

# Diversité entomologique des corridors prairiaux

Etude des bandes enherbées au bord des cultures

---

Lestrem Nature – Nord-pas-de-Calais

Par Tiphaine Rochaix et Virginie Artus



2013 - 2014

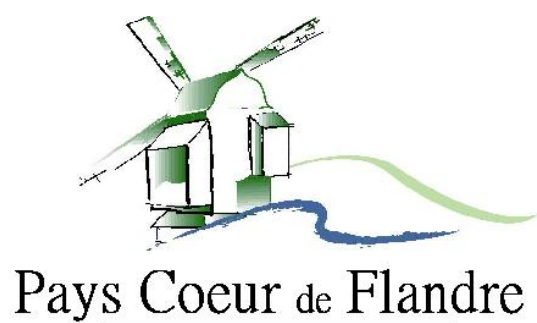


Université Joseph Fourier  
GRENOBLE



## Financeurs de l'étude

---



# Remerciements

---

Merci à l'association Lestrem Nature, Jean-Louis Wattez (Président de l'Association) et Céline Menard pour leur accueil, la mise à disposition de leurs locaux et de leur matériel.

Merci à Stéphanie Rondel (CPIE Chaîne des Terrils) pour son accueil, son accompagnement et son soutien.

Merci à Bruno Desrolez (CPIE Chaîne des Terrils) pour sa disponibilité et ses connaissances.

Merci aux membres de l'association qui nous ont aidés pour la collecte des insectes.

Un merci tout particulier aux bénévoles qui nous ont aidé à creuser pour la pose des pièges : Philippes Macrelle, Didier Sénéchal, Philippes Blondiaux, Daniel Cabée, Joël Parasote, Alain et Annick de Jonckheere et Ziggy Maurice.

Merci à Louis Bariselle président du SIAAAH (Syndicat Intercommunal d'Aménagement d'Assainissement Agricole et Hydraulique) pour ses informations et ses contacts.

Merci aux agriculteurs et propriétaires pour leur accueil, leur coopération et l'intérêt qu'ils ont montré pour notre étude (dans l'ordre alphabétique) : Etienne Barbry, Antoine Bernard, Ghislain Cassez, M et Mme Chavatte, Benoît Chavatte Bruno Dupont, Denis Dufossé, Hubert Sénéchal, M et Mme Wacquez et Michel Walle.

Merci à Cédric Vanappelghem du Conservatoire des Espaces Naturel du Nord-Pas-de-Calais pour le travail de détermination des syrphes.

Merci aux services de mairie des communes de notre zone d'étude pour leur information sur le cadastre : Calonne-sur-la-Lys, Hingues, La Couture, Lestrem, Locon, Mont-Bernanchon, Vieille-Chapelle.

Merci à nos amis et nos familles pour leur soutien durant ce stage.

Et enfin merci à Martine et Pascal Grelin et Marc et Pascal Monvoisin qui nous ont accueilli durant ce séjour dans cette belle région.

# Table des matières

---

<b>Financeurs de l'étude .....</b>	<b>2</b>
<b>Remerciements .....</b>	<b>3</b>
<b>Présentation des structures d'accueil .....</b>	<b>6</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre I : Contexte de l'étude et objectifs de travail .....</b>	<b>8</b>
1. Le contexte .....	8
2. Objectifs et missions.....	8
3. Présentation du secteur d'étude.....	9
<b>Chapitre II : Résultats des tests statistiques .....</b>	<b>11</b>
1. Validation de la robustesse d'échantillonnage .....	11
1.1 Inventaire des pièges Barber .....	11
1.1.1. Effet de la session .....	11
1.1.2. Nombre de transects minimum pour l'inventaire Barber .....	12
1.2. Inventaire au filet fauchoir .....	12
1.2.1. Effet de la session .....	12
1.2.2. Nombre de transects minimum pour l'inventaire au filet fauchoir .....	13
1.3. Inventaire des insectes volants .....	13
1.3.1. Effet de la session .....	13
1.3.2. Nombre de transects minimum pour les inventaires d'insectes volants.....	14
1.4. Conclusion.....	15
2. Diversité entomologique présente sur le territoire .....	15
2.1. Diversité spécifique et abondance, comparaison entre les modalités : bandes enherbées et prairies .....	15
2.2. La diversité des Carabidae... ..	18
2.2.1. ... en lien avec la hauteur et couverture floristique .....	18
2.2.2. ... en lien avec la fauche de la bande enherbée .....	19
2.2.3. ... en lien avec l'occupation du sol .....	19
2.2.4. ... en lien avec le type de site et de pratique agricole .....	20
2.3. La diversité des insectes volants.....	21
2.3.1. ... en lien avec la hauteur et couverture floristique .....	21
2.3.2. ... en lien avec les paramètres météorologiques.....	21
2.3.3. ... en lien avec la fauche de la bande enherbée .....	22
2.3.4. ... en lien avec l'occupation du sol .....	22
2.3.5. ... en lien avec le type de site et de pratique agricole .....	23
2.4. La diversité végétale .....	24

<b>Chapitre 3 : Discussions, limites de la méthode et perspectives .....</b>	<b>27</b>
1. Quelle composition végétale pour quel groupe d'insectes ?.....	27
1.1. Bandes fleuries : pollinisateurs et autres volants .....	28
1.2. Bandes à graminées pour les carabidae .....	31
2. Quel mode de gestion de la bande enherbée pour valoriser la biodiversité entomologique? .....	31
3. Les limites de l'étude.....	32
3.1. Limites du protocole « pièges Barber » .....	32
3.2. Limites du protocole « filet fauchoir ».....	32
3.3. Limites du protocole « chasse à vue » .....	32
3.4. Limites du protocole d'inventaire botanique .....	32
3.5. Détermination des espèces .....	32
<b>Conclusion .....</b>	<b>33</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>35</b>
<b>Webographie .....</b>	<b>41</b>
<b>Glossaire.....</b>	<b>42</b>

# Présentation des structures d'accueil

---

C'est en partenariat avec le CPIE Chaîne des Terrils que l'association de protection de l'environnement Lestrem Nature a décidé de recruter des stagiaires afin de mener une étude sur la diversité des insectes dans les bandes enherbées. Ces deux structures sont souvent associées dans des projets, en mettant leurs compétences en commun.



Lestrem Nature est une association créée en 1977 agréée par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (1901 de protection de l'environnement) et présidée par Jean-Louis Wattez.

Les objectifs de cette association sont les suivants :

- Développer des projets pour le maintien et l'amélioration de la qualité de l'environnement, à travers la préservation ou la restauration des corridors écologiques ;
- Restauration des milieux humides ;
- Objectif de sensibilisation et d'éducation à l'environnement de la population locale, voir intégration des habitants dans les projets de l'association ;
- Prise de contact avec les acteurs du territoire : élus locaux, agriculteurs...

Lestrem Nature assure l'accueil des stagiaires dans ses locaux, la fourniture du matériel ainsi que l'indemnisation et le remboursement des frais de déplacements.



La Chaîne des Terrils est une association de la loi 1901, créée en 1993. Elle reçoit en 2001 le label CPIE (Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement).

Les objectifs principaux rejoignent ceux de Lestrem Nature, c'est-à-dire mener des projets d'ingénierie de l'environnement, d'activités de loisirs et de découverte, d'animations pour les enfants et des actions de formations et de

dialogue territorial...

En plus de ces actions environnementales, le CPIE a pour vocation de revaloriser le patrimoine minier du territoire. Ses locaux sont d'ailleurs localisés sur le site de la base des terrils 11/19 à Loos-en-Gohelle, près de Lens, dans le bassin minier.

Le CPIE mène donc des actions pour la découverte des terrils et du site de la base 11/19 en organisant des activités touristiques et valorise la biodiversité présente sur les terrils.

Pour cette étude, le CPIE assure l'apport de connaissances scientifiques sur les espèces, de documentation ainsi que les formations nécessaires à l'étude (SIG, Gestion des bases de données...). Il fournit également du matériel.



# Introduction

---

La biodiversité constitue un enjeu majeur du XXI<sup>e</sup> siècle. Parmi cette diversité se place les insectes. Ils représentent à eux seuls 70 à 80 % du monde vivant (Martinez et Gauvrit, 1997). Environ 1.8 million d'espèces dans le monde et 35 000 espèces en France sont recensées. Cette entomofaune reste méconnue du grand public et même des experts. Ce manque de connaissance est d'autant plus alarmant que cette « biodiversité ordinaire » est extrêmement importante pour la santé de l'Homme, pour celle de l'environnement ainsi que pour notre économie en particulier dans le **domaine agricole**. En effet, de nombreux insectes jouent le rôle d'**auxiliaires de culture**. Ils sont indispensables aux activités agricoles par les **services écosystémiques** qu'ils rendent, tels que la pollinisation et le contrôle biologique des populations de ravageurs.

Depuis les années 1950-1960, la modernisation et l'intensification de l'agriculture ont entraîné une augmentation des surfaces agricoles (Science & Décision, 2007). Il est important de rappeler que les sols cultivés représentent environ 56% du territoire métropolitain français (chiffres de 2010, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt). La transformation du paysage agricole avec une réorganisation des territoires ainsi qu'une forte croissance de l'industrialisation et de l'urbanisation n'ont pas été sans conséquences pour l'environnement. L'un des impacts majeur est la fragmentation des paysages. Les conséquences de cette fragmentation sont une perte d'habitat et/ou une perte de connectivité, entraînant une érosion de la biodiversité (Burel & Baudry, 1999). La biodiversité « ordinaire » connaît de graves bouleversements (Krebs et al., 1999 ; Tilman et al., 2002).

Le Grenelle de l'environnement est l'expression de cette prise de conscience des impacts négatifs liés à la fragmentation du paysage. Il y a une véritable volonté de les réduire, notamment par la mise en place d'infrastructures agro-écologiques comme les haies, les fossés ou encore les bandes enherbées. Concernant ces dernières, ce sont des couverts végétaux permanents, composée d'espèces adaptées à l'écosystème, d'une largeur d'au moins cinq mètres à partir de la rive, le long de certains cours d'eau (d'après Art. L211-14, Code de l'environnement). Leur mise en place est obligatoire pour les agriculteurs qui touchent les aides de la PAC (Politique Agricole Commune) (Cf Annexe 1). Ces dispositifs agro-paysagers ont pour but de limiter la pollution de l'eau, mais également de protéger la faune et la flore et de reconstituer le maillage écologique.

La plupart de ces bandes sont semés avec du ray-grass anglais (*Lolium perenne*), de la fétuque (*Festuca arundinacea*) et du dactyle aggloméré (*Dactylis glomerata*). Aujourd'hui ces couverts végétaux ne sont pas diversifiés. Beaucoup d'exploitants agricoles les fauchent pour éviter la propagation de plantes indésirables (adventices), entraînant une perturbation régulière de la faune qui occupe ces bandes.

Cette étude porte sur les fonctions de protection de la faune et la flore et de reconstitution du maillage écologique, attribuées aux bandes enherbées. Les diversités entomologiques et floristiques sont étudiées afin de proposer des itinéraires techniques de gestion des bandes enherbées pour préserver et favoriser ces diversités.

# Chapitre I : Contexte de l'étude et objectifs de travail

---

## 1. Le contexte

L'association de protection de l'environnement Lestrem Nature œuvre depuis sa création, en 1977, au maintien et à la restauration de corridors écologiques sur les communes du Bas Pays de Béthune et de la vallée de la Lys. Elle fait en sorte que la biodiversité soit prise en compte dans les projets d'aménagements tels que la mise en place de l'Agenda 21 de la Communauté de Communes Flandre Lys, la restauration écologique de fossés pour le SIAAAH (Syndicat Intercommunal d'Aménagement d'Assainissement Agricole et Hydraulique).

D'autre part, elle assiste les communes du territoire dans la réalisation de projets liés à la mise en place de la Trame Verte et Bleue (boisement à Lestrem, restauration de zone humide à Hinges). Il y a également de nombreux suivis d'espèces menés depuis quelques années : les odonates (4 années d'inventaires et suivis sur les courants du secteur), les amphibiens (inventaires sur les zones humides menés depuis 2009). Ces deux thématiques d'inventaire ont donné lieu à des actions concrètes de gestion des zones humides pour favoriser les connexions entre les cœurs de nature et les corridors. D'autres groupes font également l'objet d'inventaire sur la zone d'étude de Lestrem : les coccinelles, les papillons, *etc.*

Pour l'année 2014, une thématique centrée sur l'entomofaune des bandes enherbées agricoles est développée. Le but étant de mesurer l'attractivité de ces bandes pour les insectes et de la comparer à des zones témoins au sein des cœurs de nature existants sur le secteur, c'est-à-dire les prairies. Pour cela, la diversité végétale et floristique des bandes enherbées est étudiée.

Le but final est de formuler des propositions de semis les plus attractifs possibles pour la biodiversité sur ces bandes enherbées. C'est donc en lien avec le CPIE Chaîne des Terrils, que Lestrem Nature démarre une étude sur la fonctionnalité des corridors prairiaux afin de mesurer l'utilisation des bandes enherbées par les insectes de divers groupes connus (coléoptères, hyménoptères, lépidoptères, diptères) en s'appuyant sur l'analyse de différents paramètres : composition végétale de la bande enherbée, *etc.*

## 2. Objectifs et missions

Pour répondre à cette commande, plusieurs objectifs ont été définis. Dans un premier temps, les diversités entomologiques et floristiques des bandes enherbées et des prairies témoins sélectionnées sur le territoire, doivent être estimées. Ensuite, ces diversités sont comparées entre les bandes enherbées et les prairies témoins.

Pour remplir ces objectifs, de nombreuses missions sont à effectuer :

### ➤ Phase bibliographique et préparation du terrain :

- Détermination des protocoles de collecte de données de l'entomofaune et de la flore (groupes à inventorier, capture des insectes, nombres de passage durant la période, localisation des pièges à insectes...)
- Caractérisation des milieux et définition des paramètres environnementaux



- Contact des agriculteurs qui exploitent les parcelles adjacentes aux bandes enherbées sélectionnées et les exploitants des prairies.
  - Méthodologie des tests statistiques et des traitements cartographiques.
- **Suivis naturalistes** (phase de terrain)
- Détermination des espèces capturées avec les pièges Barber (carabes et staphylins)
  - Détermination des espèces capturées au filet fauchoir (coccinelles, chrysope, punaises, pucerons, charançons)
  - Détermination des espèces capturées au filet à papillon (papillon, abeille, guêpe, bourdon, syrphé)
  - Inventaire botanique
- **Analyse des résultats** (traitements statistiques)
- Saisie des données recueillies sur le terrain
  - Analyse des données pour répondre aux problématiques identifiées sur le territoire.
- **Restitution finale**
- Rédaction de rapports finaux à remettre aux universités/écoles et à l'association
  - Présentation des résultats
  - Cartographie des habitats favorables, des espèces, de leur dispersion
  - Propositions de gestion des bandes enherbées à mettre en œuvre.

### 3. Présentation du secteur d'étude

La zone d'étude se situe dans le département du Pas-de-Calais, dans le Bas Pays de Béthune. Béthune est au contact de l'Artois et de la plaine des Flandres (Cf. Figure 1).

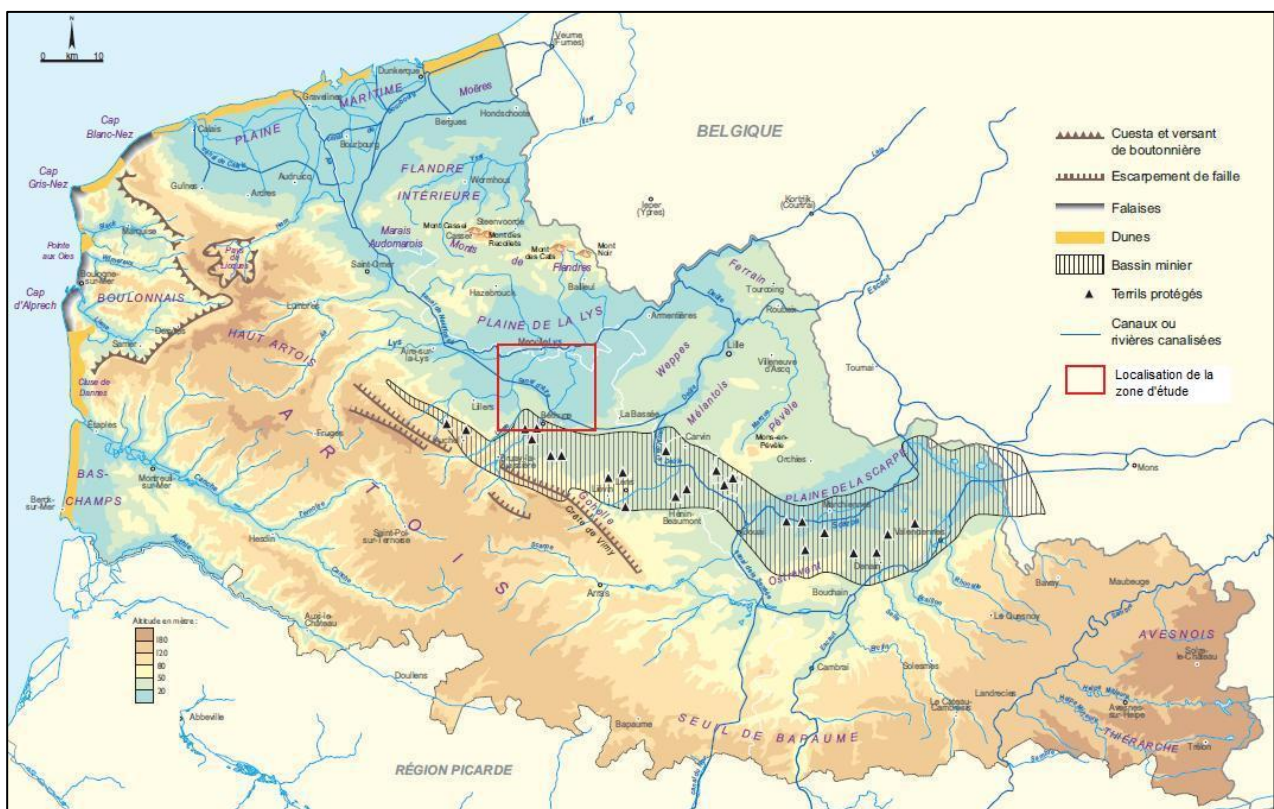


Figure 1 Localisation zone d'étude dans le département du Pas-de-Calais, Source : Direction Régional de l'Environnement Nord Pas-de-Calais, 2005

Le secteur d'étude s'étend sur plusieurs communes de la Plaine de la Lys : Calonne-sur-la-Lys, La Couture, Hinges, Lestrem, Locon, Merville, Mont-Bernanchon et Vieille-Chapelle (Cf. Figure 2 et Annexe 2).

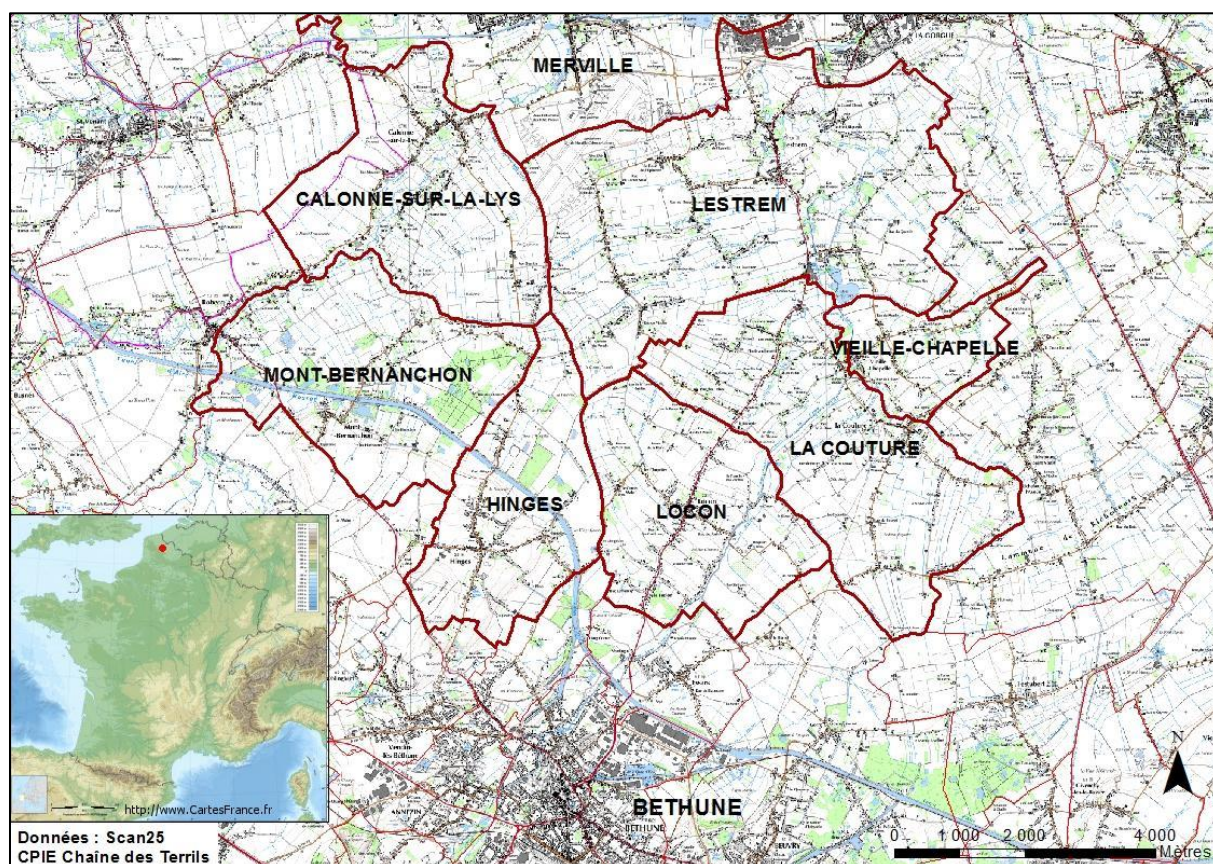


Figure 2 Zone d'étude de Lestrem (8 communes).

Ce secteur correspond, en partie, à la zone d'action de l'association Lestrem Nature. Il s'agit de plaines alluviales, dans le bassin hydrographique de la Lys. Le secteur d'étude se situe en rive droite de la Lys. Un cours d'eau artificialisé est également présent dans la zone d'étude ; il s'agit du canal d'Aire.

Cette zone s'étend sur des plaines agricoles entrecoupées par des réseaux denses de fossés et de courants tels que la Lawe, la Clarence et la Vieille-Lys. Elle est donc intéressante pour l'étude des bandes enherbées.



## Chapitre II : Résultats des tests statistiques

---

Cette partie présente les résultats des données obtenues lors des inventaires effectués avec les pièges Barber, le filet à papillon ainsi que les données des inventaires botaniques. Il a été décidé de ne pas traiter les données de l'inventaire au filet fauchoir, en raison du manque de données et de la faible qualité de celles-ci.

### 1. Validation de la robustesse d'échantillonnage

Avant tout traitement statistique, il est important de tester la validité de nos données, du protocole ainsi que la robustesse de l'échantillonnage. Dans le cas présent, il s'agit à la fois de tester les différents paramètres définis pour chacun des relevés et déterminer le nombre de transects suffisant pour mener cette étude. Autrement dit, connaître le nombre de transects minimum pour obtenir 75% ou 95 % des espèces présentes sur le territoire pour chacun des trois types d'inventaires.

Cette étape permet également de proposer un protocole optimal afin de poursuivre cette étude sur le territoire.

#### 1.1. Inventaire des pièges Barber

Pour l'inventaire des carabes et staphylins avec les pièges Barber, deux paramètres essentiels sont testés pour détecter leur éventuelle influence sur le nombre d'espèces capturées. Il s'agit du nombre de pièges par transects et de la période de piégeage (session).

##### 1.1.1. Effet de la session

Dans un premier temps le nombre d'espèces récolté dans chaque piège est regroupé par transect, pour obtenir un nombre d'espèces par transect, pour chacune des 4 sessions.

Afin de valider le protocole d'inventaire des pièges Barber, il est nécessaire de savoir si la période de capture a une influence sur le nombre d'espèces récoltées.

Les pièges ont été actifs du 26 avril au 16 juillet 2014. Pour l'étude il y a eu quatre sessions de relevés, espacées de 3 semaines :

- Session A : pièges actifs du 26 avril au 12 et 13 juin (relevés le 12 et 13 mai) ;
- Session B : pièges actifs du 12 et 13 mai au 4 juin (relevés le 4 juin) ;
- Session C : pièges actifs du 4 au 25 juin (relevés le 25 juin) ;
- Session D : pièges actifs du 25 juin au 16 juillet (relevés le 16 juillet).

**Le nombre d'espèces de Carabidae récolté varie selon la date de relevé** (Kruskal-Wallis rank sum test,  $p$ -value =  $3.605 \times 10^{-5}$ ). En effet le nombre d'espèces échantillonné est plus important lors des relevés du 4 et 25 juin comparés aux relevés du 12-13 mai et du 16 juillet (fig.3). Il est donc plus intéressant de **poser les pièges Barber de mi-mai à fin juin**.

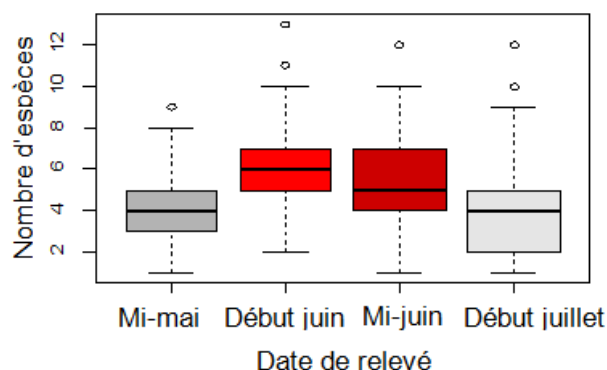


Figure 3 Distribution de la variable « nombre d'espèces » en fonction des 4 sessions de capture.

### 1.1.2. Nombre de transects minimum pour l'inventaire Barber

Pour déterminer le nombre de transects minimum nécessaire pour inventorier au moins 75% de la richesse totale, une courbe d'accumulation est réalisée. Un total de 80 espèces appartenant aux Carabidae est inventorié sur le site d'étude de fin avril à début juillet. La formule du Chao1 (A. Chao, 1984 et 2004) estime la richesse spécifique du site à 83 espèces. C'est-à-dire que l'inventaire de 50 transects a permis de capturer 96,4% de la richesse totale du site. Si l'on veut obtenir 75% des espèces de carabes présentes, c'est-à-dire 63 espèces, 26 transects sont nécessaires, tandis que pour obtenir 95% de ces espèces, 48 transects sont nécessaires (fig.4).

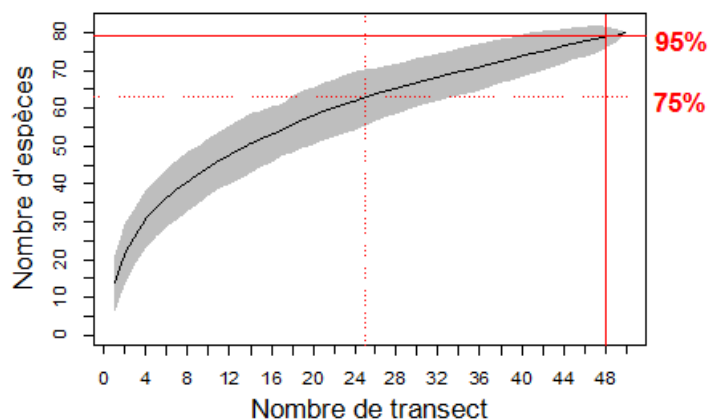


Figure 4 Courbe d'accumulation (nombre d'espèces par transects) calculée à partir de toutes les espèces capturées sur les quatre sessions réunies.

## 1.2. Inventaire au filet fauchoir

Dans un premier temps, le nombre d'espèces trouvées dans chaque passage au filet fauchoir est regroupé par transect, pour obtenir un nombre d'espèces par transect, pour chacune des 3 sessions.

### 1.2.1. Effet de la session

Afin de valider le protocole d'inventaire au filet fauchoir, il est nécessaire de savoir si la date de relevé a une influence sur le nombre d'espèces récoltées.

Une session d'inventaire se déroule sur quatre jours (sauf pour la dernière) afin de couvrir toute la zone d'étude. Pour cette étude trois sessions d'inventaire à trois périodes différentes sont réalisées :

- Session A : du 29 mai au 1<sup>er</sup> juin
- Session B : du 14 au 17 juin
- Session C : du 1<sup>er</sup> au 3 juillet

**Le nombre d'espèces récoltés au filet fauchoir augmente au cours de la saison**, et est significativement différent entre le premier et le dernier relevé (Kruskal-Wallis rank sum test, p-value = 0.00958)

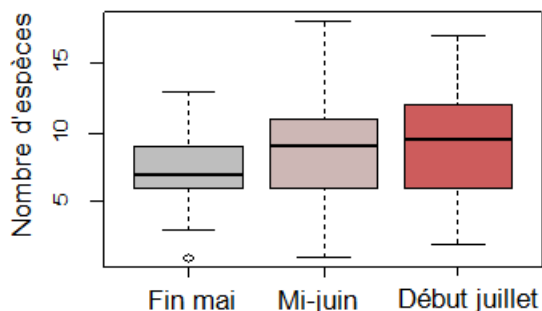


Figure 5 Distribution du nombre d'espèces en fonction de la session d'inventaire au filet fauchoir.

Comme le montre le graphique ci-après (fig.5), la distribution de la série de la première session est moins étendue que celle des deux autres sessions.

En conclusion, il est plus intéressant de faire ce type d'inventaire à partir de mi-juin, permettant ainsi de capturer un plus grand nombre d'espèces.

### 1.2.2. Nombre de transects minimum pour l'inventaire au filet fauchoir

Un total de 79 espèces est inventorié sur le site d'étude de fin mai à début juillet. La formule du Chao1 estime la richesse spécifique du site à 81 espèces. C'est-à-dire que l'inventaire de 50 transects a permis de capturer 97,5% de la richesse totale du site.

Tout comme pour l'inventaire des Carabidae, afin de savoir le nombre de transects suffisants pour obtenir 75% et 95% de cette richesse, une courbe d'accumulation est réalisée (fig.6).

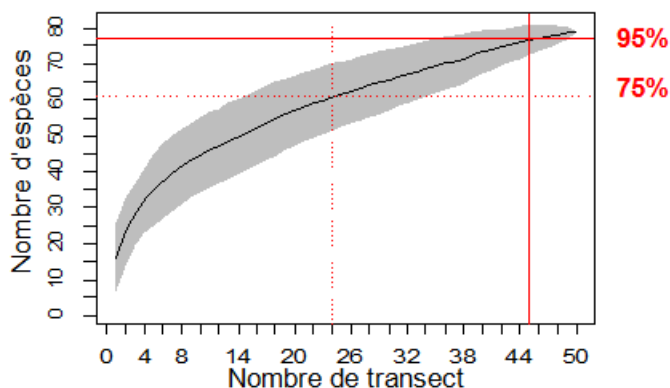


Figure 6 Courbe d'accumulation (nombre d'espèces par transects) calculée à partir de toutes les espèces capturées sur les quatre sessions réunies.

## 1.3. Inventaire des insectes volants

### 1.3.1. Effet de la session

Afin de valider le protocole d'inventaire des insectes volants, il est nécessaire de savoir si la date de relevé a une influence sur le nombre d'espèces récoltées.

Une session d'inventaire se déroule sur deux après-midi (sauf les deux premières), espacée de une à deux semaines, afin de couvrir les 4 zones du territoire d'étude. Il y a eu 8 sessions d'inventaire :

Session	Date	Session	Date
A	30 avril, 4 et 5 mai	E	23 et 24 juin
B	15, 16 et 17 mai	F	7, 8 et 12 juillet
C	1 <sup>er</sup> et 2 juin	G	18 et 23 juillet
D	12 et 13 juin	H	29 et 30 juillet

**Le nombre d'espèces inventoriés lors de ce protocole augmente au cours de la saison.**

Les quatre premiers passages sont significativement différents des quatre derniers (Kruskal-Wallis rank sum test,  $p$ -value <  $2.2 \times 10^{-16}$ ) (fig.7).

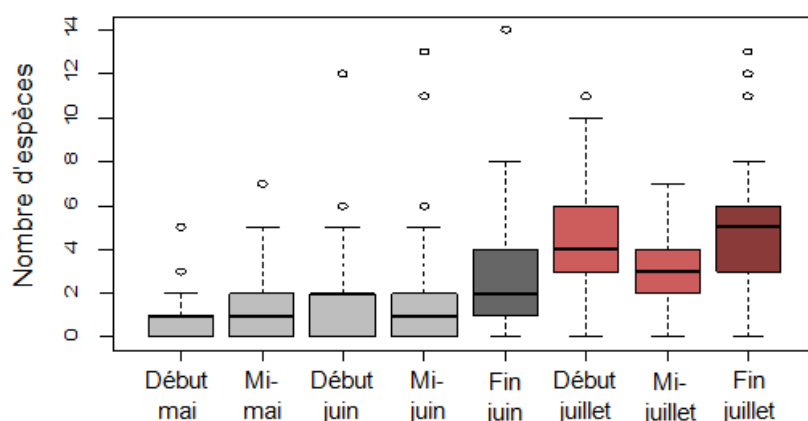


Figure 7 Distribution de la variable "nombre d'espèces" en fonction de la session pour les inventaires volants.

Les trois dernières sessions seraient les plus productives en termes de nombre d'espèces volantes observées.

**La meilleure période pour ces inventaires est donc en été, à partir de mi-juillet.**

Pour des raisons de gestion de temps, les inventaires se sont terminés avant le mois d'août. La diversité présente lors de cette période n'est donc pas connue.

### 1.3.2. Nombre de transects minimum pour les inventaires d'insectes volants

Un total de 70 espèces de Rhopalocère, Odonates, Syrphidae et Hyménoptère apocrite est inventorié sur le site d'étude de fin avril à fin juillet. Selon la formule du Chao1, la richesse spécifique du site est de 71 espèces. C'est-à-dire que l'inventaire de 50 transects a permis de capturer 98,5% de la richesse totale du site.

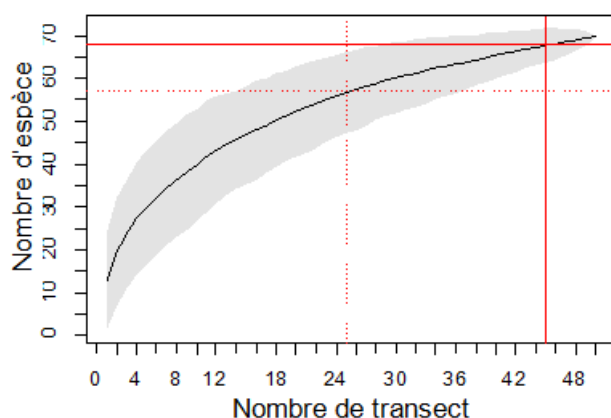


Figure 8 Courbe d'accumulation sur toutes les sessions réunies d'inventaire d'insectes volants.

La figure 8 présente la courbe d'accumulation des espèces de toutes les sessions réunies des inventaires volants (8 sessions). Pour observer 95% de la richesse spécifique totale, un échantillonnage de 45 transects est nécessaire. De plus, afin d'échantillonner 75% de cette richesse, le nombre de transect diminue de moitié et seulement 25 sont nécessaires.



## 1.4. Conclusion

Dans l'optique d'inventorier 95% de la richesse spécifique totale du territoire, 50 transects sont nécessaires pour l'ensemble des relevés entomologique. Cependant, **En diminuant de moitié l'effort d'échantillonnage (soit 25 transects), la richesse spécifique observée reste satisfaisante puisque elle atteint 75%.**

Concernant l'inventaire des Carabidae, **3 pièges actifs de mi-mai à mi-juin** semblent optimaux au vue des résultats obtenus. Cependant, cette période comprend les plus forts pourcentages de perte de pièges. En effet, 21% ont été perdus de mi-mai à début juin et 9,3% de début juin à mi-juin, soit 16% de pertes en moyenne pour cette période. En tenant compte de ce taux de perte, la pose de **87 pièges sur 25 transects est nécessaire pour être certain d'en avoir au moins 75 d'actifs.**

Le passage sur **25 transects** pour les inventaires de l'entomofaune de la strate herbacée et volante permet également d'observer 75% de la richesse spécifique totale. Toutefois, concernant ces espèces, il est préférable d'inventorier le territoire à **partir de mi-juin, début juillet.**

## 2. Diversité entomologique présente sur le territoire

Les trois types d'inventaires entomologiques (pièges barber, filet fauchoir et chasse à vue) ont permis de déterminer **229 espèces**, appartenant à divers groupes taxonomiques (Cf. Annexe 5).

### 2.1. Diversité spécifique et abondance, comparaison entre les modalités : bandes enherbées et prairies

Le tableau 1 présente la richesse spécifique du territoire sur les groupes d'insectes ciblés. En annexe 8, le nombre d'espèces pour chaque taxon, par stations est indiqué.

Tableau 1 Nombre d'espèces par taxon ciblé pour chaque méthode de capture

méthode	Famille, sous-groupe ou genre	Nombre d'espèces
Pièges Barber	<b>Carabidae</b>	80
Filet fauchoir	<b>Coccinellidae</b>	5
Filet fauchoir	<b>Hétéroptères (punaise)</b>	35
Chasse à vue	<b>Syrphidae</b>	33
Chasse à vue	<b>Bombus</b>	7
Chasse à vue	<b>Abeilles solitaires</b>	6 genres
Chasse à vue	<b>Rhopalocères</b>	18
Chasse à vue	<b>Libellulidae</b>	2
Chasse à vue	<b>Demoiselles</b>	2

Les espèces du genre *Apis* n'ont finalement pas été déterminées car étant manipulé par l'Homme (hybridation avec sélection d'espèce), il est difficile de les identifier.

Les espèces observées sont des **espèces communes**, mais elles restent relativement nombreuses et offrent ainsi une **diversité spécifique intéressante pour le territoire.**

L'ampleur de l'étude a permis d'améliorer la connaissance des espèces présentes sur le territoire. En collaboration avec le Conservatoire d'Espace Régional du Nord-Pas-de-Calais, les

échantillons de syrphes relevés sur les transects ont été déterminés permettant de compléter la base de données du CEN sur la zone d'étude concernée.



Photo 1 *Pipizella annulata* (Macquart, 1829) James K. Lindsey

La campagne d'inventaires a ainsi mis en avant l'espèce *Pipizella annulata* (Macquart, 1829). Sa capture est la première répertoriée en région Nord Pas-de-Calais.

Pierre Justin Marie Macquart, un entomologiste français (1778-1855), était l'ancien maire de la commune de Lestrem ; commune sur laquelle a été capturé le syrphe.

De plus, de nombreux individus de groupes non ciblés, comme les araignées, ont été piégés. Les échantillons ont été envoyés au CEN pour détermination. Cela constitue une base de connaissance concernant ce groupe pour le territoire.

La figure 9 présente le nombre d'individus des 25 espèces de carabes les plus abondantes durant les quatre sessions de capture, sur l'ensemble du territoire. Ces 25 espèces seront retenues pour les différents traitements statistiques. De plus, la dominance de 6 espèces peut être remarquée, représentant à elles seules plus des ¾ du nombre d'individus total.

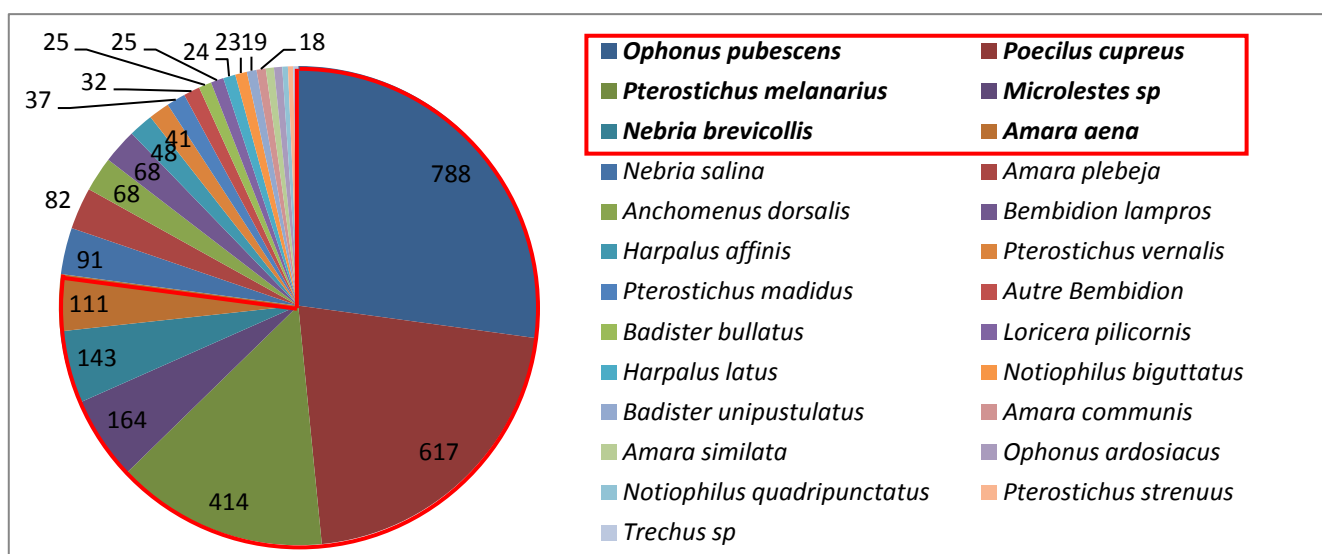


Figure 9 Espèces de la famille des carabidae et leur abondance

La figure 10 présente l'abondance (nombre d'individus) pour toutes les espèces de syrphes observées.

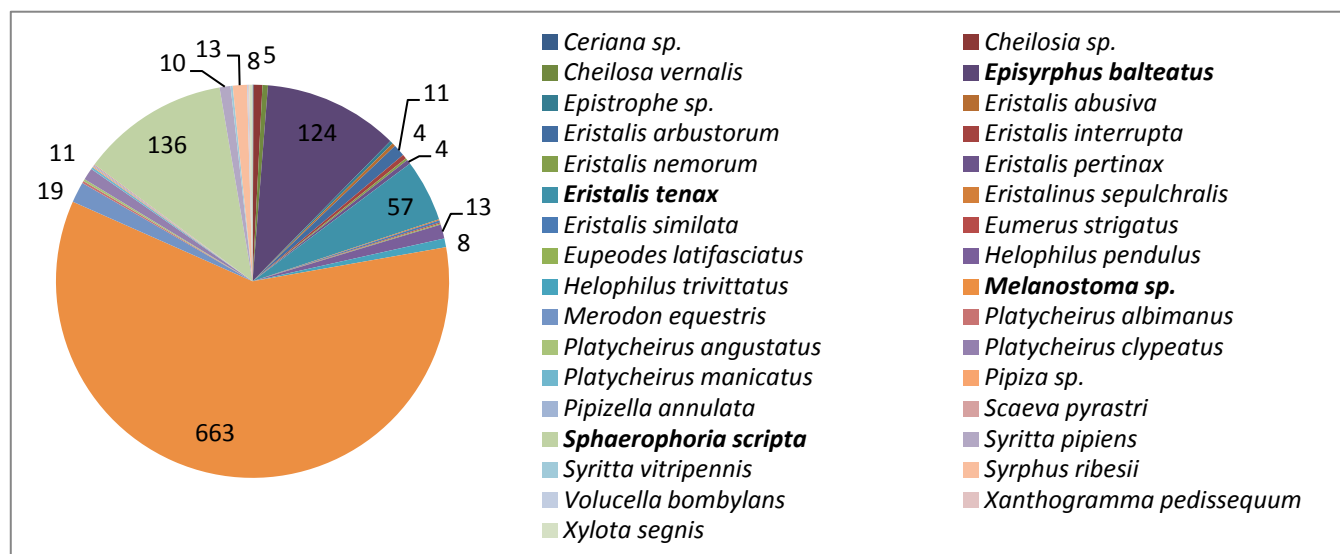


Figure 10 Espèces de la famille des Syrphidae et leur abondance

Quatre espèces de la famille des Syrphidae se distinguent par leur abondance : celles du genre *Melanostoma* (663 individus), *Sphaerophoria scripta* (136 individus), *Episyrphus balteatus* (124 individus), *Eristalis tenax* (57 individus). *Episyrphus balteatus* est communément observé comme étant l'auxiliaire aphidiphage le plus présent dans les cultures (Chambers *et al.*, 1986).

Pour ce qui est des autres groupes ciblés dans les inventaires à chasse à vue, les graphiques d'abondance sont en annexe 6.

Les prairies étant les rares cœurs de nature existant sur le territoire, il a été admis que ces dernières devaient, à priori, héberger une diversité entomologique plus importante, comparé aux bandes enherbées. La figure 11 présente le nombre d'espèces moyen des taxons ciblés dans les deux types de site : bandes enherbées et prairie.

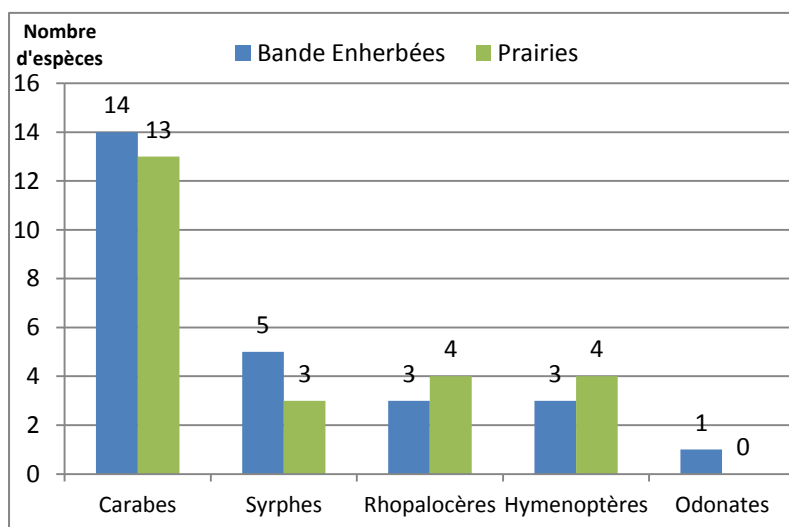


Figure 11 Nombre d'espèces des différents groupes ciblés en bande enherbée et prairie.

L'hypothèse d'une plus grande diversité entomologique dans les prairies n'est donc pas vérifiée pour tous les taxons. En effet, la famille des Carabidae comporte en moyenne une espèce de plus dans les bandes enherbées, et les Syrphidae, deux espèces de plus, comparé aux prairies.

Si la diversité entomologique ne vérifie pas cette hypothèse, qu'en est-il de la diversité végétale ? En effet, cette hypothèse se base sur l'idée que la diversité végétale favorise la diversité entomologique (R. Guilbot, 1999).

Les moyennes du nombre d'espèces végétales sur les bandes et prairies sont calculées. Il y a donc en moyenne **17 espèces sur les bandes et 18 en prairie**. Tout comme pour la diversité entomologique, l'écart est très mince.

Il est important de préciser que ces résultats dépendent des stations choisies. A l'avenir, il sera préférable de choisir des prairies fleuries plus diversifiées comme zones témoins, pour poursuivre l'étude. Par ailleurs, il n'y a eu aucune sélection des bandes enherbées selon le type de semis. Une sélection des bandes enherbées en fonction des espèces végétales semées devra être faite par la suite.

## 2.2. La diversité des Carabidae...

Durant toute la période d'inventaires, 80 espèces de la famille des Carabidae ont été capturées à l'aide des pièges Barber sur le territoire (Cf. Annexe 5).

Beaucoup sont des espèces dites rares, n'ayant qu'un seul individu. Pour plus de lisibilité dans les tests statistiques, elles ont été écartées des traitements.

Le but des traitements statistiques est de tester les différentes variables pour connaître celles qui influencent sur la présence de ces espèces. Il s'agit de la hauteur de végétation, de la couverture floristique, la date de fauche des bandes et prairie, la session et le type de site et de pratique agricole.

Des modèles linéaires généralisés avec sélection de variable (cf. Annexe 10) sont effectués sur les 25 espèces de carabes les plus abondantes avec l'ensemble des 5 variables. Ces tests ont pour but de savoir si la présence des différentes espèces de cette famille peut être expliquée selon chacune de ces variables.

### 2.2.1. ... en lien avec la hauteur et couverture floristique

Durant les inventaires au filet fauchoir et les inventaires d'insectes volants, la hauteur de végétation et les pourcentages de couverture floristique ont été relevés. Une moyenne a été calculée par session d'inventaire des pièges Barber pour connaître l'influence de ces deux variables sur la présence-absence des espèces capturées.

La hauteur du couvert végétal semble expliquer la présence de 4 espèces : *Amara similata*, *A. plebeja*, *Loricera pilicornis* et *Ophonus ardosiacus*. Pour les 3 premières espèces, elles sont plus présentes quand la hauteur du couvert végétal augmente, pour la dernière c'est l'inverse.

*Amara similata*



*Amara plebeja*



*Loricera pilicornis*



*Ophonus ardosiacus*



Cependant la hauteur de végétation dépend de la date durant la période. En effet, les hauteurs sont plus importantes à la fin de saison lorsqu'il n'y a pas eu de fauche. Concernant deux de ces espèces, *A. plebeja* et *L. pilicornis*, leur présence est également expliquée par la variable date de relevé. Il est

donc difficile de savoir si la présence de ces espèces est causée par une hauteur de végétation plus importante ou simplement par leur phénologie.

### 2.2.2. ... en lien avec la fauche de la bande enherbée

La prise en compte de la variable « fauche » a posé quelques problèmes dans la mesure où certaines bandes n'ont pas été fauchées, d'autres fauchées une fois et une autre deux fois. Il a donc été décidé d'attribuer un coefficient à chaque bande, pour chaque session (plus le coefficient est faible, plus la date de fauche est proche). Cependant, cette variable n'influence pas la présence des espèces de carabes sélectionnées.

### 2.2.3. ... en lien avec l'occupation du sol

Des pourcentages de classe d'occupation du sol ont été calculés dans un rayon de 60 mètres autour de chaque transect (Cf Méthodologie des traitements cartographies, Annexe 9). Ce rayon correspond à la capacité de dispersion des carabes.

Le but est d'analyser l'influence de chaque variable d'occupation du sol (Cf. Annexe 10) sur la présence/absence des espèces de carabes sélectionnées.

Pour cela, des modèles linéaires généralisés avec sélection de variable sont réalisés sur ces espèces pour chaque type d'occupation du sol (Cf. Annexe 11). Seuls les résultats significatifs sont présentés dans le tableau 9. Les pourcentages représentent la part expliquée par la variable sur la présence des espèces ; les coefficients en rouge représentent les estimates, c'est-à-dire dans quel sens est l'influence : un coefficient positif signifie que l'espèce est davantage présente quand la variable augmente, un coefficient négatif que l'espèce est davantage présente quand la variable diminue.

	Rivière	Surface artificialisée	Prairie	Culture	Bâti	Fossé	Jardin	Arbre
<i>Poecilus cupreus</i>	<b>31,5 %</b> -							
<i>Loricera pilicornis</i>							<b>13,2 %</b> +	
<i>Ophonus ardosiacus</i>			<b>17,4 %</b> +	<b>20,5 %</b> -				
<i>Pterostichus vernalis</i>								<b>16,9 %</b> -
<i>Badister bullatus</i>		<b>18,6 %</b> +			<b>10,7 %</b> +			
<i>Badister unipustulatus</i>						<b>15,9 %</b> +		
<i>Amara communis</i>					<b>15,1 %</b> +		<b>20,6 %</b> +	
<i>Notiophilus quadripunctatus</i>					<b>12,3 %</b> +			

D'après ces résultats, 2 variables expliquent la présence d'au moins deux espèces, il s'agit des « jardins » et du « bâti ». Pour ces deux variables, le coefficient est positif, signifiant que la présence des espèces *B.bullatus*, *A.communis* et *N.quadripunctatus* ainsi que *L.pilicornis* et *A.communis* augmente quand le pourcentage de bâti et de jardin augmente (de manière respective).

Concernant *O.ardosiacus*, il peut être remarqué que la présence de cette espèce augmente quand le pourcentage de « prairie » augmente mais également quand le pourcentage de « culture » diminue.

Certains résultats sont à interpréter avec prudence dans la mesure où la présence d'une espèce sur une station avec une classe d'occupation du sol très présente ne peut être qu'une coïncidence. C'est le cas, par exemple, pour l'espèce citée précédemment *Loricera pilicornis* (Fabricius 1775) dont la présence est fortement influencée par la variable « jardin ».

Par ailleurs, contrairement à ce qui a été démontré dans des études précédentes, la présence de haie (haie arboricole ou haie basse) ne favorise pas significativement les espèces de carabes. Cela ne traduit pas non plus un effet « repoussoir ». Beaucoup de ces espèces préfèrent peut-être un milieu plus ouvert, avec tout de même un couvert végétal pour refuge et pour la nourriture. Par ailleurs, ces résultats sont traités au cas par cas, alors que les espèces se déplacent dans un paysage global et non seulement dans une bande.

#### 2.2.4. ... en lien avec le type de site et de pratique agricole

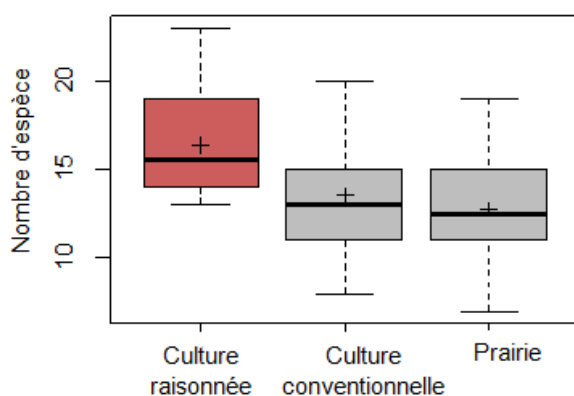
Le type de site et la pratique agricole sont réunis dans une seule variable à trois modalités :

CR : bandes enherbées à côté de culture raisonnée (non labourée)

CT : bandes enherbées à côté de culture conventionnelle (labourée)

P : prairies

L'effet de cette variable sur le nombre d'espèces de carabes est testé et le nombre d'espèces est significativement différent entre les trois modalités ( $F=3.561$ ,  $Df=2$ ,  $p\text{-value}=0.0363$ ). Le nombre d'espèce moyen est plus important en bordure des cultures raisonnées comparées aux cultures conventionnelles et aux prairies (fig.12)



La moyenne du nombre d'espèces capturées est de 16 espèces (croix noires sur le graphique), en culture raisonnée. Elle est nettement supérieure aux moyennes des deux autres modalités : 14 espèces capturées pour les transects en culture conventionnelle et 13 pour les transects en prairie. Si la culture sans labour présente plus de diversité, il serait intéressant de se pencher sur les effets du labour sur les populations de carabes.

Figure 12 Distribution de la variable "nombre d'espèces" des carabes, en fonction du type de site

Une moyenne du nombre d'individus capturés est calculée pour chaque modalité. Là encore, l'écart entre les transects des bandes enherbées au bord de culture raisonnée par rapport au deux autres modalités est significatif. Il y a en moyenne 79 individus capturés dans les transects en culture non labourée contre 59 en culture labourée et 49 en prairie.

Ainsi, **le labour défavoriserait la présence de carabes** en détruisant les larves qui vivent dans le sol, dans la parcelle, avant de sortir de terre. Il est cependant difficile de se prononcer sur des données



d'une seule année car **d'autres facteurs tels que la rotation et l'assolement des cultures peuvent impacter les résultats.**

Il est donc primordial de **poursuivre l'étude sur plusieurs années afin de confirmer ces conclusions.**

### 2.3. La diversité des insectes volants...

Plusieurs taxons entomologiques ont été ciblés durant les inventaires de chasse à vue : les syrphes (groupe des diptères), les individus de la famille Apoidae (groupe des hyménoptères), les Rhopalocères et les Odonates. Il a été décidé de traiter ces groupes séparément pour faciliter la lisibilité des tests statistiques, de plus, ces espèces n'ayant pas les mêmes écologies, il est nécessaire de les traiter séparément pour conclure. Les modèles linéaires généralisés avec sélection de variable (Cf. Annexe 11) mettent en avant les variables qui influencent le plus la présence des espèces d'insectes volants.

#### 2.3.1. ...en lien avec la hauteur et couverture floristique

Les variables de hauteur de végétation et de couverture floristique ont plus d'impact sur l'entomofaune volante que sur les carabes. Cela a également été remarqué sur le terrain.

Ainsi, les hauteurs de végétation ont un effet sur les espèces volantes suivantes : *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776), *Merodon equestris* (Fabricius, 1794), *Helophilus pendulus* (Linnaeus, 1758), *Cheilosia vernalis* (Fallén, 1817), *Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758), *Pytronia tithonus* (Linnaeus, 1771) et *Sympetrum sanguineum* (Müller, 1764).

La couverture floristique a un effet sur les espèces suivantes volantes suivantes : *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758), *Helophilus pendulus* (Fabricius, 1805), *Syrphus ribesii* (Linnaeus, 1758), *Eristalis arbustorum* (Linnaeus, 1758), les abeilles (genre *Apis* sp.), *Vespula germanica* (Fabricius, 1793), *Bombus lapidarius* (Linnaeus, 1758), *Bombus pascuorum* (Scopoli, 1763), *Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758) et *Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758).

Les espèces de Syrphidae, d'Hyménoptères et de RRhopalocères ont un coefficient positif avec la hauteur de végétation et le couvert floristique, c'est-à-dire que ces espèces sont plus présentes quand ces deux variables augmentent. Plus la végétation est haute et plus le couvert floristique est important, plus il y a de chance d'avoir des individus de ces espèces.

De plus, la part expliquée par la variable couvert floristique est beaucoup plus importante que pour la variable hauteur de végétation. En effet, les présences de *Cheilosia vernalis*, d'*Eristalis arbustorum*, de *Syrphus ribesii*, de *Syrphus pipiens*, des abeilles (genre *Apis* sp.) et d'*Aglais urticae* sont expliquées respectivement à 67,35%, 49,55%, 29,77%, 25,64%, 8,82%, et à 10,08% par cette variable pourcentage de couverture floristique. Elle joue donc un rôle très important dans la présence des espèces d'insectes volants.

#### 2.3.2. ... en lien avec les paramètres météorologiques

Contrairement aux inventaires avec les pièges Barber, qui se réalisent sur une période, les inventaires d'insectes volants sont effectués à un instant t. C'est pourquoi des paramètres météorologiques peuvent être testés : la température, le couvert nuageux et le vent.

Des modèles linéaires généralisés avec sélection de variable sont réalisées sur les espèces dont la présence est influencée par les paramètres météorologiques. Mais les résultats n'étant pas pertinents, ils ne seront pas interprétés. Contrairement à ce qui avait été prédit, les paramètres météorologiques n'ont donc que peu d'influence sur les espèces d'insectes volants.

### 2.3.3. ... en lien avec la fauche de la bande enherbée

La variable « fauche » a été testée. Comme pour les carabes, elle ne ressort pas comme une variable ayant une influence sur la présence des espèces d'insectes volants. Ainsi le nombre de jours après fauche n'explique pas la présence de ces espèces.

### 2.3.4. ... en lien avec l'occupation du sol

La présence de chacune des 15 espèces de syrphes, des 16 espèces d'Apoidae et des 16 espèces de Rhopalocères sélectionnées a été testée en fonction des variables d'occupation du sol.

Des modèles linéaires généralisés avec sélection de variable sont réalisées. Seules les fortes relations sont interprétées. Les résultats présentés ci-après sont illustrés par la figure 13. Le tableau 2 associé présente les coordonnées des modalités d'occupation du sol sur la figure 13. Sont en vert les trois modalités expliquant le plus les axes, ici l'axe 2.

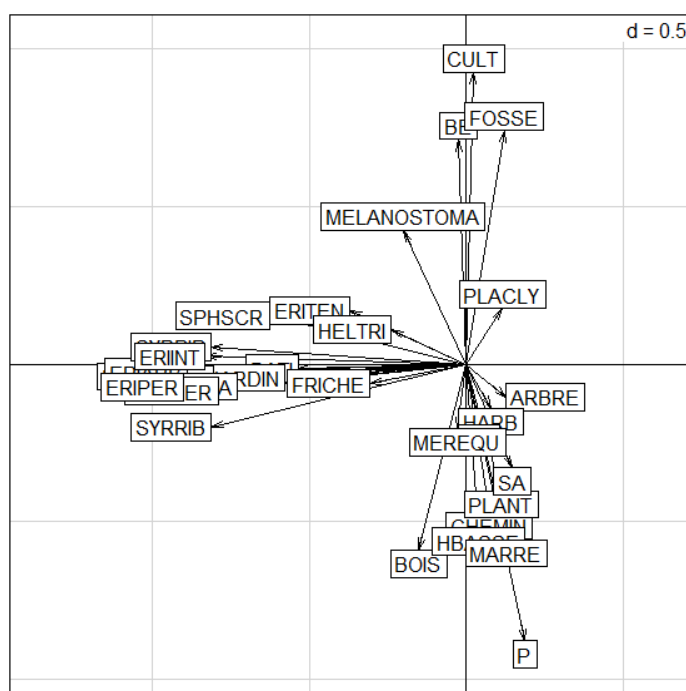


Figure 13 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des 15 espèces de syrphes les plus abondantes avec les modalités de la variable occupation du sol.

Tableau 2 Coordonnées des modalités d'occupation du sol pour l'ACP sur les espèces de syrphes.

	Axe 1 (x)	Axe 2 (y)
Arbre	0.1264	-0.1041
BE	-0.0262	0.7117
Bâti	-0.5342	-0.0147
Bois	-0.1516	-0.5897
Chemin	0.0732	-0.4685
Culture	0.0223	0.9245
Fosse	0.1214	0.7402
Friche	-0.3066	-0.0625
Haie arb.	0.0788	-0.1393
Haie basse	0.0385	-0.5193
Jardin	-0.5777	-0.044
Marre	0.1255	-0.5564
Plant.	0.1115	-0.402
Prairie	0.1860	-0.8766
Riv.	0.0382	-0.1944
Route	-0.8544	-0.0442
Surf. Art.	0.1436	-0.3286

La variable surface artificialisée n'est pas favorable à la présence des espèces d'insectes volants, notamment celle des syrphes. Ainsi, elle explique l'absence d'*Episyrphus balteatus* à 2.12%, d'*Eristalis tenax* à 0.25%, de *Platycheirus clypeatus* à 0.5 % et d'*Helophilus pendulus* à 9%. Cette dernière est la plus sensible à l'abondance de la surface artificialisée.

La seule forte relation avec la variable « culture » est avec l'espèce *Syritta pipiens*. La culture ne favorise pas la présence de cette espèce (pourcentage de déviance expliquée = 4.21%). En revanche, *Syritta pipiens* est favorisée par la variable « jardin » (pourcentage de déviance expliquée = 8.52%). Les jardins représentent des habitats avec une plus grande diversité de plantes floristiques que les cultures. Ces résultats montrent ainsi que certaines espèces de syrphes sont attirées par la diversité floristique.

Les prairies sont très favorables aux espèces du groupe des rhopalocères. Cette variable explique la présence de *Papilio Machaon* (Linnaeus, 1758) et de *Polyommatus icarus* (Rottemburg, 1775) à 13.25%. Ces résultats montrent que les prairies seraient plus favorables à la présence des papillons. Cependant les bandes enherbées peuvent également abriter certaines espèces comme *Ochlodes sylvanus* (Esper, 1777) ou *Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1808). Ces deux espèces ont leur présence expliquée par la variable « culture » respectivement à 3.52% et 4.77%. Ces résultats sont pertinents dans la mesure où les plantes hôtes de ces deux espèces sont essentiellement des graminées (*Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*). Ces plantes étant très présentes sur les bords de culture.

Pour ce qui est des Apoides, aucune des variables de l'occupation du sol n'explique significativement leur présence sur telle station.

L'occupation du sol environnant les stations n'est pas une variable très déterminante dans la présence des espèces d'insectes volants. D'autres facteurs entrent en compte, c'est le cas du couvert floristique, qui joue un rôle plus important.

D'autres ACP ont été réalisées pour deux autres taxons d'insectes volants (Cf. Annexe 12) : les hyménoptères et les rhopalocères. Pour les hyménoptères (butineurs) il semblerait que la modalité « jardin » soit associée à plusieurs espèces comme *Vespula germanica* (Fabricius, 1793), les espèces du genre *Bombus*, et quelques espèces d'abeilles sauvages.

### 2.3.5. ... en lien avec le type de site et de pratique agricole

Le type de site et la pratique agricole sont réunis dans une seule variable à trois modalités :

CR : bande enherbée à côté de culture raisonnée (non labourée)

CT : bande enherbée à côté de culture conventionnelle (labourée)

P : prairie

L'effet de cette variable sur le nombre d'espèces d'insectes volants est testé.

Il n'y a pas de différence significative du nombre d'espèce entre les deux types de culture adjacentes et les prairies (Kruskal-Wallis rank sum test, p-value = 0.07774) (fig.27). Il n'y a également aucune différence du nombre moyen d'individus (Kruskal-Wallis rank sum test, p-value = 0.9907)

Parmi les paramètres testés, c'est majoritairement **le couvert floristique qui impacte le plus sur la présence des insectes volants**. En effet, **la plupart étant des butineurs, la présence de fleurs est indispensable**. Le lien entre les espèces entomologiques et les espèces végétales est étudié dans le chapitre suivant.

## 2.4. La diversité végétale

Trois inventaires botaniques ont été effectués durant l'étude (Cf. Annexe 3).

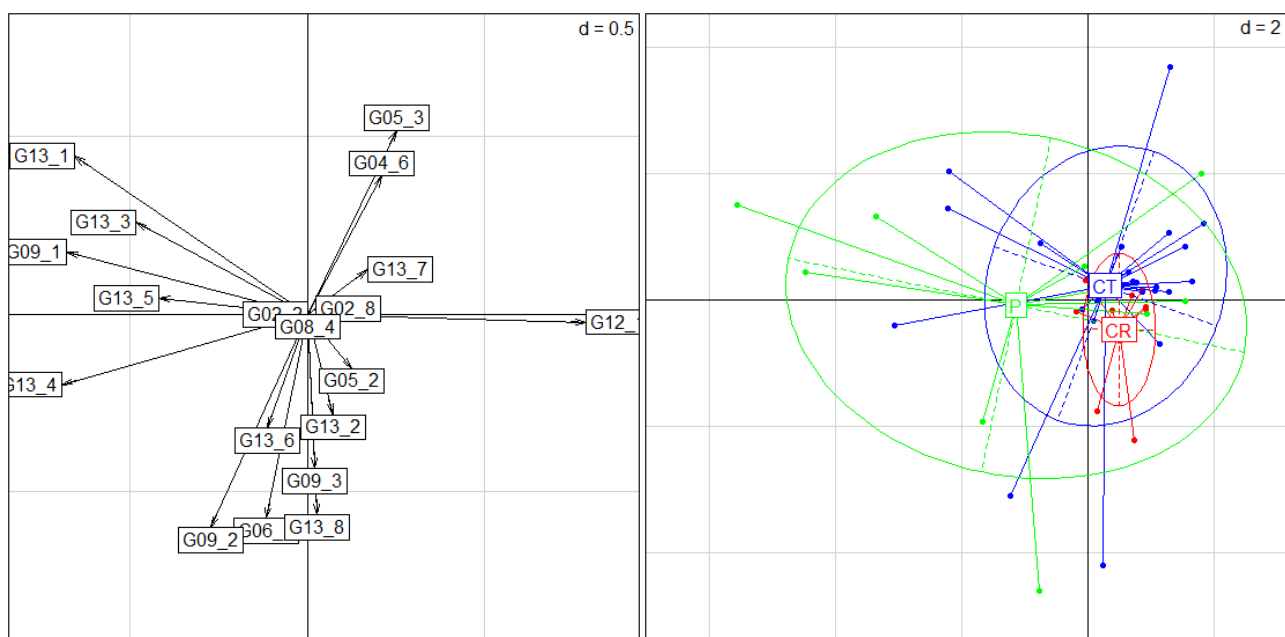
94 espèces végétales ont été recensées sur l'ensemble des transects lors des trois inventaires (Cf. Annexe 13). Chaque espèce fait partie d'un groupement phytosociologique. La phytosociologie correspond à l'étude des associations végétales, c'est une classification mise au point par Philippe Julve. Pour faciliter les traitements statistiques, il a été décidé de raisonner avec les groupes phytosociologiques. Cela réduit à 19 groupements différents (cf. tableau 3). Le recouvrement des groupes pour chaque station (bandes enherbées ou prairies) est indiqué sur les cartes en annexe 15.

**Tableau 3 Description des groupes phytosociologiques présents dans la zone d'étude.**

<b>Codes phytosociologiques</b>	<b>Biotope (description des milieux)</b>
(02/2)	Annuelles pionnières des tonsures subnitrophiles maritimes
(02/8)	Pelouses aérolines des falaises maritimes méditerranéennes
(04/6)	Friches annuelles hygrophiles à hydrophiles, eutrophiles, pionnières, eurasiatiques
(05/2)	Mégaphorbiaies hygrophiles, planitiaies-collinéennes a montagnardes
(05/3)	Roselières et grandes cariçaies eurasiatiques, amphibies a hydrophiles
(06/1)	Hémicryptophytaies des tourbières holarctiques
(08/4)	Tonsures annuelles basophiles, européennes
(09/1)	Pelouses basophiles médioeuropéennes
(09/2)	Ourlets basophiles médioeuropéens
(09/3)	Pelouses basophiles méditerranéennes
(12/1)	Prairies européennes secondaires
(13/1)	Friches vivaces xérophiles européennes
(13/2)	Friches et lisières vivaces médioeuropéennes, eutrophiles, mésohydriques a mésohygrophiles
(13/3)	Annuelles commensales des cultures
(13/4)	Friches annuelles européennes
(13/5)	Ourlets thérophytiques vernaux, nitrophiles, thermophiles
(13/6)	Annuelles pionnières nitrophiles des clairières et lisières européennes, psychrophiles
(13/7)	Tonsures annuelles des lieux surpiétinés eutrophiles
(13/8)	Mégaphorbiaies de clairières médioeuropéennes, mésohydriques

Il est important de préciser que certaines bandes et prairies ayant été fauchées, toutes n'ont pas pu être inventoriées à chaque relevé. C'est le cas pour la bande BE 6 qui ne l'a été qu'une seule fois. Cette bande a d'ailleurs été écartée des tests statistiques pour ne pas fausser les résultats.

Dans un premier temps, la répartition des espèces végétales et celle des groupements phytosociologiques sont observées par rapport au type de site (bande enherbée en culture labourée ou non labourée et prairies). Une analyse en composante principale est réalisée (Figure 14).



**Figure 14 Analyse des Composantes Principales (ACP), Distribution des groupes phytosociologiques en fonction des 3 modalités des types de sites.**

Le graphique de droite indique dans un premier temps qu'il n'y a pas de structuration particulière des groupements végétaux selon la modalité (P, CT ou CR). En effet, toutes les ellipses se superposent. Seul fait observable, la modalité « prairie » présente une forte hétérogénéité (ellipse importante comparée aux deux autres modalités).

Sur le graphique de gauche, les groupes G13\_1, G13\_4, G09\_1 et G12\_1 expliquent la formation de l'axe 1. Sur la partie gauche de cet axe se répartissent des groupements correspondant plutôt à des friches et pelouses, et sur la partie droite le groupement correspondant aux prairies secondaires. Ceci suggère un gradient d'entretien de la végétation avec des groupements plutôt perturbés et instables à gauche et une végétation plus prairiale et donc stable à droite. L'axe 2 est défini en partie par les groupements G05\_3 et G09\_2 qui constituent un gradient d'humidité du milieu.

Il est relativement difficile d'interpréter les résultats de cette ACP pour répondre à la question finale : quelles espèces végétales favorisent les insectes auxiliaires de culture des taxons ciblés (carabes, apidae, syrphidae...). Il est donc nécessaire de limiter le nombre d'espèces végétales pour faciliter les tests. Les photos 2 et 3 présentent la différence entre deux bandes enherbées en termes de diversité végétale.



**Photo 2 et 3 Diversité végétale : différence entre deux bandes enherbées (BE10 à gauche et BE11 à droite) Virginie Artus, 2014.**

La bande BE10 est composée de nombreuses espèces, la plupart étant des dicotylédones. La bande BE11 présente une espèce de graminée dominante : *Poa trivialis*, qui recouvre à 80 % la surface.

Malgré l'écart entre les bandes, il a été décidé de sélectionner uniquement les espèces végétales des groupes phytosociologiques les plus présents sur l'ensemble des transects de la zone d'étude. La figure 25 présente la distribution des 50 transects sur les deux mêmes axes de la figure 14.

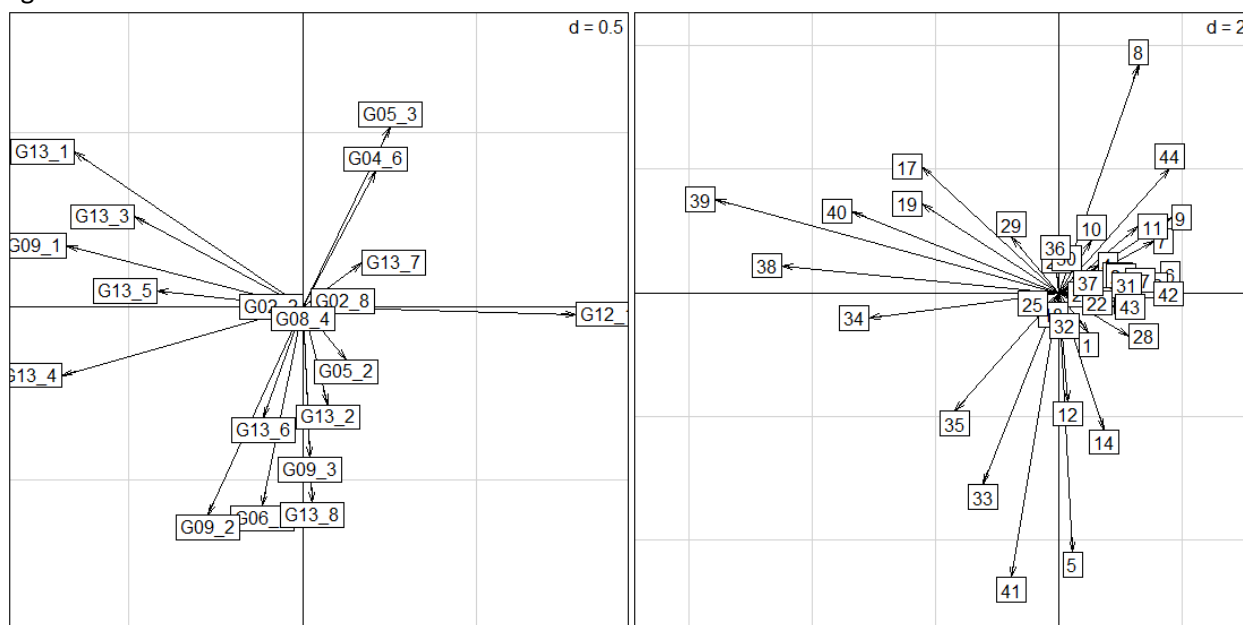


Figure 14 Analyse des Composantes Principales (ACP), distribution des stations en fonction des groupes phytosociologiques

Quelques transects se distinguent du groupe principal : les stations 34, 38, 39 et 40, qui correspondent à des transects en prairies. La plupart des transects étant associé au groupe phytosociologique G12\_1, il a été décidé de retenir les espèces végétales de ce groupe pour la discussion relative à l'association des insectes et des plantes qui leur sont favorables.



## Chapitre 3 : Discussions, limites de la méthode et perspectives

---

Cette partie a pour but de répondre aux questions de la problématique relatives à la réflexion sur la mutation des pratiques agricoles.

Les pratiques agricoles sur les parcelles bordées par les bandes enherbées ont-elles une influence sur les populations et la diversité des insectes ?

Quels sont les moyens à mettre en œuvre par les agriculteurs, pour augmenter la population et la diversité de ces espèces (réduction des intrants chimiques pour traitement des cultures, gestion et entretien des bandes enherbées, semis des bandes...) ?

### 1. Quelle composition végétale pour quel groupe d'insectes ?

Dans une étude précédente, Pauline Defives a effectué des inventaires à l'aide de pièges Barber sur trois bandes enherbées, présentant trois types de végétations : ray-grass anglais (*Lolium perenne*, L. 1753), Dactyle-fétuque (*Dactylis glomerata*, L. 1753 et *Festuca arundinacea*, Schreb.) qui sont des graminées (Cf. Photos 4, 5 et 6) et prairie fleurie (mélange de plantes floricoles).



Photo 4 *Lolium perenne* (L. 1753),  
by Leo Michels



Photo 5 *Dactylis glomerata* (L.  
1753).©foxvpar4 on Flickr



Photo 6 *Festuca arundinacea* (Schreb)  
© Biopix: JC Schou

Le but de cette étude étant de connaître la meilleure composition végétale des bandes enherbées pour attirer les insectes. La conclusion s'est révélée intéressante. En effet, tous les insectes ciblés n'ont pas le même régime alimentaire et le même mode de vie. Ainsi chaque type de végétation convient à un ou plusieurs groupes d'insectes.

### 1.1. Bandes fleuries : pollinisateurs et autres volants

Les résultats d'une étude (P. COLIGNON *et al.*, 2004) ont montré que l'introduction de trois espèces de plantes messicoles dans les bandes avec un mélange fourrager plus traditionnel attire des individus de différents groupes d'auxiliaires : insectes pollinisateurs tels que les hyménoptères (abeilles, bourdons et guêpes), les syrphes aphidiphages (prédateurs de pucerons). De plus, l'étude met en évidence des mélanges floristiques optimaux selon l'effet voulu (contrôle des pucerons ou pollinisation). Un mélange *Centaurea cyanus* et *Papaver rhoeas* attire essentiellement des parasitoïdes et pollinisateurs, tandis qu'un mélange *Agrostemma githago*, *Glebionis segetum* attire plutôt des aphidiphages spécialisés (Syrphidae et Coccinellidae).

Une ACP est réalisée sur les syrphes et les espèces floristiques du groupe phytosociologique le plus abondant sur toutes les stations : le groupe 12\_1 afin d'identifier des associations d'espèces (fig.15).

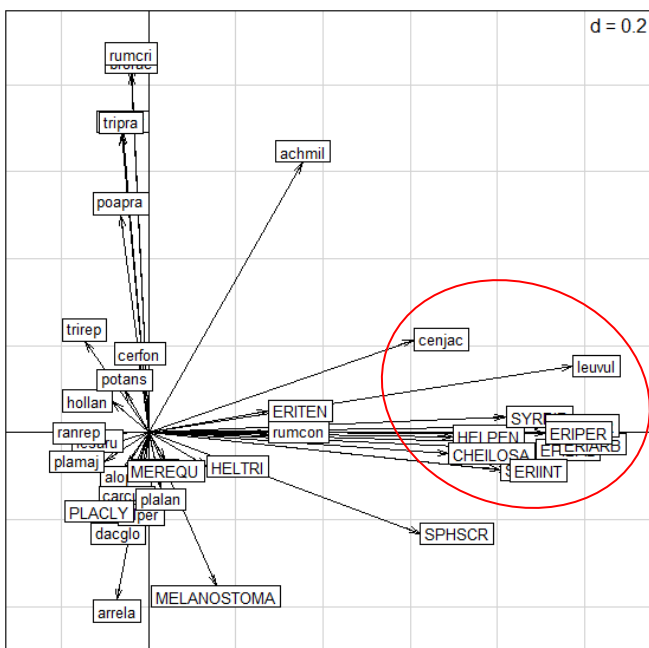


Figure 15: analyse en composante principale de la répartition des espèces de Syrphidae et des espèces floristique du groupement 12\_1



Photo 7 *Centaurea jacea*  
©Henriette Kress



Photo 8 *Leucanthemum vulgare*  
©Merel R. Black

On remarque que plus de la moitié des espèces de syrphes sont regroupées à droite du schéma. Cette partie de l'axe est expliquée majoritairement par deux espèces végétales : la marguerite commune (leuvul) et la centaurée jacée (cenjac). Ce sont donc des espèces favorables à la présence des *Cheilosia*, des *Eristalis*, des *Helophilus pendulus* et des *Syrphus ribesii*. **C'est en effet sur la bande enherbée BE10 que l'on retrouve ces espèces végétales, et où étaient observés majoritairement ces syrphes.** Aucune graminée n'est associée à une espèce de syrphe. Seule *Platycheirus clypeatus*, semble liée aux graminées.

The diagram illustrates a network of relationships between various entities. A red circle highlights a cluster of nodes including BOMTER, BOMLAP, BOMHOR, PANURGUS, and TRIBYB. The diagram is labeled "d = 0.2" in the top right corner.



Figure 16 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12\_1 et des 16 espèces d'hyménoptères observées sur le territoire.

Une ACP est réalisée sur les espèces de papillons de jour (rhopalocères) afin de voir si les résultats concernant les syrphes et les Hyménoptères se vérifient avec ce groupe. La figure 17 présente la distribution des espèces de papillons avec les espèces végétales du groupe phytosociologique.



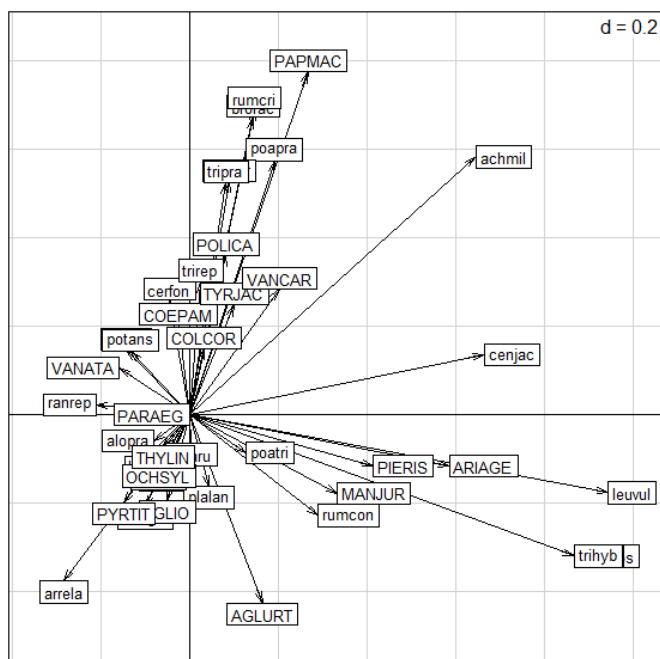
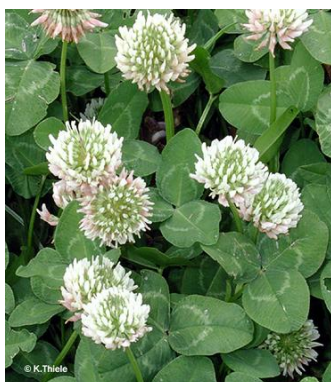


Figure 17 Analyse des Composantes Principales (ACP) distribution des espèces végétales du groupe phytosociologique 12\_1 et des 16 espèces de rhopalocères observées sur le territoire.

Pour les papillons, les répartitions des espèces semblent plus spécifiques. En effet, très souvent une espèce de papillon est associée à une ou deux espèces végétales. C'est le cas pour l'argus bleu (POLICA) avec 2 espèces de trèfle (tripra et trirep); l'amaryllis (PYRTIT) avec une graminée : *Arrenatherum elatius* (arrela). Concernant cette famille, il faut s'intéresser aux plantes hôtes des chenilles. Par exemple, les espèces *Ochlodes sylvanus* (Esper, 1777) et *Thymelicus lineola* (Ochsenheimer, 1808) sont dépendantes des graminées. C'est également le cas de *Pyronia tithonus* (Linnaeus, 1771).



Même si dans beaucoup de cas, les papillons sont associés aux espèces végétales des chenilles, ce n'est pas le cas pour le paon de jour et la petite tortue dont la plante hôte est l'ortie, fleur pourtant présente sur les bandes enherbées.

Il est important de souligner que cette étude prend en compte uniquement les espèces végétales présentes **sur la bande**. Pourtant il existe une large zone entre les bandes et les cours d'eau également constituée d'une flore importante. Par ailleurs, il ne faut pas oublier que ces espèces se déplacent dans un **paysage**, et prendre les bandes enherbées au cas par cas n'est pas pertinent dans ce contexte.

Ainsi les graminées sont également importantes pour les Rhopalocères. Des plantes à fleurs ne suffisent pas. Pour les insectes volants, une **diversité d'espèces végétales** est nécessaire.

## 1.2. Bandes à graminées pour les carabidae

L'ACP réalisée sur les espèces végétales du groupe phytosociologique 12\_1 et les 25 espèces de carabes sélectionnées ne révèle aucune structuration particulière quand à leur répartition.

**Les carabes ne sont pas liés à des espèces végétales, de manière directe.** En effet, la plupart sont des prédateurs. La présence d'**un couvert végétale hébergeant des proies est donc suffisante.** Comme vu précédemment, les carabes semblent particulièrement sensibles aux modalités de gestion des cultures plutôt qu'à celles des bandes enherbées.

Ainsi, il est important pour les années suivantes de **prendre en compte d'autres facteurs** comme les rotations, les assolements, ou encore les intrants apportés aux cultures.

## 2. Quel mode de gestion de la bande enherbée pour valoriser la biodiversité entomologique?

Cette partie s'articule autour de plusieurs questions :

- *Comment préserver ces insectes auxiliaires de culture ? Qu'est-ce qui est important pour les préserver et valoriser cette biodiversité ?*

Concernant les carabes, ce sont des prédateurs, le facteur le plus favorable à leur présence est l'abondance de proies (pucerons, limaces...). Il est donc important d'avoir des proies. Pour cela, **un couvert végétal composé des plantes hôtes des pucerons** est nécessaire. Concernant les insectes volants : abeilles, bourdons, syrphes, papillon, le facteur le plus favorable est la **présence de fleur**. Cette étude suggère notamment la marguerite commune, la centaurée jacée et le trèfle hybride. Cependant, d'autres études montrent un impact positif d'autres fleurs. Il pourrait donc être intéressant de proposer des semis contenant des **messicoles locales**. En effet ces plantes ont subi une régression drastique dans tout le pays en raison de l'agriculture intensive, de l'utilisation de produit phytosanitaire, etc.

- *Y a-t-il une période de fauche plus adaptée pour favoriser cette biodiversité ?*

La variable « fauche » de la bande enherbée a été testée et les résultats n'ont pas été concluants. Ce paramètre semble plus **affecter les insectes volants à un instant T** que les carabes qui restent au sol. Cependant, une **fauche tardive** maximise la présence d'espèce en fleur en début et milieu de saison, favorisant ainsi la venue des espèces dépendante de fleurs. De plus, le ray-grass anglais pousse moins vite que les deux autres types de graminées (dactyle et fétuque), ce qui se traduit par moins de fauche de la bande pour l'exploitant (Lesage et al. 2009). Il est donc possible de trouver des **solutions alternatives qui permettent d'entamer une mutation des pratiques agricoles**.

Cela reste malgré tout difficile de juger de ce qui pourrait mieux convenir aux carabes, et aux autres insectes pour assurer le maintien et l'augmentation des populations, dans la mesure où l'étude s'est faite sur une seule année. Il est important de prendre en compte les années précédentes. En effet, les années précédentes ont été très mauvaises pour l'entomofaune. Cette année, les populations se reconstituent. Les résultats de cette étude ne suffisent donc pas pour définir un mode de gestion des bandes enherbées. Il est nécessaire de poursuivre la collecte et l'analyse de données pour les années qui suivent afin de préciser les conclusions.

Cependant, il semble déjà opportun de signaler que l'introduction de quelques espèces mellifères dans les mélanges semés de bandes enherbées pourrait être intéressante pour l'entomofaune dans sa globalité. De la même manière, il pourrait être intéressant de réfléchir à quelles espèces de graminées favoriser de manière à diminuer le nombre de fauche permettant ainsi de stabiliser le couvert végétal et de ne pas soumettre la bande enherbée à trop de fauches dans l'année (espèces à croissance plus lente).

### **3. Les limites de l'étude**

Il est important de parler des limites des protocoles afin de les perfectionner dans le cadre de la poursuite de l'étude.

#### **3.1. Limites du protocole « pièges Barber »**

Cette étude s'est réalisée grâce à la définition de 50 transects, répartis sur 8 communes, tous composés de 6 pièges Barber. Il va sans dire que ce protocole a nécessité un nombre d'heures sur le terrain et un nombre de déplacements extrêmement important, d'autant plus qu'il a été réalisé par seulement deux personnes.

Outre la grande ampleur du protocole, il faut mettre en avant le fait que certains pièges ont été abîmés par le passage d'engins agricoles ou bouché par l'activité de la faune du sol et des racines des végétaux.

Pour limiter les dégâts liés à l'activité agricole, il est important de prévenir les exploitants de la présence des pièges et marquer leur localisation à l'aide de jalons visibles.

#### **3.2. Limites du protocole « filet fauchoir »**

De la même manière que pour les inventaires des pièges Barber, le protocole du filet fauchoir était de très grande ampleur. Un seul passage de douze coups de filet suffit pour l'étude.

#### **3.3. Limites du protocole « chasse à vue »**

Les limites de ce protocole sont particulières.

En effet, certains individus n'ont pas pu être déterminés car ils n'ont pas été attrapés. Ces individus ont malheureusement dû être écartés des traitements statistiques, ce qui peut influencer les résultats. Il est important de préciser que certains individus ont pu être comptés plusieurs fois car ils se déplacent sur le transect, ce qui fausse le nombre d'individus.

#### **3.4. Limites du protocole d'inventaire botanique**

Pour ce qui est de l'inventaire botanique, les limites sont liées à la fauche des bandes enherbées et prairies. En effet, 3 inventaires ont été réalisés sur la période. Cependant, certaines stations ayant été fauchées, toutes n'ont pas pu être inventoriées à chaque fois.

De plus, il existe une flore proche des bandes enherbées qui participe également à la venue de certaines espèces faunistique (notamment les papillons, syrphes, abeilles et bourdons) non prise en compte dans nos relevés.

#### **3.5. Détermination des espèces**

Outre les contraintes des quatre types de protocoles, déterminer les espèces des différents taxons ciblés (carabidae, hyménoptères, hétéroptères et syrphidae) s'est révélé être une limite de l'étude.

En effet, cette phase n'est pas à négliger en termes de nombre d'heure de travail. Il faut également préciser que, dans la mesure où la détermination n'a pas été tout le temps effectuée par des professionnels, des erreurs sont à prévoir. Il faut donc interpréter les résultats avec prudence.



## Conclusion

---

Imposées en 2005 par la nouvelle PAC (Politique Agricole Commune), et renforcées en 2010 par la loi Grenelle II, les bandes enherbées jouent un autre rôle que celui de « zones tampons » entre les parcelles agricoles et les cours d'eau. Elles jouent un rôle dans la **protection de la faune et de la flore** mais également aide dans la **reconstitution du maillage écologique** au sein des paysages fragmentés.

Les résultats des tests sur l'ensemble des taxons sont en effet unanimes : les bandes enherbées sont de vrais **refuge-habitat** pour les insectes, qu'ils s'agissent d'insectes volants ou d'insectes rampants au sol.

On y trouve une **grande diversité d'espèces entomologiques**, même si elles sont communes à l'échelle nationale ou à l'échelle de la région. La plupart sont **des auxiliaires de cultures** : pollinisateurs ou ennemis de ravageurs qui assurent ce qu'on appelle le **contrôle biologique**.

Parmi les pollinisateurs, les bourdons sont très présents en nombres d'individus et en nombre d'espèces. Des abeilles du genre *Apis* mais également des abeilles sauvages sont très présentes. Parmi les insectes au sol, seuls les carabes ont été étudiés. 80 espèces ont été recensées. Cela constitue une richesse incontestable sur le territoire de Lestrem ; d'autant plus que la plupart sont des agents de lutte biologique. Ils mangent limaces, pucerons, *etc.* et assure ainsi le contrôle des populations de ces ravageurs.

D'autres insectes ont été observés, comme les coccinelles, les staphylins, ou encore les chrysopes également auxiliaires de cultures. Durant les inventaires, des phytophages/ravageurs ont pu être identifiés : des punaises (Miridae), des pucerons, *etc.* Leur présence n'est pas alarmante dans la mesure où **ils constituent la nourriture de leurs ennemis naturels** et assurent ainsi le maintien des populations de carabes.

Pour ce qui est des autres taxons, la richesse spécifique est également importante : 18 espèces de rhopalocères (papillons de jour) et 4 espèces d'odonates (libellules et demoiselles). Ces taxons témoignent de la qualité des milieux par leur simple présence.

De nombreux paramètres ont été testés pour l'étude : la fauche, l'occupation du sol autour des stations, la pratique agricole (labour), *etc.* Tous n'influencent pas la présence des espèces entomologiques. Et s'il y a une influence, elle ne touche pas les espèces de la même manière. Par exemple, les insectes volants semblent plus affectés par la fauche que ne le sont les insectes au sol tels que les carabes.

L'occupation du sol ne semble pas avoir plus d'influence sur les insectes volants que sur les insectes au sol. S'il y a un effet, il est dû à la végétation liée à chaque modalité d'occupation du sol. La diversité végétale a en effet, une influence sur les insectes, surtout sur les volants. **Les butineurs ont besoin de la présence de fleurs.** Pour ce qui est des carabes, un simple **couvert végétal abritant des proies suffit**. Les bandes enherbées doivent être à la fois semées de **dicotylédones et de graminées** pour assurer la présence d'un maximum d'espèces entomologiques : **une diversité floristique pour une diversité entomologique**. Selon cette étude, les fleurs attirant préférentiellement les insectes volants sont la centaurée jaccée, la marguerite commune et le trèfle hybride. Cependant, ce ne sont pas les seules fleurs à attirer cette faune. Les espèces florales doivent être choisies afin de permettre une **floraison étalée tout au long de l'année**, et peuvent être définies selon les attentes des agriculteurs. Cependant, il est évident qu'il n'existe pas un mélange bien spécifique attirant toute les espèces entomologiques du territoire et que cette étude à elle seule ne permet pas de définir avec

précision une composition végétale idéale. Il est important de rappeler que quelle que soit la composition végétale choisie au sein des bandes enherbées, la **gestion de la culture reste primordiale** pour la venue de certaines espèces entomologiques et notamment pour les Carabidae. Il est important de développer des techniques culturales simplifiées, échappant à un labour profond du sol pour limiter la perturbation de tels milieux. Les sols sont essentiels pour assurer le maintien et le développement des populations de carabes. Et cette faune est fondamentale pour la lutte contre les ravageurs comme les limaces ou les pucerons. D'autre part, une réduction de produits phytosanitaires, qui affectent plus les auxiliaires que les ravageurs, pourrait être envisagée. Ce point n'a pas été abordé faute de temps mais il est primordial d'évaluer l'effet de la quantité de ces produits sur l'entomofaune des bords de champs. De plus, la pratique du semis direct implique généralement un apport en grande quantité de produit phytosanitaire par les exploitants afin de limiter l'apparition des adventices dans les cultures. Il est donc essentiel de prendre en compte ce type de facteur.

Pour ce qui est des autres moyens à mettre en œuvre par les agriculteurs, pour augmenter la population et la diversité de ces espèces, plusieurs choses sont à recommander. La fauche des bandes doit être adaptée à la dynamique des populations d'insectes. Les résultats obtenus dans cette étude n'ayant pas été concluants, il serait intéressant de se focaliser sur l'effet de la date de fauche, dans une prochaine étude.

Les insectes constituent incontestablement, un des axes majeur de la réflexion sur la mutation des pratiques agricoles. C'est, en partie, par l'utilisation de leurs services que l'agro-écologie pourra se mettre en place.

# Bibliographie

---

- Amiet, F., Herrmann, M., Müller, A. & Neumeyer, R.** (2001). Fauna Helvetica, Apidae 3, Halictus, Lasioglossum, Centre Suisse de cartographie de la faune, 66p
- Ball, S.G, Stubbs, A.E., Mclean, I.F.G., Morris, R.K.A., Falk, S.J. & Hawkins, R.D.,** 2002. British Hoverflies: an illustrated identification guide, 2nd edition, 469pp. British Entomological and Natural History Society.
- Baars, M. A.,** 1979. Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia*, 41, p. 25-46.
- Barber, H. S.,** 1931. Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 46:259–266.
- Baugnée, J-Y. & Branquart, E.,** 2001. Clef de terrain pour la reconnaissance des principales coccinelles de Wallonie (Chilochorinae, Coccinellinae & Epilachninae). Ed. Jeunes et Nature, 55 p.
- Benton, T.G., Vickery J.A. & Wilson J.D.,** 2003. Farmland biodiversity is habitat heterogeneity the key ?, *TRENDS in Ecology and Evolution* Vol.18 No.4 April 2003.
- Bernard, J.L., Havet, P. & Fort, M.,** 2007. Bandes enherbées : Enjeux, implantation et entretien. Ed. Arvalis, Institut du végétal 40 p.
- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H. & Tscharntke, T.,** 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control, *Proc. R. Soc. B* 273, 1715–1727
- Bouget, C. & Nageleisen, L. M.,** 2009. L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt » (Inv.Ent.For.). *ONF, les dossiers forestiers n°19*.
- Burel, F. & Baudry, J.,** 1999. Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. Paris, éditions TEC & DOC, 1999, 359p.
- Burel, F., Millán de la Peña, N., Butet, A., Delettre, Y. & Morant, P.,** 2003. Landscape context and carabid beetles (Coleoptera : Carabidae) communities of hedgerows in western France, *ECOBIOLOG, CNRS Université de Rennes, Agriculture Ecosystems and Environment* 94. 59–72, accepted 15 January 2002.
- Canévet, C.,** 1992. Le Modèle Agricole Breton : Histoire et Géographie D'une Révolution Agroalimentaire. *Presses Universitaires de Rennes*, Rennes, France.
- Chinery, M.,** 2005. Insectes de France et d'Europe occidentale. Ed. Flammarion, 320 p.
- Cordeau, S.,** 2010. Conséquences de la mise en place des bandes enherbées sur l'évolution de la flore adventice, Université de Bourgogne - Institut National de la Recherche Agronomique.
- CORPEN / Groupe Zones tampons,** 2007. Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. Ministère du Développement Durable, 75 p.

**Colignon, P., Francis, F., Fadeur, G. & Haubruge, E., 2004.** Aménagement de la composition floristique des mélanges agri-environnementaux afin d'augmenter les populations d'insectes auxiliaires, Unité de Zoologie générale et appliquée Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, *Parasitica*, 60(3-4):3-18.

**Dauguet, P., 1949.** Entomologie pratique. Les Coccinellini de France, Editions de l'Entomologiste, 45 p.

**Demarle, R., 2012.** Inventaires des odonates, Compilations des données 2010-2011-2012, 96p.

**Didier, B., 2012.** Relation entre la biodiversité fonctionnelle des végétaux d'une bande enherbée (et de la parcelle agricole correspondante) avec les traits de vie liés à la prédation exercée par les Carabidae auxiliaire de culture, Master 2 Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement - Parcours Fonctionnement et Gestion des écosystèmes, UMR Université de Lorraine – INRA Clomar.

**Digweed, S. C., Currie, C. R., Carcamo, H. A. & Spence, J. R., 1995.** Digging out the "digging-in effect" of pitfall traps: Influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia* 39, 561-576.

**Dodelin, B., 2006.** Ecologie et biocénose des coléoptères saproxyliques dans quatre forêts du nord des Alpes françaises, Université de Savoie – Laboratoire d'écologie alpine (LECA).

**Du Chatenet, G., 2005.** Coléoptères d'Europe, Carabes, Carabiques et Dytique. Volume 1, *Adephaga*, NAP Editions. 625p.

**Duelli, P., 1997.** Biodiversity evaluation in agricultural landscapes : an approach at two different scales. *Agric. Ecosyst. Environ.* 62, 81–91.

**Dupont, P. & Lumaret, J.P., 1997.** Intégration des invertébrés continentaux dans la gestion et la conservation des espaces naturels. Analyse bibliographique et propositions. Ministère de l'Environnement, Paris, 258 p.

**Dylewska, M., 1987.** Die gattung *Andrena* in Nord und Mitteleuropa. *Acta Zoológica cracoviensis*.

**Eggenschwiler, L., Senn M., Ferrari A., Egli A. & Jacot K., 2012.** Attractivité des prairies extensives pour les prédateurs des pucerons, Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, 8046 Zurich, Haute école zurichoise de sciences appliquées. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (2): 96–103.

**Ekroos, J., Hyvonen, T., Tiainen, J. & Tiira, M., 2010.** Responses in plant and carabid communities to farming practises in boreal landscapes, *Agriculture Ecosystems & Environment*, 135(4), 288-293.

**Fletcher, M.G., Axtell, R.C., Stinner, R.E. & Wilhoit, L.R., 1991.** Temperature-dependent Development of Immature *Carcinops pumilio* (Coleoptera: Histeridae), a Predator of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), Department of Entomology, North Carolina State University Raleigh.

**Francis F., Fadeur G. & Haubruge E., 2005.** Effet des tournières enherbées sur les populations de syrphes en grandes cultures, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, Unité d'Entomologie fonctionnelle et évolutive, Gembloux, *Notes fauniques de Gembloux* 2005 56, 7-10.

**Fried G., 2010.** Variations spatiales et temporelles des communautés adventices des cultures annuelles en France, *Acta Botanica Gallica*, 157:1, 183-192.

**Garcin A., Demarle O., Soldati F., 2004.** Agriculture biologique en verger. Les Carabes, indicateurs de biodiversité et auxiliaires généralistes. Infos-Ctifl n° 199, p. 42-47.

**Garcin A., Mouton S., 2006.** Le régime alimentaire des carabes et staphylins. Infos-Ctifl n°218, p. 19-24.

**Garcin, A., Darthout, L., Lochard, G., 2008.** Les carabes en verger de pommier. Des auxiliaires à préserver. Infos-Ctifl n°244, p. 31-35.

**Gotelli, N.J. & Colwell, R.K., 2001.** Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness, in *Ecology Letters*, (2001) 4: 379±391.

**Guilbot, R., 1999.** Les insectes des prairies : un maillon essentiel de l'écosystème prairial, *Fourrages*, 160, 403-416.

**Haarto, A. & Kerppola S., 2007.** Finnish hoverflies and some species in adjacent countries. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu. 647 pp.

**Jeannel R., 1941.** Coléoptères Carabiques, Tome I. Faune de France. 571p.

**Jeannel R., 1942.** Coléoptères Carabiques, Tome II. Faune de France. 600p.

**Jeannel R. & Boca G., 1949.** Coléoptères Carabiques, supplément 51. Faune de France. 51p.

**Kieffer E., 2013.** Etude de la fonctionnalité des corridors humides en lien avec les populations d'odonates, 54p.

**Koivula, M., Kotze, D., Hiisivuori, L. & Rita, H., 2003.** Pitfall trap efficiency: Do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter ?, *Entomologica Fennica* 14, 1-14.

**Lafitte J.J. & Cravero G., 2010.** La généralisation des bandes enherbées généralisation des le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2) : réflexion sur l'impact et la mise en œuvre de cette disposition. Rapports du CGAAER n°1912.

**Lafranchis T., 2009.** Papillons d'Europe, Diatheo. 379p.

**Lafranchis T., 2001.** Les Papillons de jour, de France, Belgique et Luxembourg et leur chenilles, Parthénope Collection, 452p.

**Lalonde O., 2011.** Évaluation de l'abondance relative et de la richesse spécifique des carabes associées à différents systèmes cultureux et travaux de sol, Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval, Québec.

**Langlois D., Gilg O., 2007.** Méthode de suivi des milieux ouverts par les Rhopalocères dans les Réserves Naturelles de France, Révision de la proposition de protocole 2002 de Demerges David et de Bachelard Philippe.

**Larochelle, A., 1990.** The food of carabid beetles Fabrerics supplement 5.

**Lecomte T., Le Neveu C., 1993.** Insectes floricoles et déprise agricole : application à la gestion des réserves naturelles du Marais Vernier (Eure, France), *Inventaire et cartographie des invertébrés comme contribution à la gestion des milieux naturels français*, Actes du séminaire tenu au Mans les 6-7 novembre 1992, Lhonoré J., Maurin H., Guilbot R., Keith P. édit., collection Patrimoines Naturels, vol. 13, Paris, Secrétariat Faune - Flore/MNHN, 118-123,214 pp.

- Leraut P.**, 2003. Le Guide entomologique, Les Guides du Naturaliste (Delachaux et Niestlé). 527p.
- Le Roux, X., Barbault, R., Baudry, J., Burel, F., Doussan, I., Garnier, E., Herzog, F., Lavorel, S., Lifran, R., Roger-Estrade, J., Sarthou, J.P., Trommetter, M.**, 2008. Agriculture et biodiversité Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective. Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA
- Leseigneur L.**, 1972. Coléoptères Elateridae de la faune de France continentale et de Corse. Supplément au Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 379 p.
- Lindroth C. H.**, 1974. Handbooks for the identification of British Insects, Coleoptera Carabidae. Vol. IV Part 2 Royal Entomological Society of London. 148p.
- Lumaret J.P.**, 2010. Pastoralismes & Entomofaune, Association Française de Pastoralisme, Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive.
- Majerus M.**, 1994. Ladybirds. New Naturalist Series, 368p.
- Majerus M., Hemptinne J.L.**, 2005. Les Coccinelles : description, mœurs, reproduction, cohabitation, observation... Ed. Delachaux et Niestlé. 189 p.
- Marie A.**, 2012. Paysage et traits d'histoire de vie chez les coléoptères carabiques, Diplôme d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences Agronomiques, Agroalimentaires, Horticoles et du Paysage, Université de Rennes.
- Marshall E.J.P., Moonen A.C.**, 2002. Field margins in northern Europe : their functions and interactions with agriculture, *Agriculture Ecosystems and Environment* 89 (2002) 5–21.
- Martinez M. & Gauvrit B.**, 1997. Combien y a-t-il d'espèces d'Insectes en France ?, Bulletin de la Société entomologique de France, 102 (4) : 319-332.
- Marty P., Vivien F.-D., Lepart J., Larrère R.**, 2005. Les biodiversités : objets, théories, pratiques, Paris : Éditions du CNRS, 261 p.
- Meriguet B. & Zagatti P.**, 2003. Inventaire Entomologique. OPIE (Office Pour les Insectes et leur Environnement), Parc Forestier Régional de Sevrans, Forêt Régionale de Bondy, Agence des Espaces Verts de la Région Île-de-France. 49p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt**, L'Agriculture dans le territoire, In *Alim'agri*, Juillet 2012 hors-série n°26
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer** en charge des Technologies vertes et des Négociations sur le climat, La généralisation des bandes enherbées le long des cours d'eau (article 52 du projet de loi Grenelle 2) : réflexion sur l'impact et la mise en oeuvre de cette disposition Mai 2010.
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire** (2008), Agriculture et biodiversité : Valoriser les synergies, Expertise scientifique collective - Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA.
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire** (janvier 2010), Grenelle De L'environnement - Plan de mobilisation nationale sur les métiers de la croissance verte, Rapport Du Comité De Filière Biodiversité Et Services Ecologiques, Comité national de pilotage du plan de mobilisation des territoires et des filières sur le développement des métiers de la croissance verte.



**Namaghi H.S. & M. Hussein** (2009), The Effects of Collection Methods on Species Diversity of Family Syrphidae (Diptera) in Neyshabur, Iran, *J. Agr. Sci. Tech. Vol. 11*: 521-526.

**Nicolardot S. et Foy N.**, 2004. Les bandes enherbées : opportunités et contraintes. Chambre d'Agriculture de l'Aube, 7 p.

**Noblecourt T.**, 2001. Une méthode d'échantillonnage des Coléoptères de la frondaison des résineux. Essai comparatif en sapinières régulière et jardinée. Mémoire de DESU, Université Paul Sabatier, Toulouse, 71p.

**Olson Dawn M. & Wäckers F.L.**, 2007. Management of field margins to maximize multiple ecological services, *Journal of Applied Ecology* 2007 44, 13–21.

**Osychnyuk A.Z.**, 1978. Famille des Andrenidae in << G.S. Medvedeva >> SSSR. Traduction par R. KUT, UMH.

**Ouin A., Burel F.**, 2002. Influence of herbaceous elements on butterfly diversity in hedgerow agricultural landscapes, UMR ECOBIO, Université de Rennes 1

**Pallier C., Lalanne C.**, 2005. Introduction à l'analyse des statistiques des données : travaux pratiques avec le logiciel "R". 44p.

**Perner J., Wytrykush C., Kahmen A., Buchmann N., Egerer I., Creutzburg S., Odat N., Audorff V. and Weisser W.**, 2005. Effects of plant diversity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands, *ECOGRAPHY* 28: 429/442, 2005.

**Picault, S.**, 2009. Une approche agro-écologique de la protection des cultures : le projet Biodivleg. Infos-Ctifl n°254, p. 42-47.

**Picault, S.**, 2011. Influence des haies sur la régulation naturelle des mouches en cultures de Brassicaceae. Infos-Ctifl.

**Pollet F.**, 2003. Les bandes enherbées et les zones tampons. *Les Cahiers Techniques de Nature Centre*, 16 p.

**Reboulet J.N.**, 1999. Les auxiliaires entomophages - Reconnaissances, méthodes d'observation, intérêts agronomiques. Ed. ACTA, 135 pages.

**Réserve Naturelle Marais de Lavours**, 2008-2012. Connaître les invertébrés pour préserver les habitats naturels humides.

**Ricard J.M., Boreau De Roince C., Garcin A., Jay M., Mandrin J.F., Lavigne C., Bouvier J.C.**, 2010. Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier (1re partie). Infos-Ctifl n°263, p. 10-15.

**Ricard J.M., Boreau De Roince C., Garcin A., Jay M., Mandrin J.F., Lavigne C., Bouvier J.C., Mille M.**, 2011. Fonctionnalité des arthropodes du sol dans le contrôle des ravageurs du pommier (2<sup>e</sup> partie). Infos-Ctifl n°273, p. 24-29.

**Ricard J.M., Garcin A., Damian-Picollet S., Bousquet L.**, 2007. Biodiversité des arthropodes du sol en verger d'olivier et recherche de prédateurs de la mouche de l'olive. Infos-Ctifl n°229, p. 25-30.

**Ricou G.**, 1985. Recyclage des fèces et faune associée dans les écosystèmes dégradés : pâturage d'altitude et garrigues, Doctorat Ecologie animale, Université de Rennes, 263 p.

**Ricou G.**, 1987. Effet de la pression humaine sur l'entomofaune, *Cahier Liaison DPIE*, vol. 21 (4), 67, 3-5.

**Ricou G.**, 1989. Des insectes, agents fertilisants des prairies, *Insectes*, n074 (3), Ed. OPIE.

**Rotheray G.E.**, 1993. Colour guide to hoverfly larvae (Dipt., Syrph.). Dipt. Digest 9, 158 pp., 16 colour plates. [identification des larves]

**Sauzeau B.**, 2010. Effets de la fragmentation du paysage sur le maintien de la flore des parcelles cultivées, Université de Rennes - UFR Sciences de la Vie et de l'Environnement - Master 2 EFCE.

**Science & Décision**, 2007. La biodiversité dans les zones rurales : comment concilier préservation et activités humaines ? *Dossier Biodiversité des zones rurales*.

**Scohier A., Farruggia A., Lanore L., Dumont B.**, 2012. Un pâturage tournant alternatif conciliant performances animales et préservation des insectes prairiaux, INRA, Unité Mixte de Recherches sur les Herbivores, Theix, Renc. Rech. Ruminants.

**Snyder W.E. & Ives A.R.**, Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid, Department of Zoology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin USA

**Soltner D.**, 2001. Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers. *Collection Sciences et Techniques agricoles*, 24 p.

**Sunderland, K. D., DeSnoo, G. R., Dinter, A., Hance, T., Helenius, J., Jepson, P., Kromp, B., Lys, J. A., Samu, F., Sotherton, N. W., Toft, S. & Ulber, B.**, 1995. Density estimation for invertebrate predators in agroecosystems. *Acta Jutlandica* 70, 133-162.

**Teja T., Alexandra M.K., Andreas K., Ingolf S.D. and Carsten T.**, 2005. AgroecologyLandscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management, *Ecology Letters*, (2005) 8: 857–874, University of Göttingen, Waldweg, Germany

**Teja T., Bommarco R., Clough Y., Thomas O. Crist, Kleijn D., Tatyana A. Rand, Jason M. Tylianakis, Saskya van Nouhuys, Stefan Vidal**, Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale, *Biological Control* 43 (2007) 294–309.

**Terzo M. & Rasmont P.**, (1997. Clé des genres d'apoïdes d'Europe occidentale, 37p.

**Terzo M. & Patiny S.**, 2010. Catalogue et clé des sous-genres et espèces du genre *Andrena* de Belgique et du nord de la France (Hymenoptera, Apoidea), Université de Mons - Laboratoire de Zoologie.

**R. Billeter, J. Liira, D. Bailey, R. Bugter, P. Arens, I. Augenstein, S. Aviron, J. Baudry, R. Bukacek, F. Burel, M. Cerny, G. De Blust, R. De Cock, T. Diekötter, H. Dietz, J. Dirksen, C. Dormann, W. Durka, M. Frenzel, R. Hamersky, F. Hendrickx, F. Herzog, S. Klotz, B. Koolstra, A. Lausch, D. Le Coeur, J. P. Maelfait, P. Opdam, M. Roubalova, A. Schermann, N. Schermann, T. Schmidt, O. Schweiger, M.J.M. Smulders, M. Speelmans, P. Simova, J. Verboom, W.K.R.E. van Wingerden, M. Zobel and P.J. Edwards**, Indicators for biodiversity in agricultural landscapes : a pan-European study, *Journal of Applied Ecology* (2008), 45, 141–150.

**VAN VEEN M. P.**, 2004. Hoverflies of Northwest Europe, identification keys to the Syrphidae. KNNV Publishing, Utrecht, the Netherlands, 254 pp.

**Verlinden L.**, 1994. Faune de Belgique : Syrphidés (Syrphidae). Institut Royal Sc. Nat de Belgique, Bruxelles, 289 p.

**Walter K.R.E. van Wingerden, Arjan J. Griffioen, Marja van der Veen, Marja J.J. van der Straten, Aart P. Noordam, Theodoor Heijerman, Cajo J. F. ter Braak, Henk A.M. Meeuwsen, Henk Timmermans & Felix J.J.A. Bianchi**, 2004. Effects of green veining on natural enemies of invertebrate pest species in leek and sprouts, Wageningen UR, Landscape Centre, Ecological Networks Team, Alterra Green World Research,

**Walter Noël J.M.**, 2006. Méthodes d'étude de la végétation. Méthode du relevé floristique : introduction (Première partie).

**Walter Jean-Michel Noël**, 2006. Méthode du Relevé Floristique, Institut de Botanique – Faculté des Sciences de la Vie – Université Louis Pasteur.

**Dr Wolfgang Dierl & Werner Ring**, 2014. Insectes de France et d'Europe, Guide Delachaux, Ed. Delachaux et Niestlé.

## Webographie

---

<http://www.resogm.org/>

Aide à la détermination des espèces

<http://galerie-insecte.org/galerie/>

<http://www.insectes.org/opie/monde-des-insectes.html>

<http://claudeschott.free.fr/Carabidae/Carabus/Carabidae-liste-planches.html>

<http://zoologie.umh.ac.be/hymenoptera/>

Aide mémoire logiciel R

<http://www.duclert.org/>

# Glossaire

---

*Aphidiphage* : qui se nourrit de pucerons (de la famille des aphidae).

*Auxiliaires de culture* : Ce sont des organismes vivants, prédateurs, parasitoïdes ou micro-organismes soit présents naturellement dans l'écosystème, soit introduits par l'homme comme agents de lutte biologique par exemple.

*Bandes enherbées* : il s'agit d'une zone tampon végétalisées de quelques mètres, qui se trouvent entre les champs agricoles et les fossés de drainage.

*Contrôle biologique* ou *lutte biologique* : Il s'agit de la régulation des populations de ravageurs de culture par l'utilisation de leurs parasites ou prédateurs naturels.

*Diapause* : arrêt temporaire de l'activité ou du développement chez les insectes en hiver ou à la saison sèche ou en cas de carence alimentaire. Il s'agit d'une phase de vie ralentie. C'est une réponse adaptative aux mauvaises conditions environnementales.

*Plante messicole* : plante annuelle à germination préférentiellement hivernale ;

*Plante mellifère* (nectarifère) : plante qui produit du nectar

*Pollinisation* : mode de reproduction des plantes angiospermes et gymnospermes. Il s'agit du processus de transport d'un grain de pollen depuis les étamines (organe mâle) vers le stigmate (organe femelle) soit par autofécondation (concerne une minorité de plantes telles que les légumineuses ou les graminées) soit par fécondation croisée (le pollen d'une fleur se dépose sur les stigmates d'une autre fleur de la même espèce, processus qui fait souvent intervenir un insecte pollinisateur tel que l'abeille ou le bourdon (70 % à 90 % des angiospermes sont pollinisés par une espèce animale).

*Polyphage* : qui se nourrit d'aliments de natures divers. Organisme auxiliaire qui consomme ou qui parasite plusieurs espèces de ravageurs

*Services écosystémiques* : les biens sont produits par les écosystèmes (nourriture, carburants, eau...). Les services sont classés, par l'UICN, en quatre catégories : les services culturels, d'approvisionnement, de régulation et d'assistance. Il s'agit du contrôle biologique des populations de ravageurs, de la pollinisation... Ils sont particulièrement utiles à l'agriculture.