) et le nombre d'individus piégés (Anova, P-valeur=0,011) s'en verront augmentés par rapport aux fermes ne possédant pas de haie (Figure 26).

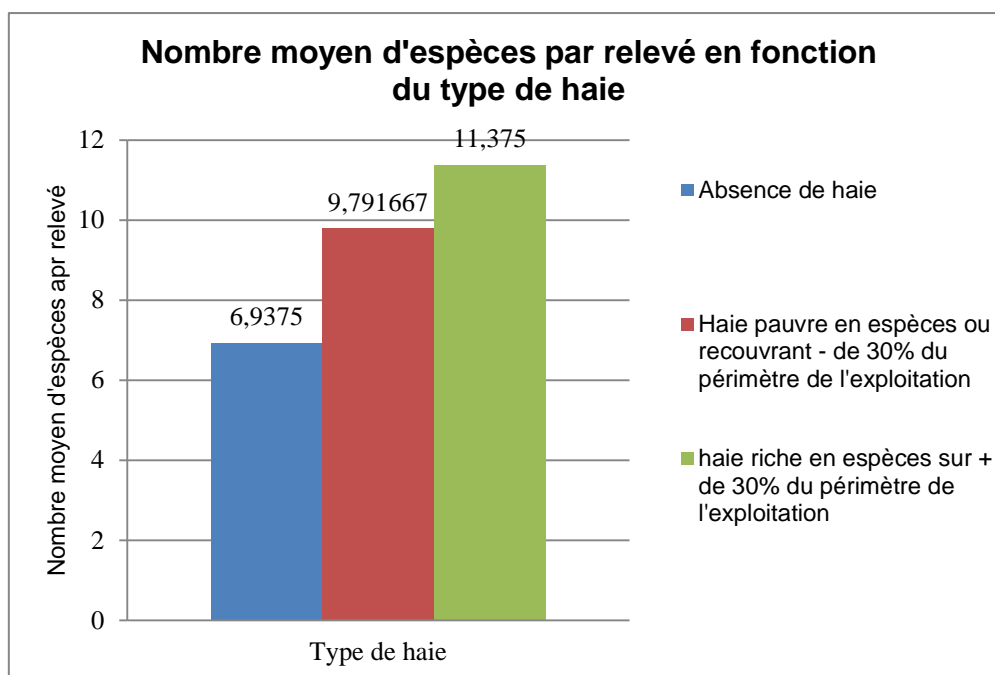


Figure 26 : nombre moyen d'espèces par relevé en fonction du type de haie

Lorsque la ferme possède plusieurs types de prairies (prairies de fauche, humides, mésiques), le nombre d'individus piégés est significativement plus faible qu'au sein des exploitations ne possédant qu'un seul type de prairie se situant à plus de 20m de la parcelle étudiée (Anova Pr=0,034) (Figure 27). La limite de 20m a été retenue puisque selon Hollande (2002), l'effet des éléments du paysage se ressent sur le piégeage des carabes jusqu'à 18m maximum des pots Barber.

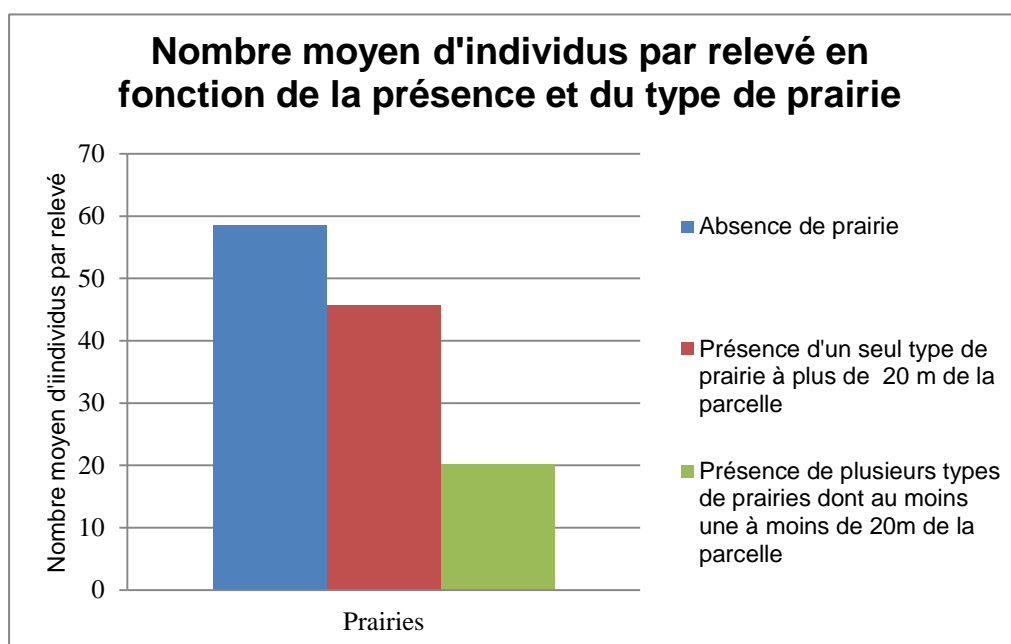


Figure 27 : nombre moyen d'individus par relevés en fonction de la présence et du type de prairie

Analyse des indices de biodiversité

Comparaison des fermes

En étudiant les exploitations deux à deux on note une moindre dominance pour la ferme **B** que pour la ferme **G** (Kruskal-Wallis, P-valeur=0,0086), signe que la ferme **B** possède une population mieux répartie entre les espèces bien qu'elle ait moins d'individus. L'analyse des différences d'équité appuie ce résultat (Kruskal-Wallis, P-valeur=1,8.10⁻⁴).

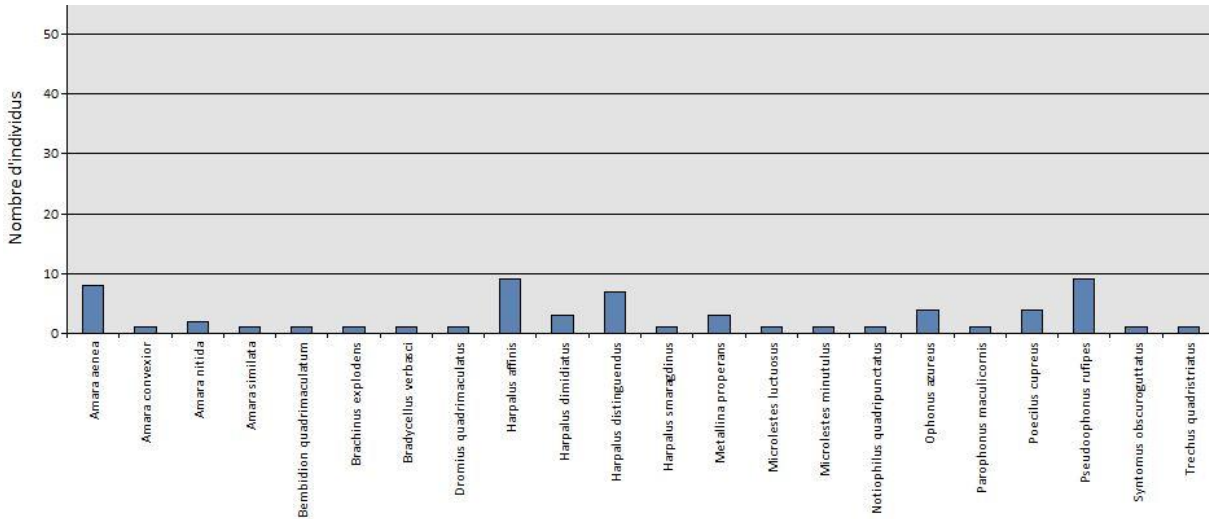


Figure 28 : répartition des individus par espèces sur la ferme E

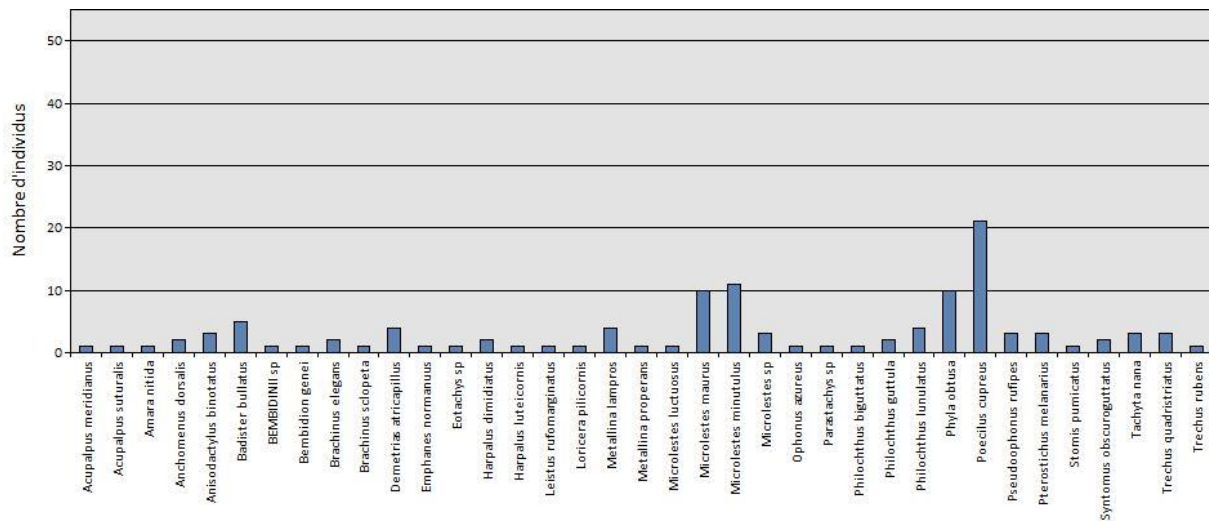


Figure 29 : répartition des individus par espèces sur la ferme B

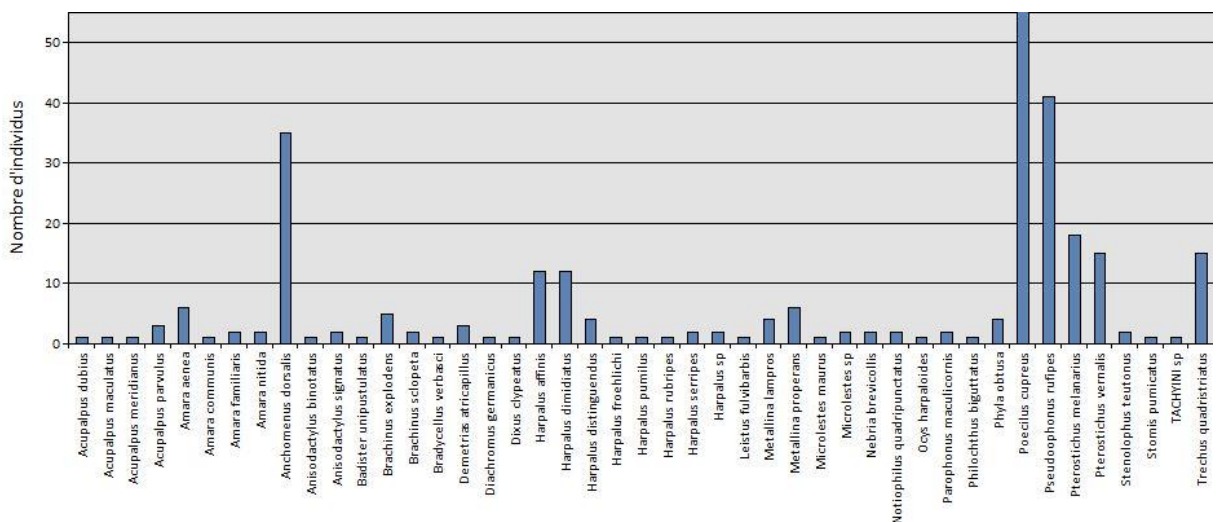


Figure 30 : répartition des individus par espèces sur la ferme G

Elle montre aussi une différence significative entre les fermes **E** et **G**. La ferme **E** étant plus équilibrée que la **G**. On peut facilement visualiser ces différences grâce aux figures 28 à 30. Sur la figure 28, l'histogramme de *Poecilus cupreus* est tronqué car le représenter en entier aurait pour effet d'écraser les autres espèces et nuirait à la lisibilité du graphique. L'annexe VI présente les histogrammes de répartitions des individus pour chaque ferme.

Un résultat surprenant est la quasi absence de grands carabes tels que le carabe doré, *Carabus auratus*. On n'en retrouve qu'une seule sous-espèce, *Carabus violaceus purpurascens*, uniquement sur la ferme **F**.

L'indice d'équité est moindre, et donc les individus mieux répartis entre les espèces, lorsqu'il y a présence de haies riches en espèces végétales sur plus de 30% du périmètre de l'exploitation que lorsque les haies sont pauvres en espèces ou recouvrant moins de 30% du périmètre (Kruskal-Wallis, P-valeur=0,013).

Les indices de Shannon et de dominance ne dépendent pas de la présence de haie, de mare ou de prairie sur l'exploitation.

Comparaison des classes

L'indice de dominance et celui de Shannon indiquent le même résultat : la population est plus équilibrée en maraîchage biologique « classique » qu'en micro-agriculture manuelle (Kruskal-Wallis, P-valeur respectivement 0,028 et 0,020). L'indice d'équité en revanche ne souligne aucune différence significative entre les trois classes.

Comparaison des relevés

Au sujet des relevés, il est intéressant de souligner que le dernier relevé (2 août 2017) est moins riche en espèces que les relevés 1, 3 et 4 (Kruskal-Wallis, P-valeur=0,0048) (Figure 26) alors que le nombre d'individus récoltés n'est pas significativement différent. En tenant compte de l'indice de Shannon, les échantillons relevés à cette date sont aussi moins équilibrés que ceux du premier relevé le 26 avril 2017 (Kruskal-Wallis, P-valeur=0,016).

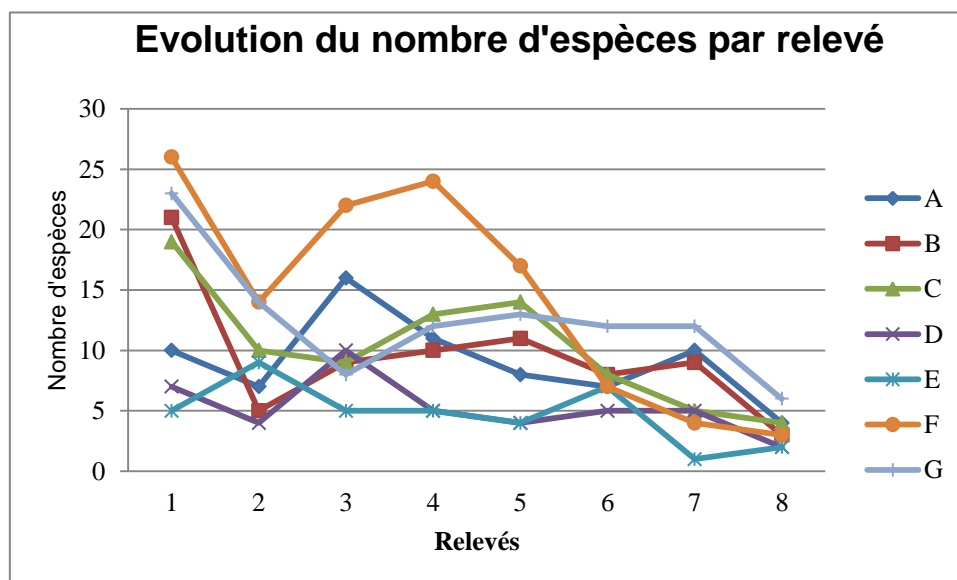


Figure 31 : évolution du nombre d'espèces par relevé

Discussion

Saisonnalité des espèces

Les résultats montrent que le relevé 8, datant du 2 août 2017 est moins riche en espèces que les relevés 1, 3 et 4. La veille de la récolte des pièges du relevé 8, il y a eu de fortes pluies, faisant déborder les pots Barber. D'où une grande différence d'abondance et de diversité avec les autres relevés. Il faut aussi préciser que le relevé 1 a été fait 3 semaines après la mise en place des pièges, au lieu de deux pour les relevés suivants. La fenêtre étant plus grande, cela peut expliquer le nombre supérieur d'espèces. Cependant le nombre d'individus n'est pas significativement différent. Cela s'explique par un changement de composition de la population au cours de la saison [Hance, 2002]. La saisonnalité est l'un des principaux facteurs de différences entre les populations de carabes (avec l'année et le type de culture), d'où l'importance d'un piégeage continu sur toute la saison, permettant d'observer aussi les espèces ayant des fenêtres d'activité réduites [Luff, 2002]. De plus les pièges de type Barber estiment l'activité-densité et non la densité réelle des carabes. C'est-à-dire que la capture des individus augmentent non seulement avec leur nombre mais aussi avec leur activité [Thomas *et al.*, 1998, cité par Saussure, 2010]. Par ailleurs les courges sont implantées dans les parcelles entre le 10 mai et le 7 juin selon les exploitations. Elles sont bien développées sur les parcelles en août, formant un couvert végétal important n'existant pas lors des premiers relevés. Or la densité de végétation peut gêner les déplacements de certains carabes qui auront une plus forte activité-densité si la proportion de sol nu est importante [Honek and Jarosik, 2000 cités par Saussure, 2010 ; Rouabah, 2015].

Richesse spécifique des fermes E et G

La ferme **G** a une richesse spécifique plus grande que la ferme **E**. Ces deux fermes font partie de la classe du maraîchage bio-intensif mais présentent des pratiques différentes. En effet la densité de plantation est plus élevée dans la ferme **G**. Cette dernière pratique l'association de culture et l'engrais vert, ce que ne fait pas l'exploitation **E**. Il n'y a que peu de différences au niveau des habitats EUNIS, avec présence de 4 habitats pour la ferme **G** et 5 pour la ferme **E** (Annexe I). La principale différence se trouvant dans les bâtiments agricoles, plus nombreux pour la ferme **E**. Cette différence en nombre d'espèces peut s'expliquer, entre autre, par l'association de culture qui favorise la présence de carabes [Kromp, 1999]. Le type de sol est aussi un facteur pouvant être déterminant, mais les données concernant le sol de la ferme **E** sont manquantes. Cependant en observant le terrain lors des relevés, il est possible de conclure que le sol de la ferme **E** est à dominante sableuse, avec présence de cailloux. Or d'après Hance (2002), la biodiversité en carabes est plus importante en sol sableux qu'en sol argileux. Cette information est contradictoire avec les résultats obtenus. Il est difficile d'affirmer avec certitude la cause de la différence de la biodiversité entre ces fermes tant les facteurs de variations sont multiples. Il faudrait plus de répétitions avec plus de fermes prises en compte pour pouvoir comparer les pratiques avec plus précisément.

Quasi absence de grands carabes

Les grands carabes comme *Carabus auratus* sont facilement observables en milieu cultivé. C'est une des espèces bénéficiant le plus d'une agriculture biologique [Doring and Kromp, 2003]. Seul *Carabus violaceus purpurascens* a été trouvé lors de cette étude, présent sur la ferme **F**. C'est une espèce plutôt forestière mais à la période où elle a été piégée, le couvert végétal des courges est dense, lui fournissant un milieu plus favorable. Cette espèce a probablement colonisé la culture à partir de bois environnants. Afin d'avoir plus de chances de piéger des gros carabes, Greenslade (1964) a conclu qu'il était intéressant d'utiliser un pot de type Barber entouré de 60cm de rayon de sol nu (Figure 3, cas B). Les grands individus arrivant sur le sol nu, représentant un milieu hostile, se déplacent avec rapidité de manière circulaire et tombent donc plus facilement dans le pot

présent dans cette aire [Greenslade, 1964]. Une autre solution serait de piéger en utilisant un liquide attractif afin d'attirer plus d'individus et donc potentiellement des grands carabes.

Différences d'abondance de carabes

On trouve significativement plus d'individus dans la ferme **G** que dans les fermes **B**, **D** et **E**. On remarque en se référant au Tableau 1 que les fermes **B**, **D** et **E** ont en commun le fait de ne pas utiliser d'engrais vert. La ferme **G** a semé en guise d'engrais vert un mélange d'avoine, de vesce et de seigle. Il est connu que l'abondance des carabes dépend du précédent cultural [Hance, 2002], ainsi par exemple une culture de légume après du trèfle contient moins de carabes qu'une culture de légumes avec comme précédent cultural des pommes de terre [Kirchner, 1960 cité par Kromp, 1999]. Cependant l'effet de l'engrais vert sur l'abondance des carabes n'a pas encore été étudié. On peut émettre l'hypothèse, au vu de nos résultats que la présence d'engrais vert en précédent cultural améliore l'abondance de carabes, à condition qu'il ne s'agisse pas de trèfle. Cependant il est difficile d'estimer réellement l'impact d'une pratique sur le nombre d'individus car le pot Barber n'offre pas la possibilité de compter les larves, pourtant les plus impactées par les pratiques perturbant le sol (la fertilisation et la motorisation principalement) [Hance, 2002]. De plus une pratique augmentant le nombre d'espèces ou d'individus dans une situation peut ne pas fonctionner dans une autre [Hajek, 2004 cité par Saussure, 2010]. Les hypothèses quant aux causes de ces différences sont donc difficiles à formuler.

La ferme **E** présente moins d'individus que la ferme **F**. Dans cette étude, la ferme **F** semble être un cas à part. En effet l'abondance et la richesse spécifique sont particulièrement élevées alors que les pratiques et le paysage ne diffèrent pas fondamentalement d'autres fermes. Il est important de souligner que jusqu'au relevé 4 (7 juin) tous les pots Barber de la ferme **F** se trouvaient en bordure de parcelle, le producteur ne communiquant pas l'emplacement de la parcelle de courge. Il est probable que la différence d'abondance entre les exploitations **E** et **F** provienne plus du caractère hors norme de la ferme **F** que d'une réelle différence de pratiques ou de paysage. La présence de la Loire à 150m de la parcelle étudiée peut expliquer en partie ces résultats. Certaines espèces pouvant migrer jusque dans la parcelle et y trouver un milieu accueillant avec un fort couvert végétal, restant humide grâce à l'irrigation en aspersion et fournissant un milieu sableux, propice à la ponte et au développement des larves [Kromp, 1999]. Cependant une route sépare la parcelle de la Loire. Cela réduit les chances de migration de la Loire vers la parcelle. Les populations de carabes varient fortement d'une année à l'autre [Kromp, 1999]. Il sera intéressant de comparer les résultats de 2017 avec ceux de 2019 afin de confirmer ou infirmer le caractère exceptionnel des relevés de la ferme **F**.

Différence de répartitions des individus dans les taxons

Les fermes **B** et **E** possèdent des populations de carabes réparties de manière plus équitable que la ferme **G**. Il est important de prendre en compte la différence en nombre d'individus. En effet, moins il y a d'individus piégés moins les écarts entre les taxons peuvent être élevés. Les espèces *Poecilus cupreus* et *Pseudophonus rufipes* (Figure 32 et 33) sont les deux espèces largement majoritaires sur la ferme **G** représentant plus de 75% des individus piégés. Un tel score est habituellement indicatif d'un milieu perturbé non équilibré. Les deux espèces les plus représentées des fermes **B** et **E** ne comptent que respectivement pour 30% et 23% du nombre total d'individus. Pourtant la ferme **G** a une mécanisation moyenne, n'a pas de voisins traitant avec des produits phytosanitaires et possède des haies riches en espèces. Tous ces critères devraient améliorer la biodiversité. Cependant ici ces deux espèces présentes en quantité ne limitent pas la biodiversité des autres espèces. En effet même si ces deux espèces n'étaient pas prises en compte sur la figure 30, la ferme **G** a toujours autant voire plus d'espèces de carabes que les fermes **B** et **E**. Elle présente aussi une répartition qui semble similaire à la répartition de la ferme **B**.



Figure 32 : Photo de *Poecilus cupreus*, James Linsey, Belgique, 2004 source : https://en.wikipedia.org/wiki/Poecilus_cupreus#/media/File:Poecilus_cupreus.jpg



Figure 33 : Photo de *Pterostichus melanarius* source : <http://www.uniprot.org/taxonomy/60768>

Les résultats mettent en évidence que la micro-agriculture manuelle possède un nombre d'espèces de carabes moins important que les systèmes bio-intensif et le maraîchage biologique « classique ». Les indices de Shannon et de dominance montrent que la répartition des individus au sein des espèces est moins équilibrée pour la classe Mi que pour la classe Cl. Ces résultats sont à tempérer puisqu'une seule exploitation compose la classe micro-agriculture manuelle. Or une seule ferme ne peut être représentative d'une classe entière. Il serait nécessaire de faire des inventaires sur d'autres fermes correspondant à la micro-agriculture manuelle. L'exploitation **D**, représentant la classe Mi, est bordée par des vignes. Certaines se sont converties vers l'agriculture biologique récemment mais d'autres sont conduites en agriculture conventionnelle. La vigne est une culture exigeante en intrants, la conduite conventionnelle souvent destructrice de la biodiversité. De plus sur cette exploitation, le paillage de foin est utilisé. La densité du foin est comparable à celle de la paille et cette dernière utilisée en paillage réduit le nombre d'individus piégés [Hance, 2002]. Le foin crée un milieu dense peu propice au déplacement des carabes. Il est probable qu'il y ait aussi un effet sur la biodiversité puisque les individus appartenant aux espèces les plus grandes auront plus de mal à se déplacer dans la paille que les petites espèces.

Etude du paysage

Un résultat surprenant est la corrélation négative entre le nombre d'habitats EUNIS et le nombre d'individus piégés. En effet il est démontré dans les résultats qu'avoir plusieurs types de prairies au sein de la ferme réduit significativement le nombre d'individus capturés. Le paysage est important dans l'établissement de la biodiversité. Dans une aire de quelques km², la diversité des espèces et le pourcentage d'éléments non productifs dans le paysage sont liés [Tréfás and Van Lenteren, 2008, cités par Saussure, 2010]. Pourtant ici l'augmentation du nombre d'habitats correspond à une baisse du nombre d'individus piégés, même si seuls les habitats non productifs sont pris en compte. La dispersion des individus est due en grande partie à la recherche de nourriture. Les individus ayant faim se déplacent plus et ont plus de risques de tomber dans un piège qu'un individu rassasié n'ayant pas à chercher sa nourriture [Luff, 2002]. Les habitats non productifs fournissent une source de nourriture pour les carabes. Ces derniers y trouvant les apports nécessaires, ils n'ont pas besoin de quitter leur milieu, et seraient donc moins nombreux dans les parcelles. Pour valider cette hypothèse il faudrait réaliser l'inventaire de tous les éléments non productifs de l'exploitation. Cependant ce n'est pas ce qui est étudié ici, puisqu'on traite de la partie cultivée, les carabes étant des auxiliaires non négligeables. Dans cette étude, la diversification paysagère des fermes ne semble pas avoir de bienfaits sur la biodiversité des carabes.

Posséder des haies riches en espèces végétales sur plus de 30% du périmètre de l'exploitation permet une meilleure équité et un nombre d'individus plus élevé. C'est-à-dire que les individus seront mieux répartis entre les espèces. La diversité d'espèces de carabes diffère selon la nature de la haie [Lovei *et al.*, 2002]. Les haies riches en espèces végétales fournissent des habitats diversifiés, sources de lieux de pontes, de nourriture, de lieux d'hibernation et de cachettes. Ainsi plus il y aura de diversité de niches dans la haie plus le milieu correspondra à une forte diversité d'espèces, empêchant un taxon d'avoir une dominance trop affirmée sur les autres. Il a été vu plus haut que les éléments non productifs peuvent retenir les carabes en fournissant tout ce dont ils ont besoin sans nécessité de migrer vers la parcelle. Cependant l'augmentation du nombre d'individus en présence de haie riche en espèces recouvrant plus de 30% du périmètre de l'exploitation montre que la haie peut aussi servir de réservoir à carabes. Ils peuvent s'y réfugier lors de périodes plus hostiles comme les fortes chaleurs, fortes pluies ou tout simplement en période hivernale. A partir de ces éléments vivaces, ils recolonisent ensuite rapidement le milieu Hance, 2002]. Plusieurs études montrent l'allongement de la période d'activité de certains carabes (*Bembidion lampros*, *Anchomenus dorsalis*, *Platynus assimilis*, *Bembidion tetracolum*, *Carabus cancellatus*, *Agonum mülleri* *Pterostichus melanarius*) lorsqu'une haie se trouve à proximité [Kromp, 1999]. Cet allongement de la période d'activité augmente l'activité-densité des carabes et peut expliquer le nombre supérieur d'individus piégés.

Conclusion

Hypothèses de départ

Les hypothèses de départ mettant en avant le non-travail du sol, l'enherbement et l'association de cultures des systèmes de culture inspirés de la permaculture n'ont pas pu être vérifiées. Dans cette étude une seule ferme correspond à la micro-agriculture manuelle. Cette ferme présente un nombre d'individus et d'espèces particulièrement faible malgré toutes les pratiques que la recherche bibliographique indique comme propices aux populations de carabes. A l'inverse il n'est pas possible de conclure que les systèmes inspirés de la permaculture sont moins avantageux pour la biodiversité pour plusieurs raisons :

- une seule année d'étude n'est pas suffisante, les variations interannuelles étant importantes dans les populations de carabes.
- l'échantillon de fermes choisi ne présente qu'un exemple de micro-agriculture manuelle, ce qui ne permet pas de construire une bonne représentation de la classe.
- des fermes qui ne sont pas classées dans la micro-agriculture manuelle mais dans le maraîchage bio-intensif s'inspirent aussi de la permaculture (fermes **B** et **E** notamment).
- l'étude se concentre sur les carabes qui ne représentent qu'une famille d'auxiliaires. Il sera intéressant d'analyser les résultats de l'identification à la morphe-espèce pour mieux appréhender l'impact des systèmes permacoles.

Des points d'amélioration

Le piégeage à l'aide de pots type Barber est parfois controversé dans la littérature en ce qu'il ne permet pas de dénombrer les populations [Greenslade, 1964]. Ce type de piège est à utiliser avec prudence lorsqu'il s'agit d'abondance d'individus, il convient cependant pour la comparaison d'habitats similaires ou la comparaison interannuelle [Spence and Niemelä, 1994]. D'autres types de pièges existent comme les pièges à émergence, consistant en l'amélioration du pot de type Barber par la mise en place d'une barrière semi-

enterrée et d'un toit imperméable à tout animal. Il permet de ne piéger que les individus présents durablement dans ce périmètre et exclut de la collecte les individus de passage. Cependant une telle installation n'est pas envisageable au sein de système de production et demande des moyens matériels non disponibles dans le cadre de ce projet.

Le piégeage est réalisé à l'aide d'un simple gobelet en plastique, il est arrivé plusieurs fois qu'un animal de type mulot, musaraigne, grenouille ou lézard tombe dans le pot. Cela peut fausser les échantillons en rendant le piège plus attractif pour certaines espèces nécrophages. Il serait intéressant de réaliser un système empêchant ces animaux de mourir inutilement en compromettant l'étude. Ces animaux étant plus gros que les insectes capturés, une grille à maille large pourrait être mise en place à l'ouverture du pot afin de préserver les mammifères, reptiles et amphibiens du milieu.

Le manque de temps a été un frein à cette étude. L'identification de la morpho-espèce puis des carabes à l'espèce demande beaucoup de temps. Une seule personne à plein temps ne suffit pas. L'aide apportée par l'ETL a été indispensable mais il serait nécessaire d'être au moins deux à plein temps afin de pouvoir finir l'identification d'un relevé avant la collecte du suivant.

Le regroupement des deux pots de bordure et des deux pots de parcelle est contestable car cela supprime une répétition qui peut s'avérer intéressante lors de l'analyse statistique. Cependant c'est principalement le manque de flacons qui en est la conséquence.

Un projet sur trois ans

Monter un projet sur trois ans est signe d'une étude approfondie, preuve de la volonté de mieux connaître les effets des pratiques permacoles. L'inventaire des carabes ne représente qu'une partie du projet au même titre que les relevés de biodiversité floristique, les observations de lépidoptères, odonates, orthoptères, amphibiens, oiseaux...

Bibliographie

BEDOUET L., Permaculture et Agroécologie Créer sa micro-ferme. Rustica éditions, février 2017. 319p.

DORING T. F. and KROMP B., 2003. Which carabid species benefit from organic agriculture? A review of comparative studies in winter cereals from Germany and Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* n°98 p153-161

GREENSLADE P.J.M., 1964. Pitfall Trapping as a Method for Studying Populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, Vol. 33, No. 2 (Jun., 1964), pp. 301-310

HAMMER Ø., 2017, PAST PAleontological STatistics Version 3.16 Reference manual, Natural History Museum University of Oslo, 256 p.

HOLLAND J. M., 2002, *The Agroecology of Carabid Beetles*. 356p Ed Intercept limited
LUFF M., 2002. Carabid Assemblage Organization and Species Composition, p. 41.
HANCE T., 2002. Impact of Cultivation and Crop Husbandry Practices, p. 231.
TOOLEY J. and BRUST G. E., 2002. Weed Seed Predation by Carabid Beetles, p. 215.
LEE Jana C. and LANDIS Douglas A., 2002. Non-Crop Habitat Management for Carabid Beetles p. 279

KROMP B., 1999, Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment* n°74 p187-228 doi : 10.1016/S0167-8809(99)00037-7

LABRUYERE S., Déterminants multi-échelles de la dynamique spatio-temporelle des coléoptères carabiques prédateurs de graines d'adventices. Thèse de doctorat en science de la Vie (spécialité Biologie des populations et Ecologie) : Université de Bourgogne. 2016. 233 p.

LEWIS M.T., FLEISCHER S. J., and ROBERT D. C., 2016, Horticultural Production Systems Influence Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Distribution and Diversity in Cucurbits. *Environmental Entomology*, 2016, 1-11. doi: 10.1093/ee/nvw013

LOVEI G.L., MAGURA T., SIGSGARD L., RAVN H.P., 2002. Patterns in grounds beetle (Coleoptera : Carabidae) assemblages in single-row hedgerows in a Danish agricultural landscape. J. Szyszko *et al.* (Eds) . 2002 How to protect or what we know about Carabid Beetles p201-212.

ROUABAH A., Effets de la gestion des bandes enherbées sur le contrôle biologique des ravageurs de cultures. Thèse de doctorat en sciences agronomiques : Université de Lorraine. 2015. 142 p.

SAUSSURE S., Dynamique saisonnière d'une population de carabes auxiliaire de cultures (*Pterostichus melanarius*) et régulation biologique dans une mosaïque de cultures et d'éléments non cultivés. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome : Montpellier SupAgro. 2010. 76 p.

SPENCE J. R. and NIEMELA J. K., 1994. Sampling carabid assemblages with pitfall traps : the madness and the method. The Canadian Entomologist n°126, p. 881-894

WALIGORA C., 2005, Explosion des populations en non-labour et couvert permanent, Techniques Culturelles Simplifiées n°34, p7-9

Sitographie :

Assemblée nationale, 2016, LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (1)[En ligne]. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/2016/8/8/2016-1087/jo/texte> (consultée le 21/07/2017)

Autorités de la Confédération suisse, 2015, OFEV Accords internationaux [En ligne]. Disponible sur : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/info-specialistes/biodiversite--affaires-internationales/accords-internationaux.html> (consulté le 06/07/2017)

Les Cahiers du Développement Durable, 2017, Les services rendus par la biodiversités [En ligne]. Disponible sur : <http://les.cahiers-developpement-durable.be/outils/les-services-rendus-par-la-biodiversite/> (consulté le 21/07/2017)

LISEA, 2015, Une application du code de l'environnement [En ligne]. Disponible sur : <http://www.lisea.fr/partenaire-des-territoires/mesures-compensation-environnementale/> (consulté le 11/08/2017)

Millenium Ecosystem Assessment, 2005, Messages essentiels du rapport de synthèse sur la diversité biologique [En ligne]. Disponible sur : <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.461.aspx.pdf> (consulté le 21/07/2017)

SEPANT, 2015, Historique de l'association [En ligne]. Disponible sur : <http://www.sepant.fr/index.php/vie-de-l-association/historique> (consulté le 06/07/2017)

Université François Rabelais, 2011, Innophyt [En ligne]. Disponible sur : <http://innophyt.univ-tours.fr/> (consulté le 10/08/2017)

Université Populaire de Permaculture, 2017, La Permaculture ? [En ligne]. Disponible sur : <http://permaculturefrance.org/index.php/upp/la-permaculture> (consulté le 11/08/2017)

Virginie Christnacht, 2015, Spécial COP 20 – 30 ans de négociations climat [En ligne]. Disponible sur : <http://www.gouvernement.fr/special-cop-21-30-ans-de-negociations-climat-3225> (consulté le 06/07/2017)

Annexe I : cartographie des habitats EUNIS des fermes

Les zones laissées blanches correspondent aux espaces n'appartenant pas à la ferme

Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme A

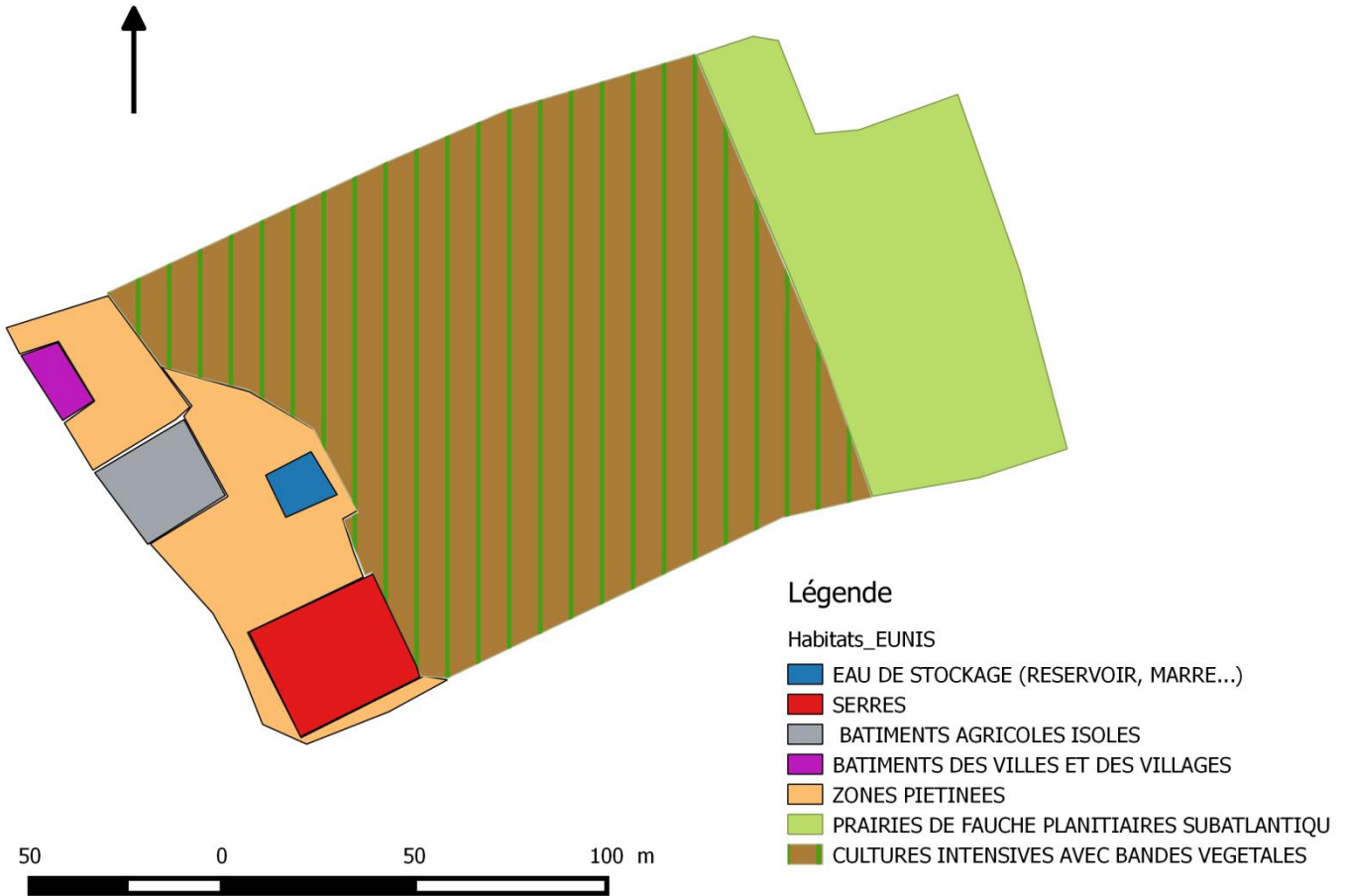


Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme B

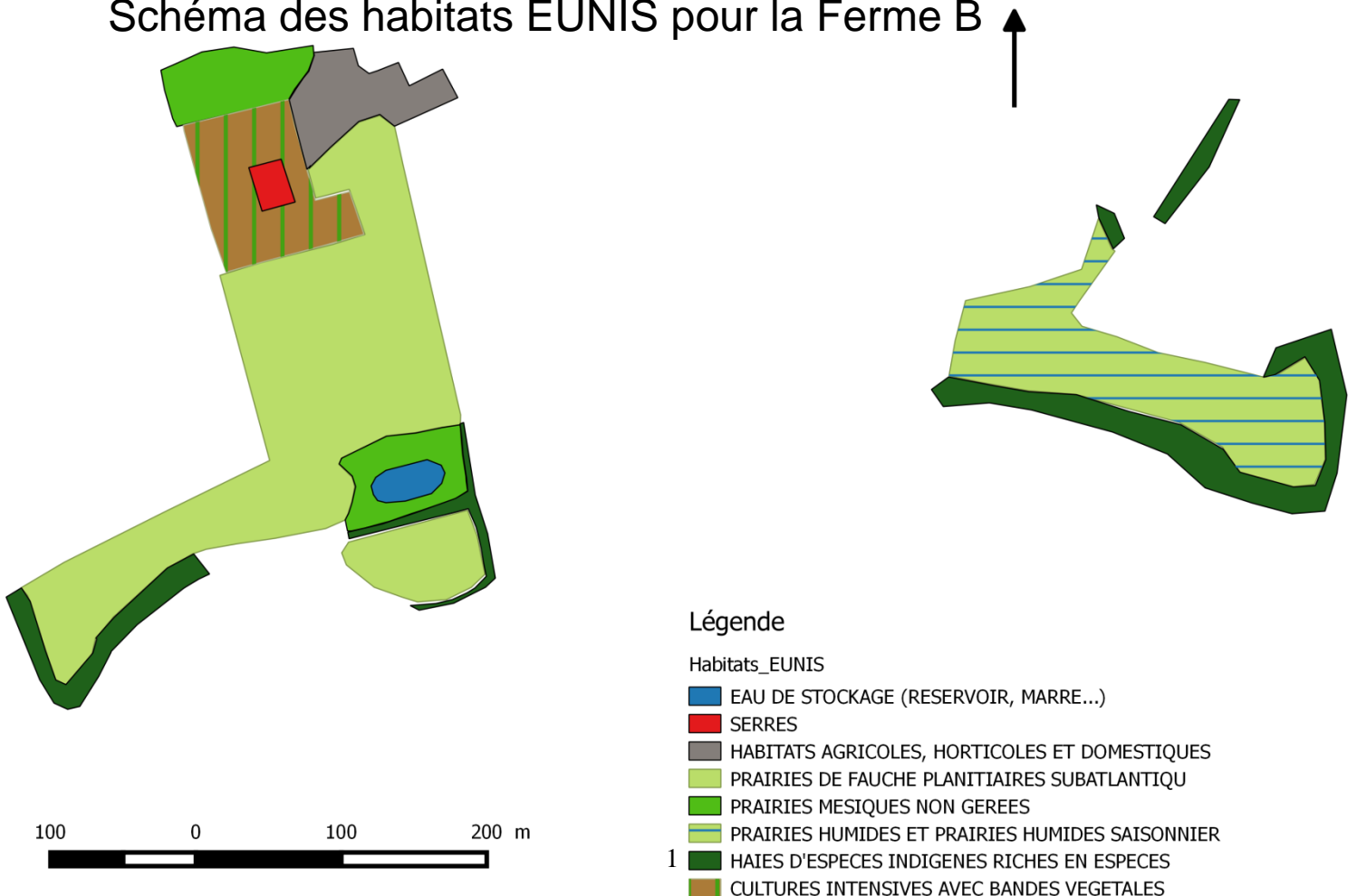


Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme C

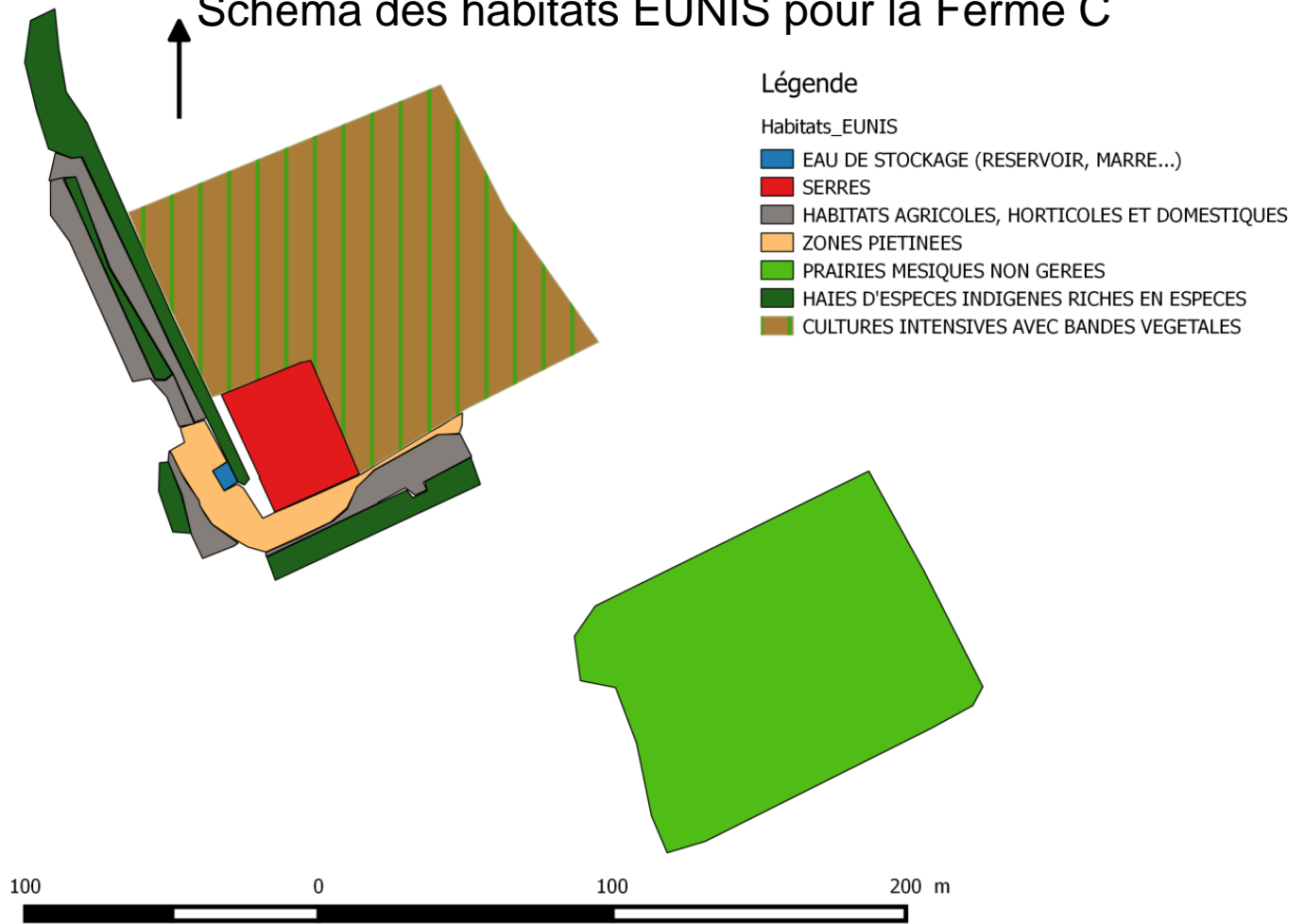


Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme D

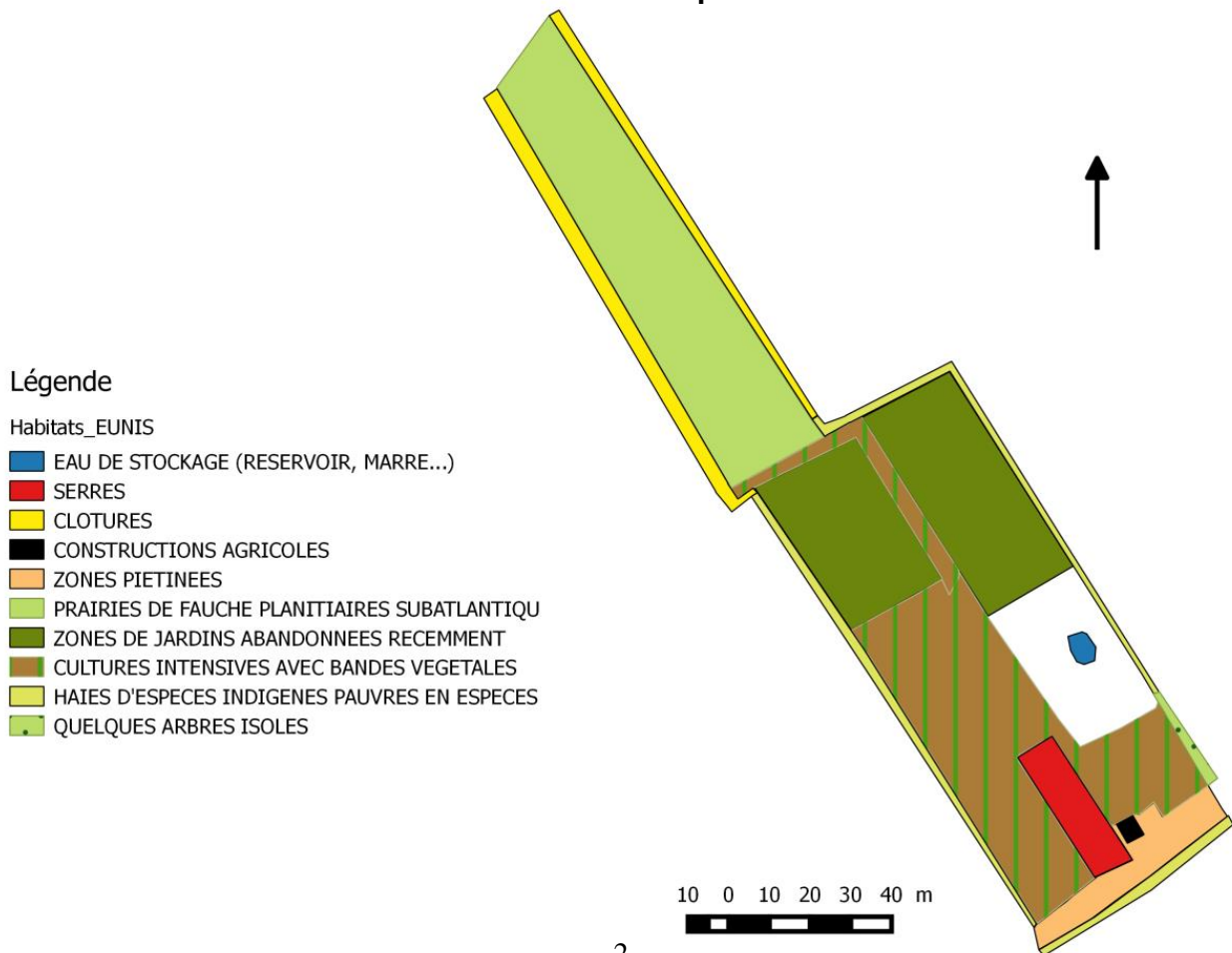


Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme E

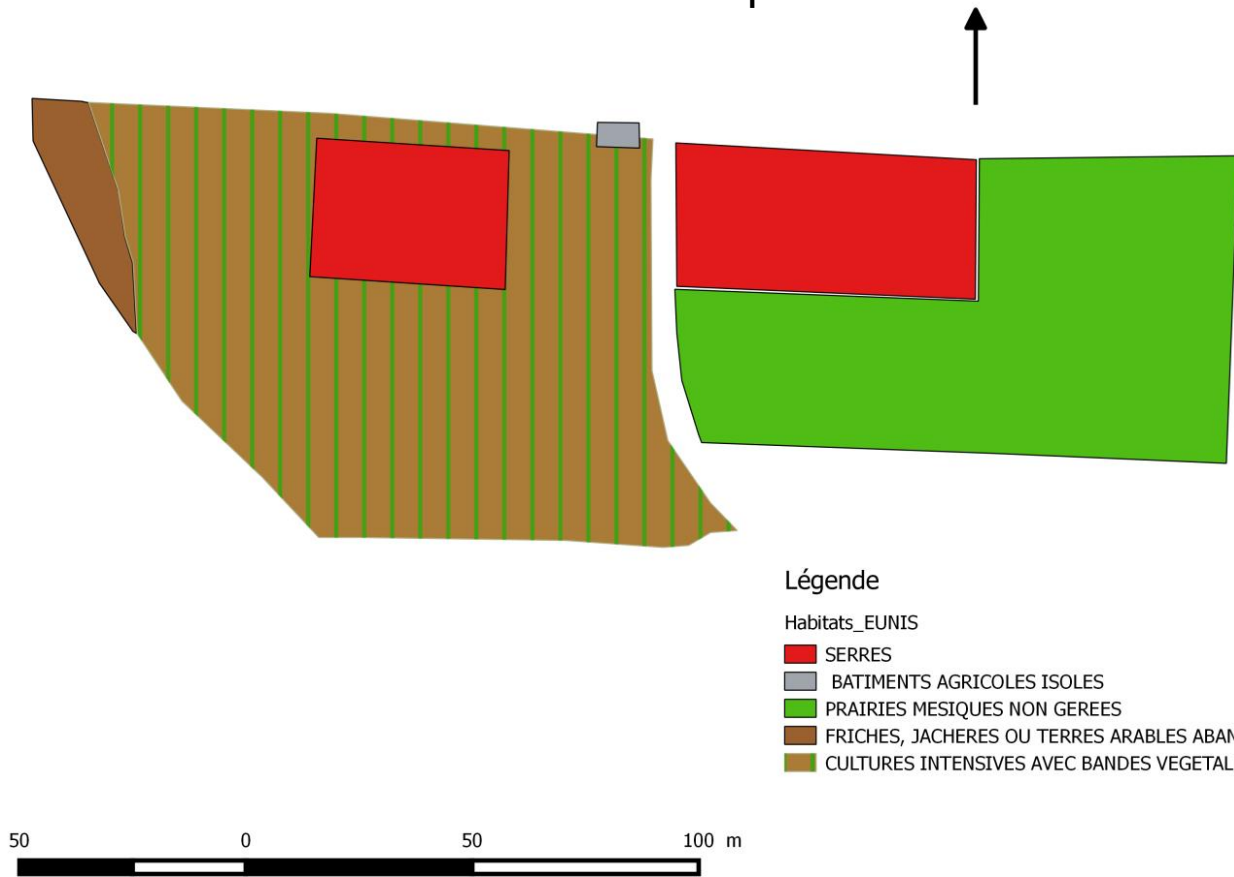


Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme F

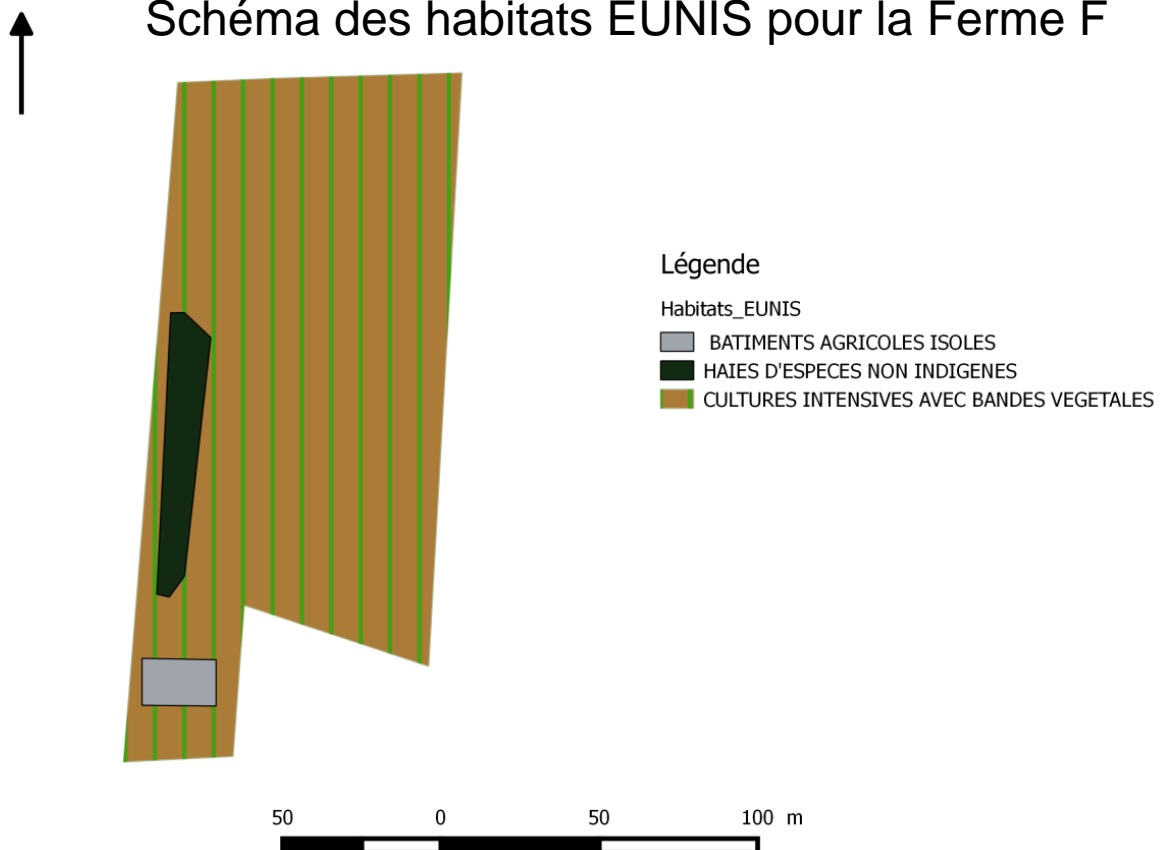




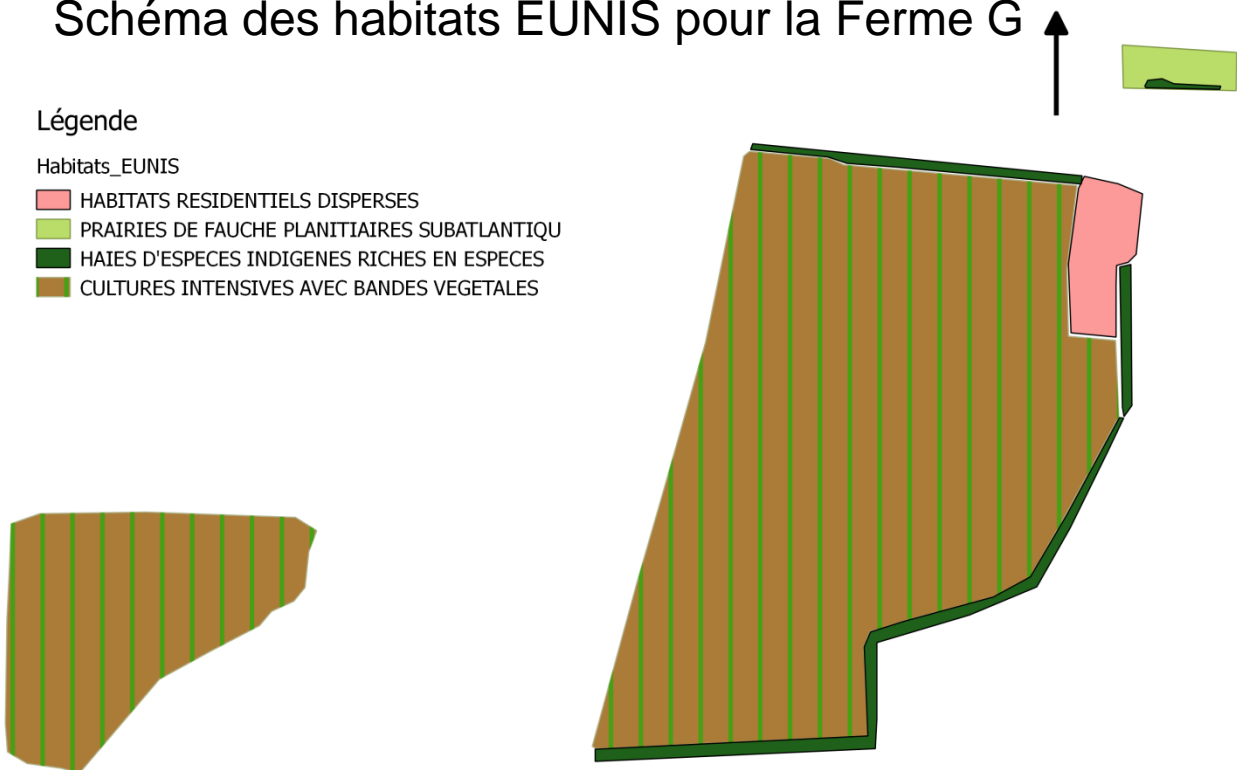


Schéma des habitats EUNIS pour la Ferme G

Légende

Habitats_EUNIS

-  HABITATS RESIDENTIELS DISPERSES
-  PRAIRIES DE FAUCHE PLANITIAIRES SUBATLANTIQU
-  HAIES D'ESPECES INDIGENES RICHES EN ESPECES
-  CULTURES INTENSIVES AVEC BANDES VEGETALES



100 0 100 200 m

Annexe II : tableau d'informations complémentaires sur les fermes

	A	B	C	D	F	G
Taille (ha)	2,6	9,5	4,5	1	2	19
Surface cultivée (ha)	0,7	0,52	1,5	0,69	~0,5	2
Type de sol	Sableux	Argilo-calcaire	Argilo-mimoneux avec cailloux	Sablo (50%)-limono (30%)-argileux (20%)	Sablo-limoneux	Argilo-limoneux
Gestion hivernale des parcelles	couvert végétal	20% sol nu 40% sous bâche	15% sol nu couvert végétal	couvert végétal paillage au foin	sol nu	couvert végétal
Commercialisation	AMAP vente directe restaurants	AMAP	Marchés	AMAP vente directe	marchés paniers bio magasins bio collègues	AMAP

Les données de la ferme E sont manquantes.

Annexe III : itinéraires techniques et précisions sur les parcelles de courges

Fermes	A	B	C	D	E	F	G
historique parcelle	prairie depuis octobre 2015 (mélange fabacées graminées)	prairie	arboriculture bio, vide puis maraîchage	Friche depuis 30 ans	prairie	NA	prairie bio depuis 25 ans, maraîchage bio depuis 3 ans
Précédent n-1	prairie	poireaux	racines (carottes, radis, navets, panais...)	enherbement spontané	aucune culture	betteraves ou poireaux	50% poireau, 50% céleri rave
Détail culture n-1	prairie fauchée 3 fois avec faible montée à graine de quelques adventices	enherbement mal maîtrisé	pas de paillage + binage difficile -> enherbement plus important	enherbement spontané coupé ras fin d'été	N.A.	sol nu, biné désherbé	implantation d'engrais vert (vesce/avoine/seigle)
Gestion hivernale de la parcelle	destruction de la prairie par hersage et occultation durant le printemps	culture d'hiver pois, puis bâche d'occultation (2 mois)	semé (avoine fêverole) mais aucun dvpt	paillage de foin et enherbement spontané coupé	sol nu	sol nu	couvert végétal ou paillage de foin resté en place
Travail du sol avant plantation	préparation planches permanentes : herse rotative pour motoculteur (15cm et 75cm de large)	Motoculteur (2 passages)	cover crop (1 passage), vibro (1 ou 2 passages)	aucun	Sous-solage au besoin	sous-solage, fraise, cultivateur, plastiqueuse	cultibutte (2 passages) covercrop (2 passages)
Fertilisation mise en œuvre	compost de déchets verts (30t/ha) Patenkali (500kg/ha) (6t/ha) de mélange	BocheVo (Huon)	aucune	aucune	aucune	compost, engrais organique enfoui sur 20cm	aucune
Semis direct	non	non	non	non	non	non	non
Date plantation prévisionnelle	semaine 21	20-mai	1ère quinzaine de mai	15-mai	mi mai	fin mai	30-mai
Voile P17 prévu à plantation	non	non	non	non sauf s'il fait encore frais	non	non	non
Paillage du sol	une partie bâche tissée le reste à nu	oui bâche ensillage 150µm	non	Oui (foin)	bâche tissée	paillage plastique	paillage foin et herbe fraîche, 10-20cm
Protection anti-limace prévue	oui	non	non	non	Dépend de la pression, a priori 1 passage (Ferramol)	non	non
Densité	90cm x1m	90cm x 1,2m	90cm x 1,5m	1m x 1,2m (2 plants accolés transplantés)	2m x 1,5m	1m x 1,5m	0,7 x 1m
Gestion de l'enherbement	désherbage manuel	négligeable	bineuse attelé au début puis désherbage manuel	aucune	manuel + débrousailluse entre les rangs	désherbage manuel	aucune
pas-pieds ou paillage intégral	présence des deux	paillage intégral	ni l'un ni l'autre	pas-pieds enherbés	pas-pied	pas-pied	paillage intégral
Gestion des pas-pieds	passage roue sarcleuse (outil manuel)	RAS	RAS	aucune, paillage foin suffit	débrousailluse ficelle	1 à 2 binages	RAS
Irrigation	goutte-à-goutte	goutte-à-goutte	aspersion	6 aucun (manuel à la plantation)	aspersion	aspersion	goutte-à-goutte

Annexe IV : listes des espèces de carabiques observées par ferme ainsi que le nombre d'individus piégés correspondant

Ferme A

<i>Amara aenea</i>	4
<i>Amara kulti</i>	1
<i>Amara nitida</i>	1
<i>Anchomenus dorsalis</i>	10
<i>Bembidion bipunctatum</i>	2
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1
<i>Brachinus explodens</i>	1
<i>Brachinus sclopeta</i>	1
<i>Bradycellus verbasci</i>	19
<i>Calathus fuscipes</i>	1
<i>Clivinia fossor</i>	1
<i>Demetrias atricapillus</i>	2
<i>Drypta dentata</i>	1
<i>Harpalus affinis</i>	3
<i>Metallina lampros</i>	13
<i>Metallina properans</i>	6
<i>Microlestes maurus</i>	2
<i>Microlestes minutulus</i>	1
<i>Nebria brevicollis</i>	5
<i>Nebria salina</i>	7
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	1
<i>Notiophilus substriatus</i>	1
<i>Ocys harpaloides</i>	1
<i>Parophonus maculicornis</i>	3
<i>Philochthus biguttatus</i>	1
<i>Phyla obtusa</i>	70
<i>Platynus assimilis</i>	1
<i>Poecilus cupreus</i>	127
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	7
<i>Pterostichus cursor</i>	3
<i>Pterostichus melanarius</i>	3
<i>Pterostichus vernalis</i>	1
<i>Stenolophus teutonus</i>	1
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	1
<i>Tachyta nana</i>	4
<i>Trechus quadristriatus</i>	3

Ferme B

<i>Acupalpus meridianus</i>	1
<i>Acupalpus suturalis</i>	1
<i>Amara nitida</i>	1
<i>Anchomenus dorsalis</i>	2
<i>Anisodactylus binotatus</i>	3
<i>Badister bullatus</i>	5
<i>BEMBIDINII sp</i>	1
<i>Bembidion genei</i>	1
<i>Brachinus elegans</i>	2
<i>Brachinus sclopeta</i>	1
<i>Demetrias atricapillus</i>	4
<i>Emphanes normanuus</i>	1
<i>Eotachys sp</i>	1
<i>Harpalus dimidiatus</i>	2
<i>Harpalus luteicornis</i>	1
<i>Leistus rufomarginatus</i>	1
<i>Loricera pilicornis</i>	1
<i>Metallina lampros</i>	4
<i>Metallina properans</i>	1
<i>Microlestes luctuosus</i>	1
<i>Microlestes maurus</i>	10
<i>Microlestes minutulus</i>	11
<i>Microlestes sp</i>	3
<i>Ophonus azureus</i>	1
<i>Parastachys sp</i>	1
<i>Philochthus biguttatus</i>	1
<i>Philochthus guttula</i>	2
<i>Philochthus lunulatus</i>	4
<i>Phyla obtusa</i>	10
<i>Poecilus cupreus</i>	21
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	3
<i>Pterostichus melanarius</i>	3
<i>Stomis pumicatus</i>	1
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	2
<i>Tachyta nana</i>	3
<i>Trechus quadristriatus</i>	3
<i>Trechus rubens</i>	1

Ferme C

<i>Acupalpus brunnipes</i>	2
<i>Acupalpus meridianus</i>	15
<i>Amara aenea</i>	11
<i>Amara nitida</i>	3
<i>Amblystomus niger</i>	1
<i>Anchomenus dorsalis</i>	7
<i>Anisodactylus binotatus</i>	3
<i>Anisodactylus signatus</i>	9
<i>Badister bullatus</i>	1
<i>Bembidion genei</i>	2
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	24
<i>Bembidion sp</i>	1
<i>Brachinus explodens</i>	2
<i>Bradycellus harpalinus</i>	1
<i>Demetrias atricapillus</i>	7
<i>Harpalus affinis</i>	7
<i>Harpalus dimidiatus</i>	5
<i>Harpalus distinguendus</i>	38
<i>Harpalus froehlichii</i>	2
<i>Harpalus rubripes</i>	1
<i>Harpalus smaragdinus</i>	1
<i>Metallina lampros</i>	9
<i>Metallina properans</i>	21
<i>Microlestes minutulus</i>	10
<i>Nebria brevicollis</i>	1
<i>Nebria salina</i>	5
<i>Ophonus azureus</i>	1
<i>Parophonus maculicornis</i>	2
<i>Phyla obtusa</i>	2
<i>Poecilus cupreus</i>	82
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	23
<i>Tachyta nana</i>	1
<i>Trechus quadristriatus</i>	2

Ferme D

<i>Acupalpus meridianus</i>	3
<i>Acupalpus parvulus</i>	1
<i>Amara kulti</i>	1
<i>Amara nitida</i>	1
<i>Anisodactylus binotatus</i>	2
<i>BEMBIDINII sp</i>	2
<i>Clivina fossor</i>	2
<i>Emphanes normanuus</i>	9
<i>Harpalus affinis</i>	6
<i>Harpalus dimidiatus</i>	4
<i>Metallina properans</i>	13
<i>Microlestes minutulus</i>	5
<i>Nebria brevicollis</i>	1
<i>Ocys harpaloides</i>	1
<i>Paradromius linearis</i>	1
<i>Phyla obtusa</i>	90
<i>Poecilus cupreus</i>	3
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	16
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	1
<i>Trechus quadristriatus</i>	1

Ferme E

<i>Amara aenea</i>	8
<i>Amara convexior</i>	1
<i>Amara nitida</i>	2
<i>Amara similata</i>	1
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	1
<i>Brachinus explodens</i>	1
<i>Bradycellus verbasci</i>	1
<i>Dromius quadrimaculatus</i>	1
<i>Harpalus affinis</i>	9
<i>Harpalus dimidiatus</i>	3
<i>Harpalus distinguendus</i>	7
<i>Harpalus smaragdinus</i>	1
<i>Metallina properans</i>	3
<i>Microlestes luctuosus</i>	1
<i>Microlestes minutulus</i>	1
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	1
<i>Ophonus azureus</i>	4
<i>Parophonus maculicornis</i>	1
<i>Poecilus cupreus</i>	4
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	9
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	1
<i>Trechus quadristriatus</i>	1

Ferme F

<i>Acupalpus brunnipes</i>	1	<i>Parophonus maculicornis</i>	25
<i>Acupalpus dubius</i>	1	<i>Phyla obtusa</i>	6
<i>Acupalpus meridianus</i>	1	<i>Poecilus cupreus</i>	86
<i>Acupalpus parvulus</i>	1	<i>Poecilus kugelanni</i>	1
<i>Agonum mülleri</i>	1	<i>Pseudoophonus rufipes</i>	97
<i>Amara aenea</i>	46	<i>Pterostichus melanarius</i>	9
<i>Amara communis</i>	1	<i>Pterostichus strenuus</i>	1
<i>Amara eurynota</i>	1	STENOLOPHITAE sp	2
<i>Amara familiaris</i>	3	<i>Stenolophus sp</i>	1
<i>Amara montivaga</i>	1	<i>Stenolophus teutonius</i>	5
<i>Amara nitida</i>	12	<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	2
<i>Amara similata</i>	10	<i>Trechus quadristriatus</i>	10
<i>Anchomenus dorsalis</i>	25		
<i>Asaphidion flavipes</i>	1		
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	22		
<i>Bembidion sp</i>	1		
<i>Brachinus crepitans</i>	1		
<i>Brachinus elegans</i>	4		
<i>Brachinus explodens</i>	11		
<i>Brachinus sclopeta</i>	29		
<i>Bradycellus harpalinus</i>	1		
<i>Calathus melanocephalus</i>	2		
<i>Carabus larve</i>	2		
<i>Carabus violaceus pupurascens</i>	4		
<i>Chlaenius olivieri</i>	1		
<i>Demetrias atricapillus</i>	2		
<i>Eotachys sp</i>	1		
<i>Harpalus affinis</i>	34		
<i>Harpalus dimidiatus</i>	4		
<i>Harpalus distinguendus</i>	6		
<i>Harpalus froehlichii</i>	9		
<i>Harpalus picipennis</i>	2		
<i>Harpalus pumilus</i>	9		
<i>Harpalus rufipalpis</i>	1		
<i>Harpalus tardus</i>	32		
<i>Metallina lampros</i>	1		
<i>Metallina properans</i>	1		
<i>Microlestes maurus</i>	8		
<i>Microlestes minutulus</i>	7		
<i>Microlestes sp</i>	2		
<i>Nebria brevicollis</i>	2		
<i>Nebria salina</i>	4		
<i>Notiophilus biguttatus</i>	3		
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	10		
<i>Ophonus azureus</i>	1		
<i>Ophonus subquadratus</i>	1		
<i>Ophonus xaxarsi</i>	1		

Ferme G

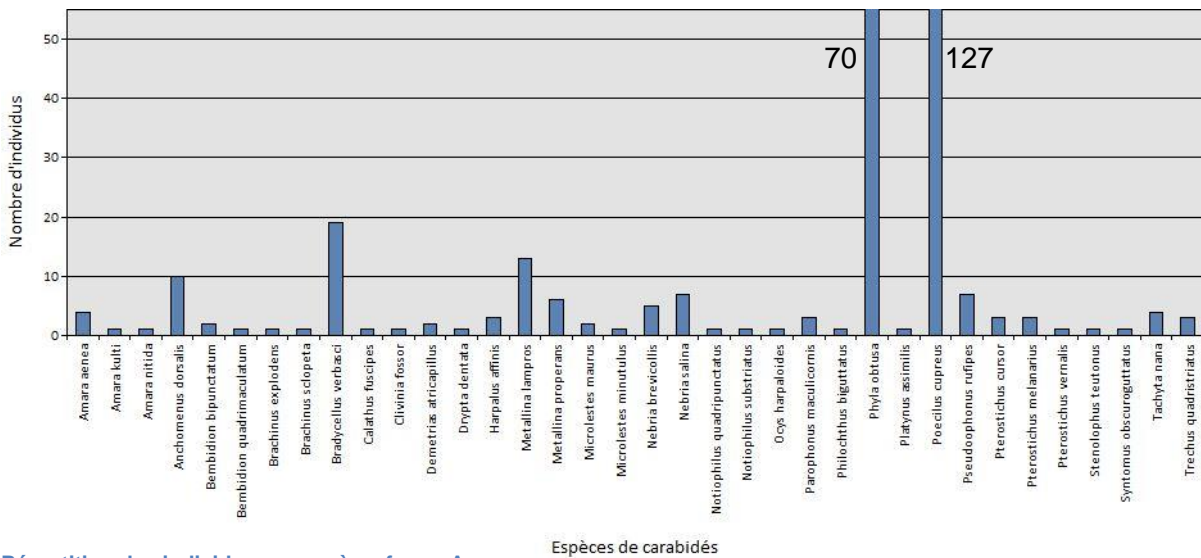
<i>Acupalpus dubius</i>	1	<i>Harpalus pumilus</i>	1
<i>Acupalpus maculatus</i>	1	<i>Harpalus rubripes</i>	1
<i>Acupalpus meridianus</i>	1	<i>Harpalus serripes</i>	2
<i>Acupalpus parvulus</i>	3	<i>Harpalus sp</i>	2
<i>Amara aenea</i>	6	<i>Leistus fulvibarbis</i>	1
<i>Amara communis</i>	1	<i>Metallina lampros</i>	4
<i>Amara familiaris</i>	2	<i>Metallina properans</i>	6
<i>Amara nitida</i>	2	<i>Microlestes maurus</i>	1
<i>Anchomenus dorsalis</i>	35	<i>Microlestes sp</i>	2
<i>Anisodactylus binotatus</i>	1	<i>Nebria brevicollis</i>	2
<i>Anisodactylus signatus</i>	2	<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	2
<i>Badister unipustulatus</i>	1	<i>Ocys harpaloides</i>	1
<i>Brachinus explodens</i>	5	<i>Parophonus maculicornis</i>	2
<i>Brachinus sclopeta</i>	2	<i>Philochthus biguttatus</i>	1
<i>Bradycellus verbasci</i>	1	<i>Phyla obtusa</i>	4
<i>Demetrias atricapillus</i>	3	<i>Poecilus cupreus</i>	494
<i>Diachromus germanicus</i>	1	<i>Pseudoophonus rufipes</i>	41
<i>Dixus clypeatus</i>	1	<i>Pterostichus melanarius</i>	18
<i>Harpalus affinis</i>	12	<i>Pterostichus vernalis</i>	15
<i>Harpalus dimidiatus</i>	12	<i>Stenolophus teutonius</i>	2
<i>Harpalus distinguendus</i>	4	<i>Stomis pumicatus</i>	1
<i>Harpalus froehlichii</i>	1	<i>TACHYINI sp</i>	1
		<i>Trechus quadristriatus</i>	1

Annexe V : liste des espèces rencontrées sur l'ensemble des fermes

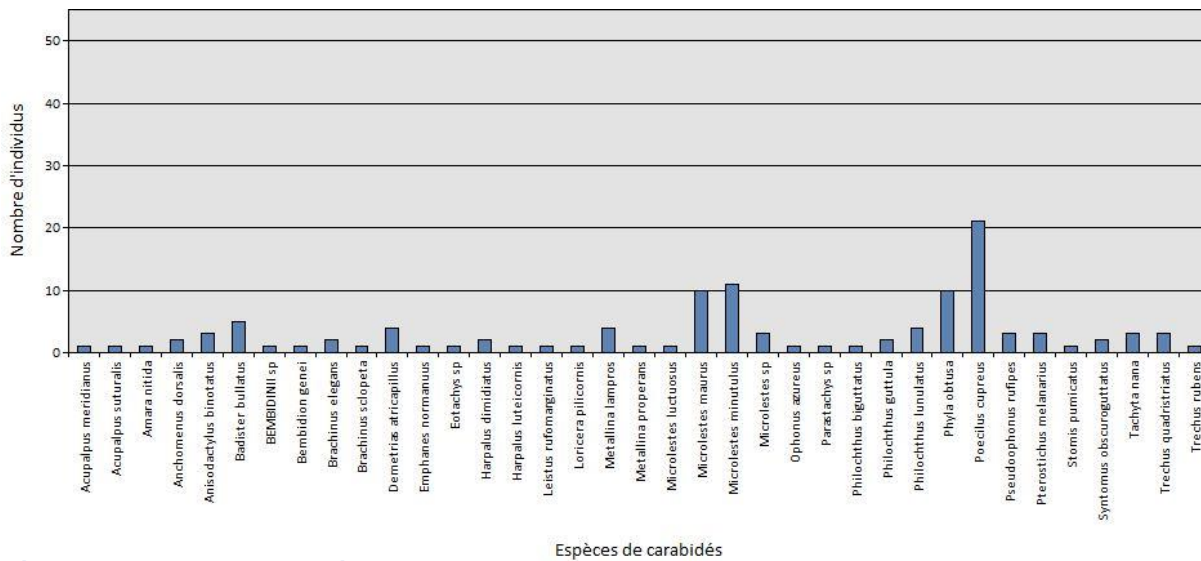
<i>Acupalpus brunnipes</i>	3	<i>Chlaenius olivieri</i>	1
<i>Acupalpus dubius</i>	2	<i>Clivina fossor</i>	3
<i>Acupalpus maculatus</i>	1	<i>Demetrias atricapillus</i>	18
<i>Acupalpus meridianus</i>	21	<i>Diachromus germanicus</i>	1
<i>Acupalpus parvulus</i>	5	<i>Dixus clypeatus</i>	1
<i>Acupalpus suturalis</i>	1	<i>Dromius quadrimaculatus</i>	1
<i>Agonum mülleri</i>	1	<i>Drypta dentata</i>	1
<i>Amara aenea</i>	75	<i>Emphanes normanuus</i>	10
<i>Amara communis</i>	2	<i>Eotachys sp</i>	2
<i>Amara convexior</i>	1	<i>Harpalus affinis</i>	71
<i>Amara eurynota</i>	1	<i>Harpalus dimidiatus</i>	30
<i>Amara familiaris</i>	5	<i>Harpalus distinguendus</i>	55
<i>Amara kulti</i>	2	<i>Harpalus froehlichii</i>	12
<i>Amara montivaga</i>	1	<i>Harpalus luteicornis</i>	1
<i>Amara nitida</i>	22	<i>Harpalus picipennis</i>	2
<i>Amara similata</i>	11	<i>Harpalus pumilus</i>	10
<i>Amblystomus niger</i>	1	<i>Harpalus rubripes</i>	2
<i>Anchomenus dorsalis</i>	79	<i>Harpalus rufipalpis</i>	1
<i>Anisodactylus binotatus</i>	9	<i>Harpalus serripes</i>	2
<i>Anisodactylus signatus</i>	11	<i>Harpalus smaragdinus</i>	2
<i>Asaphidion flavipes</i>	1	<i>Harpalus sp</i>	2
<i>Badister bullatus</i>	6	<i>Harpalus tardus</i>	32
<i>Badister unipustulatus</i>	1	<i>Leistus fulvibarbis</i>	1
<i>BEMBIDINI sp</i>	3	<i>Leistus rufomarginatus</i>	1
<i>Bembidion bipunctatum</i>	2	<i>Loricera pilicornis</i>	1
<i>Bembidion genei</i>	3	<i>Metallina lampros</i>	31
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	48	<i>Metallina properans</i>	51
<i>Bembidion sp</i>	2	<i>Microlestes luctuosus</i>	2
<i>Brachinus crepitans</i>	1	<i>Microlestes maurus</i>	21
<i>Brachinus elegans</i>	6	<i>Microlestes minutulus</i>	35
<i>Brachinus explodens</i>	20	<i>Microlestes sp</i>	7
<i>Brachinus sclopeta</i>	33	<i>Nebria brevicollis</i>	11
<i>Bradycellus harpalinus</i>	2	<i>Nebria salina</i>	16
<i>Bradycellus verbasci</i>	21	<i>Notiophilus biguttatus</i>	3
<i>Calathus fuscipes</i>	1	<i>Notiophilus quadripunctatus</i>	14
<i>Calathus melanocephalus</i>	2	<i>Notiophilus substriatus</i>	1
<i>Carabus larve</i>	2	<i>Ocys harpaloides</i>	3
<i>Carabus violaceus pupurascens</i>	4	<i>Ophonus azureus</i>	7

<i>Ophonus subquadratus</i>	1
<i>Ophonus xaxarsi</i>	1
<i>Paradromius linearis</i>	1
<i>Parastachys</i> sp	1
<i>Parophonus maculicornis</i>	33
<i>Philochthus biguttatus</i>	3
<i>Philochthus guttula</i>	2
<i>Philochthus lunulatus</i>	4
<i>Phyla obtusa</i>	182
<i>Platynus assimilis</i>	1
<i>Poecilus cupreus</i>	817
<i>Poecilus kugelanni</i>	1
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	196
<i>Pterostichus cursor</i>	3
<i>Pterostichus melanarius</i>	33
<i>Pterostichus strenuus</i>	1
<i>Pterostichus vernalis</i>	16
<i>STENOLOPHITAE</i> sp	2
<i>Stenolophus</i> sp	1
<i>Stenolophus teutonus</i>	8
<i>Stomis pumicatus</i>	2
<i>Syntomus obscuroguttatus</i>	7
<i>TACHYINI</i> sp	1
<i>Tachyta nana</i>	8
<i>Trechus quadristriatus</i>	35
<i>Trechus rubens</i>	1

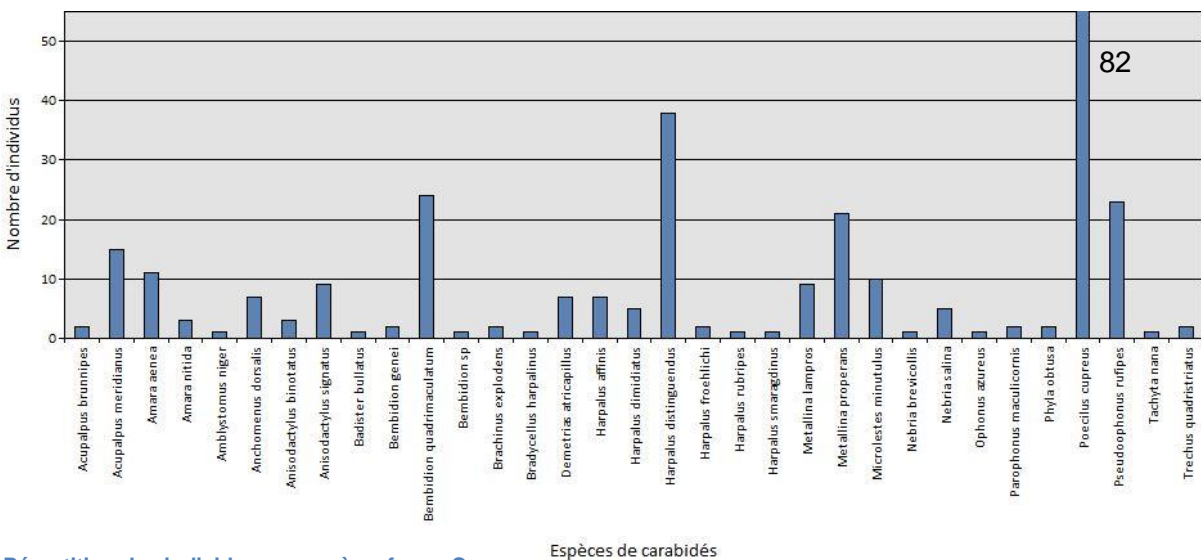
Annexe VI : histogrammes de répartitions des individus par espèces pour les 7 fermes



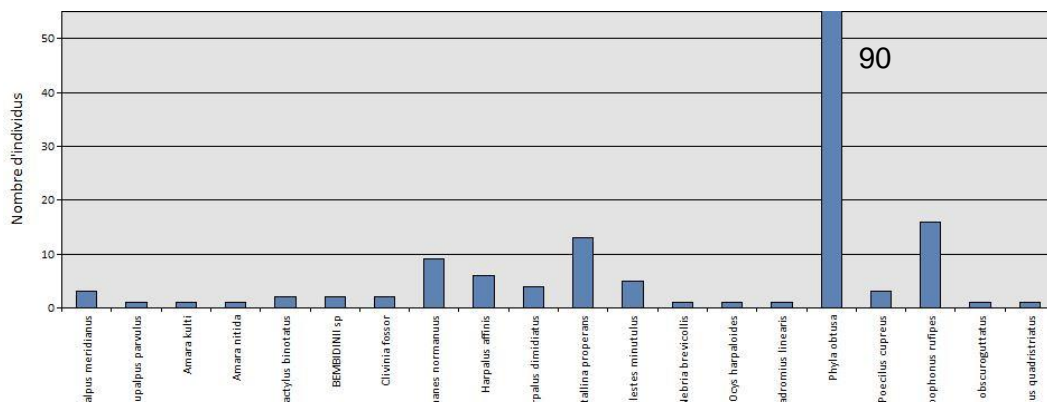
Répartition des individus par espèce, ferme A



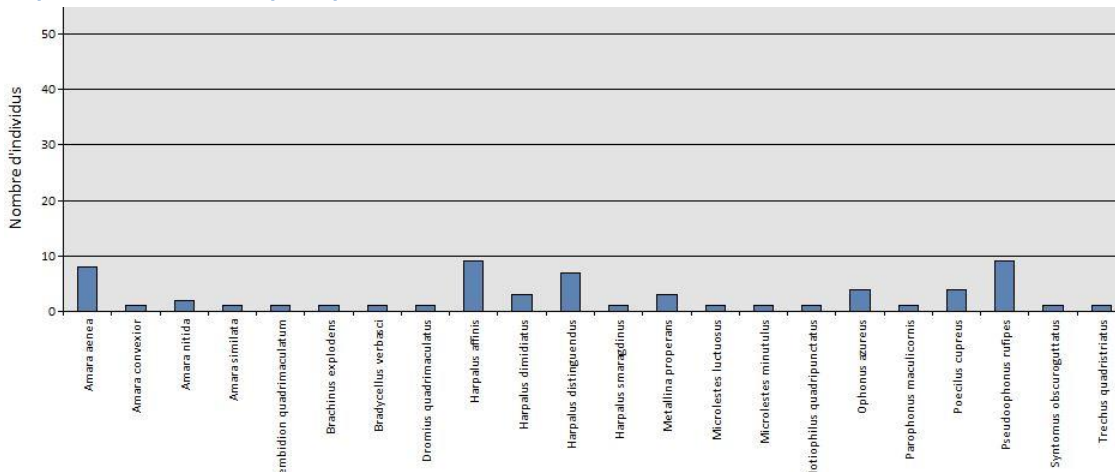
Répartition des individus par espèce, ferme B



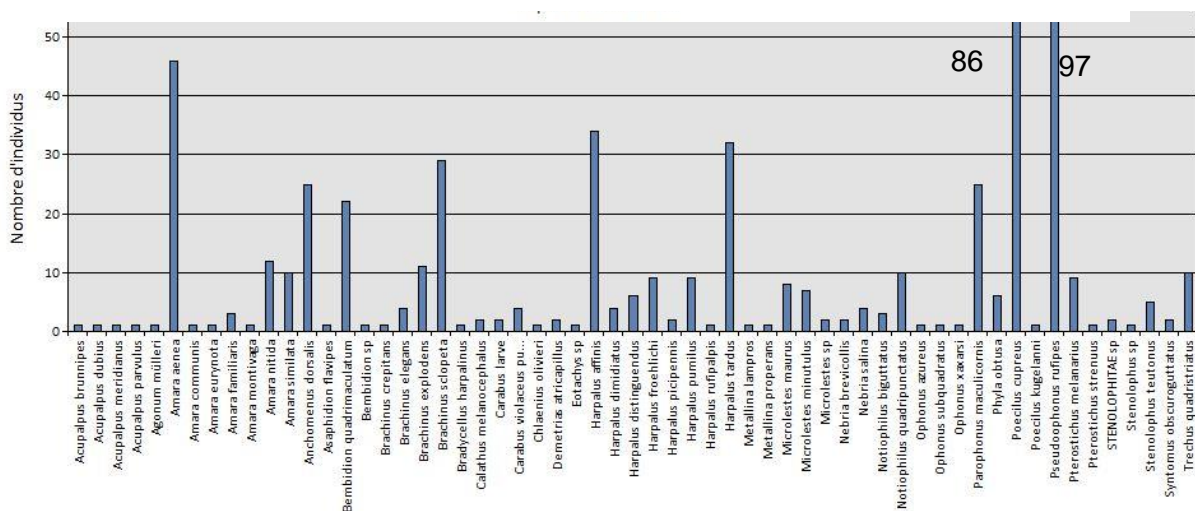
Répartition des individus par espèce, ferme C



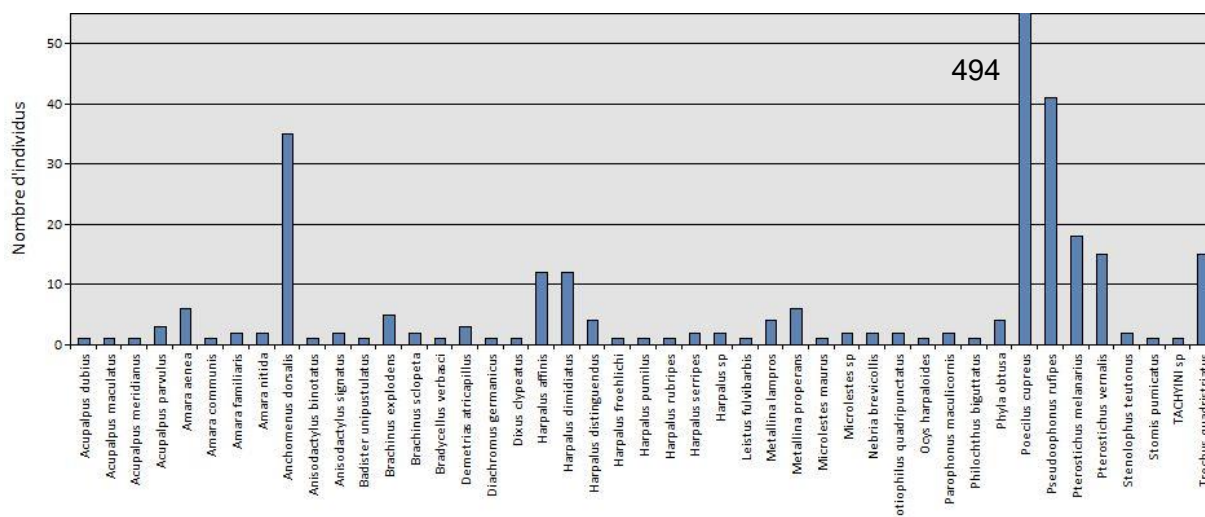
Répartition des individus par espèce, ferme D




Répartition des individus par espèce, ferme E



Répartition des individus par espèce, ferme F



Répartition des individus par espèce, ferme G

	Diplôme : Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaire, horticoles et de paysage Spécialité : Horticulture Spécialisation / option : Fruits Légumes Alimentation et Marché Enseignant référent : Yann Tricault
Auteur : Claire Bardou Date de naissance* : 02.01.1994	Organisme d'accueil : Société d'Etude, de Protection et d'Aménagement de la Nature en Touraine Adresse : 8bis allée des rossignols 37170 CHAMBRAY-LES-TOURS
Nb pages : 31 Annexe(s) : 6	
Année de soutenance : 2017	Maître de stage : Maxime Cornillon
Titre français : Etude comparative des populations de carabidés dans les exploitations maraîchères biologiques et inspirées de la permaculture. Titre anglais : Comparative study of Carabid beetles population in organic market gardening and inspired by the permaculture.	
Résumé (1600 caractères maximum) : La biodiversité a un impact important sur la résilience des milieux, notamment des milieux agricoles. Il est possible d'avoir une idée de la diversité interspécifique par le biais d'inventaires de populations. Afin de mieux connaître l'impact sur la biodiversité des pratiques inspirées de la permaculture, des inventaires d'espèces de carabidés sont réalisés sur sept fermes aux pratiques différentes. L'étude porte sur les carabidés car ce sont de bons indicateurs de la biodiversité. Les fermes sont classées selon trois catégories, le maraîchage biologique « classique », le maraîchage bio-intensif et la micro-agriculture manuelle. Il est attendu d'avoir une meilleure biodiversité dans les systèmes permacoles. En effet ces systèmes travaillent moins le sol et associent les cultures ce qui pourrait favoriser la présence des carabidés. Les résultats obtenus ne permettent pas de montrer un effet positif des pratiques permacoles sur la biodiversité dans les cultures. Le fait qu'une seule ferme soit classée dans la micro-agriculture manuelle et que ce soit la première année d'étude ne permet pas de tirer de conclusions définitives.	
Abstract (1600 caractères maximum) : The biodiversity has an important impact on the resilience of habitats, including crop areas. Inventory of populations allow to have an idea of interspecific biodiversity. In order to have a better understanding of the impact on the biodiversity of practices inspired by the permaculture, inventories of carabid beetles has been performed. Carabid beetles are known to be relevant bio-indicators of the biodiversity. Seven farms with different practices are part of this study. Those farms are classified among three categories: "classical" market gardening, bio intensive market gardening and manual micro agriculture. It is likely that systems inspired by permaculture have a better biodiversity. Those systems reduce tillage and cultivate mixed crop, practices that favor carabid beetles. Results don't show any positive effect of the practices inspired by permaculture on the biodiversity of carabid beetles in crop area. The fact that only one farm is classified as manual micro agriculture and that it is the very first year of study prevent from having definitive conclusion.	
Mots-clés : biodiversité, carabes, inventaire, maraîchage biologique, permaculture Key Words: biodiversity, carabid beetle, inventory, market-gardening, permaculture	

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