AGROCAMPUS OUEST

☐ **CFR Angers**

☑ **CFR Rennes**

Année universitaire : 2016-2017 Spécialité : Génie de l'environnement Spécialisation (et option éventuelle) : Préservation et aménagement des milieux – Ecologie quantitative	**Mémoire de fin d'études** ☑ d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage ☐ de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage ☐ d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Etude des effets de la mise en place d'éléments agro-forestiers sur les chiroptères et rapaces, prédateurs pouvant jouer un rôle d'auxiliaires, dans un système de grandes cultures à Guînes (Pas de Calais)

Par : Antonin VIGUIER

Soutenu à Rennes le 14/09/2017

Devant le jury composé de :

Président : Didier LE COEUR

Enseignant référent : Yannick OUTREMAN

Autres membres du jury : Alain BUTET, Chercheur CNRS, UMR Ecobio

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

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation

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

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

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

☒ Non ☐ Oui si oui : ☐ 1 an ☐ 5 ans ☐ 10 ans

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

Date et signature du maître de stage [2] : 31/8/2017

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

Droits d'auteur

L'auteur[3] Antonin VIGUIER

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

☒ Oui ☐ Non

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☒ la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

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

Date et signature de l'auteur : le 31/08/17

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

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

☒ Oui ☐ Non

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

Si oui, il autorise

☐ la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

☐ la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

☒ la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant : le 14/09/2017

(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.
(2) Signature et cachet de l'organisme
(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études
(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements

Je remercie tout d'abord la direction du Parc Régional des Caps et Marais d'Opale pour m'avoir permis de réaliser ce stage de fin de cursus dans des conditions de travail agréables.

J'adresse mes sincères remerciements à mon maître de stage Mathieu Boutin qui m'a conseillé, écouté et accordé sa confiance en me laissant une liberté d'action appréciable pour mener cette étude. Un grand merci à Marc Lefebvre pour son accueil et ses convictions sans lesquelles le projet AGROTRAME n'existerait pas aujourd'hui. Egalement à Bernard Rivenet qui m'a autorisé à circuler librement sur ses parcelles.

Je remercie également mon tuteur Yannick Outreman pour son soutien et sa précieuse aide pour naviguer dans les méandres des modèles linéaires généralisés mixtes. J'ai également une pensée particulière pour Didier Le Cœur, il me semble que nos échanges préalables au stage m'ont permis d'avoir plus de recul sur les thématiques abordées.

Je remercie Simon Dutilleul et Vincent Cohez de la Coordination Mammalogique du Nord de la France qui m'ont permis d'effectuer dans une ambiance chaleureuse mes activités de terrain. Simon, je garderai en mémoire la nuit que nous avons passé à observer chasser un des mammifères les plus rares de France probablement dans son habitat naturel d'intérêt communautaire: des canaux éclairés à proximité d'un grand groupe sidérurgique. Je remercie tout particulièrement Margaux Duparcq, Valériane Leman, François Vilain et Constance De Lamarlière pour leur énorme investissement notamment toutes ces soirées d'insomnies volontaires dans les parcelles de Guînes et les nombreux fous rires qui ont animé les semaines de radiopistage à défaut d'avoir la visite des pipistrelles. A ce propos, j'espère cependant que la sombre prophétie de Margaux et Valériane sur l'issue de ce stage ne se réalisera pas.

Je tiens également à remercier les partenaires d'AGROTRAME notamment Benoit Vanhee pour ses conseils.

Merci à toute l'équipe du parc pour votre accueil, notamment à Sébastien Mézière et Philippe Majot qui m'ont apporté leur aide pour recueillir les informations dont j'avais besoin ainsi qu'à Chloé, Anaëlle, Quentin, Antoine, Etienne avec qui j'ai pu vivre de belles choses durant ces 6 mois.

Je remercie les stagiaires avec qui j'ai partagé mon bureau mais également mes soirées : Danaé, Camille, Kévin, Alexandre, Martin, Antoine.

Enfin je remercie de tout cœur les volontaires qui sont venus m'aider lors du radiopistage de chauves-souris et les captures de hérissons sous le ciel étoilé de Guînes.

Sommaire

I. Introduction 1
II. Matériels et méthodes 4
1. Description de l'environnement du projet 4
1.1. Le paysage de la zone d'étude et son intégration dans la Trame Verte et Bleue *4*
1.2. Les caractéristiques de la zone d'étude *5*
1.3. Connaissances sur les populations de chiroptères et rapaces du secteur *7*
2. Protocoles d'étude des chiroptères 7
2.1. Les protocoles d'enregistrements ultrasonores de 2011 à 2017 ..... *7*
2.2. L'étude des déplacements par radiopistage *12*
3. Protocoles de suivis des rapaces 13
3.1. Observations des comportements de chasse *13*
3.2. Récolte des pelotes de rejection sous les perchoirs *14*
3.3. Aperçu des dégâts causés par les micromammifères *14*
III. Résultats 15
1. Résultats sur les chiroptères 15
1.1. Résultats généraux des enregistrements ultrasonores *15*
1.2. Résultats des analyses statistiques propres aux chiroptères *16*
1.3. Résultats de l'étude de radiopistage 2017 ..... *19*
2. Résultats des observations et récoltes de pelotes des rapaces 20
IV. Discussion 20
1. Discussion sur les résultats propres aux chiroptères 20
1.1. Considérations générales sur les analyses statistiques des données acoustiques *20*
1.2. Importance des effets climatiques et temporels. *21*
1.3. Variations de la richesse spécifique *22*
1.4. Variations de l'activité *23*
1.5. Variations du comportement de chasse *25*
1.6. Analyse critique et comparative des résultats de radiopistage de 2017 par rapport à 2016 ..... *26*
2. Discussion sur les résultats propres aux rapaces 28
V. Conclusion 30
Bibliographie 32

Webographie 36
ANNEXE I : Contexte général du mémoire 37
ANNEXE II : Photographies de la zone d'étude 38
ANNEXE III : Tableau du total de contacts par espèce obtenu avec les deux enregistreurs D500X en 2017 41
ANNEXE IV : Cartographie du radiopistage en 2016 42
ANNEXE V : Proportion des différents micromammifères identifiés dans les pelotes en 2017 43
ANNEXE VI : Scripts R, Résultats détaillés et graphiques ayant servi à la validation des modèles statistiques. 44

Tableaux

Tableau 1 : Colonies de chiroptères connues à proximité de la zone d'étude (source CMNF) . 7
Tableau 2 : Liste des 17 espèces de chiroptères contactées sur l'ensemble du projet 15
Tableau 3 : Synthèse des résultats des modèles statistiques sur les données acoustiques 16
Tableau 4 : Synthèse du suivi des Pipistrelles communes équipées 19
Tableau 5 : Synthèse des observations de rapaces 20

Figures

Figure 1 : Cartographie de la Trame verte et bleue sur le secteur de Guînes…….4
Figure 2 : Carte de l'occupation du sol, des aménagements et de la délimitation des sites étudiés…….6
Figure 3 : Plans d'échantillonnage des enregistrements de chiroptères ……8
Figure 4 : Plans d'échantillonnage des observations et pelotes de rapaces……..13
Figure 5: Evolution de l'activité de 2011 à 2013……..16
Figure 6: Comparaison de la richesse spécifique selon le milieu de 2011 à 2013……16
Figure 7 : Comparaison de l'activité selon le milieu (2015-2017)……...17
Figure 8 : Comparaison de la richesse spécifique selon le milieu (2015-2017)……...17
Figure 9 : Comparaison de la probabilité de chasse selon le milieu (2015-2017)……17
Figure 10 : Comparaison de l'activité selon le milieu (2017)……...18
Figure 11 : Comparaison de la richesse spécifique selon le milieu (2017)…….....18
Figure 12 : Comparaison de la probabilité de chasse selon le milieu (2017) …….....18
Figure 13 : Cartographie des localisations du radiopistage……..19

I. Introduction

L'intensification et l'homogénéisation des systèmes de production en agriculture ont conduit à la disparition progressive des éléments semi-naturels qui est l'une des causes de la perte massive de la biodiversité agricole ces dernières décennies (Michel *et al*. 2006 *in* Morin, 2013). Ces espaces non cultivés, interstitiels tels que les haies, talus, bandes enherbées, bosquets, mares et ruisseaux servent en effet de refuges, d'habitats et de voies de déplacement pour de nombreuses espèces (Expertise scientifique collective Inra, 2012). En France, c'est 600 000 km de haies qui ont été détruites entre la fin des années 70 et les années 80, soit la moitié du linéaire de l'époque (Baudry & Join, 2003). La Trame Verte et Bleue qui s'articule avec d'autres politiques environnementales dans le cadre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité est un outil visant à préserver et restaurer les continuités écologiques constituées entre autres par les éléments semi-naturels des espaces agricoles (MEDDE, 2011). Parallèlement, la réponse de l'agriculture aux dégâts des ravageurs de cultures reste encore très majoritairement l'application de produits phytosanitaires dont l'impact sur les écosystèmes et la santé humaine constitue un enjeu majeur (Pimentel *et al*. 1978 *in* Kunz *et al*., 2011) et qui sont à l'origine de mécanismes de résistance chez de nombreuses espèces cibles (World Ressources Institute 2009 *in* Kunz *et al*., 2011). Face à ces constats de nouvelles pratiques ont émergé, la lutte biologique par conservation est l'une d'entres elles. Elle rassemble « toutes les méthodes qui permettent d'augmenter des populations d'organismes indigènes, par exemple en modifiant l'environnement ou les pratiques agricoles » (Study, 2010). Ces méthodes reposent sur l'idée d'un contrôle des ravageurs en arrière-plan réalisé par l'assemblage de nombreux prédateurs généralistes qui amènent à promouvoir une meilleure gestion des éléments semi-naturels autour des parcelles et de la diversification agricole. Ces prédateurs sont qualifiés d'auxiliaires des cultures c'est-à-dire « des organismes vivants utilisés pour contrôler ou éliminer des ennemis d'organismes à protéger, souvent des plantes d'intérêt agronomique » (Study, 2010). Bien qu'il s'agisse assez rarement de vertébrés (Jay, 2000), les rapaces et chauves-souris sont également cités dans la littérature.

Les rapaces diurnes et nocturnes sont d'importants consommateurs de micromammifères. Ces proies constituent l'essentiel de leur régime alimentaire, de 72 à 96 % pour les rapaces en Europe (Jay, 2000 ; Gensbol 1988 *in* Butet, 2010). La consommation peut ainsi varier de 900 à 2000 proies/individu/an selon l'espèce et parmi elles les campagnols terrestre et des champs ainsi que la taupe, ravageurs connus des cultures, occupent une grande part (Jay, 2000 ; Géroudet, 2006).

Le groupe des chiroptères est moins connu et les études sur leur possible rôle d'auxiliaire plus récentes. Dans le monde, les deux tiers des 1232 espèces consomment des arthropodes (Kunz et *al*., 2011), les 34 espèces françaises sont toutes insectivores (Dietz & Kiefer, 2014) évoquent des consommations d'insectes de l'ordre de 25 % du poids de la chauve-souris par nuit d'après des études en captivité et considèrent que dans la nature les besoins sont plus élevés. Les ravageurs les plus destructeurs en agriculture ont été retrouvés dans les fèces de ces animaux, principalement des papillons nocturnes, des diptères et des hémiptères. La majorité des études sur le sujet ont été conduites en Amérique du nord (Cleveland *et al.*, 2006; Whitaker *et al*., 2005 ; McCracken, 2012; Kunz, *et al*., 2011; Clare *et*

al., 2009; Williams-Guillén *et al*., 2008) et Amérique du Sud (Karp & Daily, 2014; Morrison & Lindell, 2012; Kalka *et al*., 2008) d'autres en Thaïlande (Wanger *et al*,. 2014; Leelapaibul *et al*., 2005). En Europe, rares sont les études traitant du sujet. Jay *et al.*, (2012) ont montré que les Pipistrelles de Kulh (*Pipistrellus kuhlii*) et pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) consomment le Carpocapse de la pomme (*Cydia pomonella*) et la Tordeuse orientale (*Grapholita molesta*) qui ravagent les pommiers au sud d'Avignon. Deux autres publications du CTIFL (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes) auquel appartiennent les auteurs ont montré une prédation sur la mouche de l'olive et le ravageur émergent *Metcalfa pruinosa* (Jay *et al.* 2005 *in* Jay *et al.*, 2012). Dans le delta de l'Ebre en Espagne, Puig-Montserrat *et al.* (2015) ont démontré que la Pipistrelle pygmée consomme la Pyrale du riz (*Chilo supressalis)*, ravageur mondial. En contexte forestier, Charbonnier (2014) a mis en évidence l'important potentiel de prédation des chauves-souris sur la chenille Processionnaire du Pin (*Thaumetopoea pityocampa*) dans les Landes. La plupart de ces travaux visent à identifier les ravageurs cibles dans le guano des animaux, certains ont établi des liens entre l'activité des chiroptères (nombre de contacts ultrasonores par unité de temps) et les densités ou à minima les périodes d'abondance connues des ravageurs (Puig-Montserrat *et al*., 2015; Charbonnier, 2014). Enfin quelques études ont exclu les chiroptères à l'aide de filets sur les cultures et comparé les dégâts à une situation de contrôle (Kalka *et al*., 2008; Williams-Guillèn *et al*., 2008; Morrison & Lindell, 2012 ; Karp & Daily, 2014).

L'ensemble de cette littérature montre que les rapaces et les chiroptères consomment des ravageurs de culture mais dans des proportions variables selon les situations et avec une diversité d'autres proies, le niveau de régulation est souvent très difficile à évaluer. Ils permettraient de limiter une partie des dégâts quand leurs densités sont suffisantes (Puig-Montserrat *et al.*, 2015; Charbonnier, 2014; Kalka *et al.*, 2008 ; Williams-Guillén *et al.*, 2008, Jay, 2000).

Quelle que soit l'ampleur de la régulation des ravageurs, la première condition pour qu'elle ait lieu est la venue de ces animaux sur les parcelles agricoles qui répond également à des problématiques de conservation non moins importantes. A ce titre, l'hétérogénéité du paysage rural est fréquemment citée comme le facteur principal pour maintenir une abondance et une diversité d'espèces de rapaces (Michel *et al.*, 2006 *in* Morin, 2013; Tomé, 2011) et de chiroptères (Vaughan *et al.* 1997 *in* Kalka *et al.* 2008). Les haies et arbres isolés offrent des perchoirs pour la Buse variable (*Buteo buteo*), le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) et les rapaces nocturnes (Géroudet, 2006). Des espèces ne chassant pas à l'affût comme les busards exploitent également de façon privilégiée les bandes enherbées où les proies sont souvent plus visibles que dans les cultures (Jacob *et al*., 2010). Butet *et al*. (2010) ont ainsi montré une régression des effectifs de Buses variable et de Faucons crécerelle d'une extrémité à l'autre d'un gradient d'intensivité de l'agriculture en Bretagne.

Il est également établi que les plaines céréalières sont parmi les milieux les plus pauvres en chauve-souris; « Une vaste zone d'Openfield est une barrière quasiment infranchissable » affirment Arthur & Lemaire (2009). La dépendance des chauves-souris aux linéaires végétalisés s'expliquerait par leur fonction de repères spatiaux, la protection qu'ils apportent contre le vent et les prédateurs, ainsi que les proies qu'ils concentrent (Merckx *et al.*, 2009 *in* Boughey *et al.* 2011). De nombreuses études ont identifié les haies et alignements d'arbres comme particulièrement importants pour les chiroptères en tant que corridors, zones

de chasse voire comme opportunité de gîter en milieux agricole (Kalda *et al.,* 2015). Cependant les caractéristiques structurales de ces linéaires qui affectent les chiroptères sont peu connues (Boughey *et al.* 2011). Il faut également nuancer l'importance de ces structures selon les espèces. On attribue aux Rhinolophes, Oreillards et à certains Murins une plus forte dépendance aux linéaires qu'à des espèces volant à distance de la végétation comme les noctules, Sérotines et les Pipistrelles (Arthur & Lemaire, 2009 ; Dietz & Kieffer, 2014). Enfin, la fréquentation des cultures par ces prédateurs dépend avant tout des populations présentes sur la zone ce qui suppose des espaces « sources » à proximité des champs où les rapaces peuvent nicher et les chiroptères gîter.

La mise en place de structures végétalisées par un agriculteur, M. Lefebvre, avec l'assistance du Parc Régional des Caps et Marais d'Opale (PNR-CMO) dans un openfield situé entre une forêt et un marais constitue un site d'expérimentation adapté pour étudier la complexité de ces questions de recolonisation de la biodiversité en milieu agricole. Les bandes enherbées, haies et alignements agro-forestiers implantés récemment au sein de parcelles de grandes cultures à Guînes (62) permettent-ils une meilleure utilisation de ces dernières comme zones de chasse et corridor écologique par les chauves-souris et rapaces potentiellement auxiliaires des cultures ?

Ces travaux s'intéressent ainsi à la fréquentation, au type d'activité (chasse ou simple transit) et à la richesse spécifique des chauves-souris et rapaces sur un ensemble de parcelles où des aménagements ont été mis en place en le comparant aux zones de cultures voisines. La question de l'évolution dans le temps de ces paramètres sur le site expérimental (site atelier aménagé) est également posée. Les hypothèses sont que des améliorations notables soient constatées dans le temps sur ces trois aspects et que le site expérimental se démarque ainsi de son environnement proche en tant que zone attractive pour les taxons concernés. Nous décrirons la zone d'étude dans son contexte paysager et les différents protocoles qui ont été adaptés depuis le début du projet afin de répondre au mieux aux différentes questions posées. Nous présenterons ensuite de manière synthétique les principaux résultats issus d'analyses statistiques portant sur 6 années d'étude des chiroptères ainsi que les résultats de cette année pour les rapaces et chiroptères. Enfin nous discuterons ces résultats au regard de la bibliographie et proposerons des pistes de réflexions pour la suite à donner au projet.

II. Matériels et méthodes

1. Description de l'environnement du projet

1.1. Le paysage de la zone d'étude et son intégration dans la Trame Verte et Bleue

La zone d'étude est située sur la commune de Guînes dans le département du Pas-de-Calais (62), à environ 7,5 km au sud de Calais. Au nord s'étend la plaine maritime flamande, au sud le Haut Artois. Il s'agit de parcelles de grandes cultures au sud de la ville de Guînes entre deux entités écologiques que l'on peut qualifier de « zones sources de biodiversité » : la forêt domaniale de Guînes au sud-ouest et le marais de Guînes au nord-est. La mise en place de linéaires d'éléments « semi-naturels » orientés sur l'axe nord-ouest/sud-est devrait permettre, pour certains taxons, l'établissement d'un corridor écologique entre ces deux tâches au sein de la matrice agricole pour reprendre les concepts propres à l'écologie du paysage (Burel & Baudry, 2003). Ce corridor à restaurer dans le cadre de la trame verte et bleue est cartographié dans le SRCE (Schéma Régional de Cohérence Ecologique) établi par le conseil régional du Nord-Pas-de-Calais (http://www.nord.gouv.fr). Remarquons cependant que la ville de Guînes au sud du marais et la ligne TGV qui longe la lisière nord de la forêt de Guînes constituent des ruptures pérennes non négligeables dans la continuité du corridor. Le FSD (Formulaire Standard de Données) de la ZNIEFF de la forêt de Guînes souligne d'ailleurs que « le tracé du TGV (…) tronque la valeur d'écotone du massif » (https://inpn.mnhn.fr). Les autres infrastructures présentes dans le secteur devraient avoir un impact secondaire puisqu'il s'agit de chemins ruraux et de quelques routes départementales orientées parallèlement au corridor potentiel.

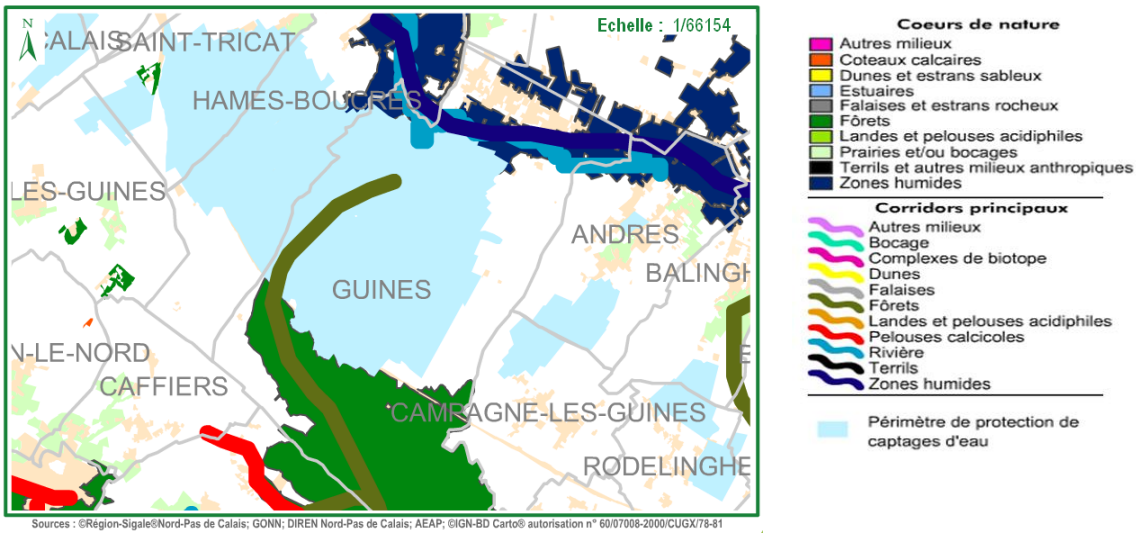


Figure 1 : Cartographie de la Trame verte et bleue sur le secteur de Guînes (source : http://www.sigale.hautsdefrance.fr).

Le marais de Guînes contient une partie en ENS (Espace Naturel Sensible) appartenant au département du Pas-de-Calais dont EDEN62[1] est gestionnaire. Cette cuvette marécageuse de 139 ha est composée d'étangs, de roselières, mégaphorbiaies, prairies humides et bois marécageux. Cette ZNIEFF de type 1[2] abrite également des tourbières alcalines, habitat d'intérêt patrimonial qui justifie l'existence d'une zone Natura 2000 en son sein.

La forêt domaniale de Guînes s'étend sur 804 ha, elle est gérée par l'ONF (l'Office National des Forêts). Elle a pour vocation première de produire du bois d'œuvre (futaie régulière). Elle est également répertoriée comme ZNIEFF de type 1 mais n'inclut aucun site Natura 2000, elle est qualifiée d'homogène et avec une diversité floristique restreinte compte tenu de sa surface d'après le FSD de l'INPN (https://inpn.mnhn.fr).

1.2. Les caractéristiques de la zone d'étude

Différents agriculteurs se partagent les parcelles situées dans la zone de transition entre la forêt et le marais. Il s'agit uniquement de grandes cultures qui varient selon les années avec les rotations : blé, orge, escourgeon, avoine, maïs, colza, lin, féverole, pomme de terre, poireau, petits pois, betterave. Ce paysage d'openfield comporte dans son ensemble peu d'éléments semi-naturels : aucune zone humide et des structures végétales absentes ou éparses. La grande majorité des haies présentes a été mise en place durant les projets AGRICOBIO et AGROTRAME par Marc Lefebvre avec l'assistance du PNR-CMO sur ses terres.

Le « site atelier » dont il est question dans cette étude est formé par les parcelles de Marc Lefebvre où des aménagements ont été instaurés. Il s'agit des parcelles « Bien assise », « Portelettes » et « Odelettes » entourées en vert sur la carte qui suit (Fig.2), l'ensemble s'étend sur 55 ha (sur les 190 ha exploités par l'agriculteur). La densité de haies et d'alignements agro-forestiers (plantations au sein des cultures, encore jeunes) est d'environ 154m/ha. Certaines parcelles et espaces semi-naturels (bois, marais) étaient à l'origine étudiées dans le projet AGRICOBIO (2011-2013). Ces zones ont été exclues afin de diminuer la surface concernée par l'étude. Le site témoin choisi en 2017 pour le protocole d'enregistrements acoustiques des chiroptères (cf. II.2.1.2) qui est délimité en bleu ciel sur la figure 2 a une densité de haies et bosquets bien inférieure au site atelier, environ 25m/ha.

Des photographies des différents éléments paysagers sont consultables en Annexe I.

[1] *EDEN 62 est un syndicat mixte créé par le Département du Pas de Calais qui assure la mise en œuvre d'actions de gestion, d'aménagements, d'animation et de valorisation des espaces sensibles.*

[2] *ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique), de type 1 : secteur de grand intérêt biologique ou écologique (INPN, 2017 : https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation).*

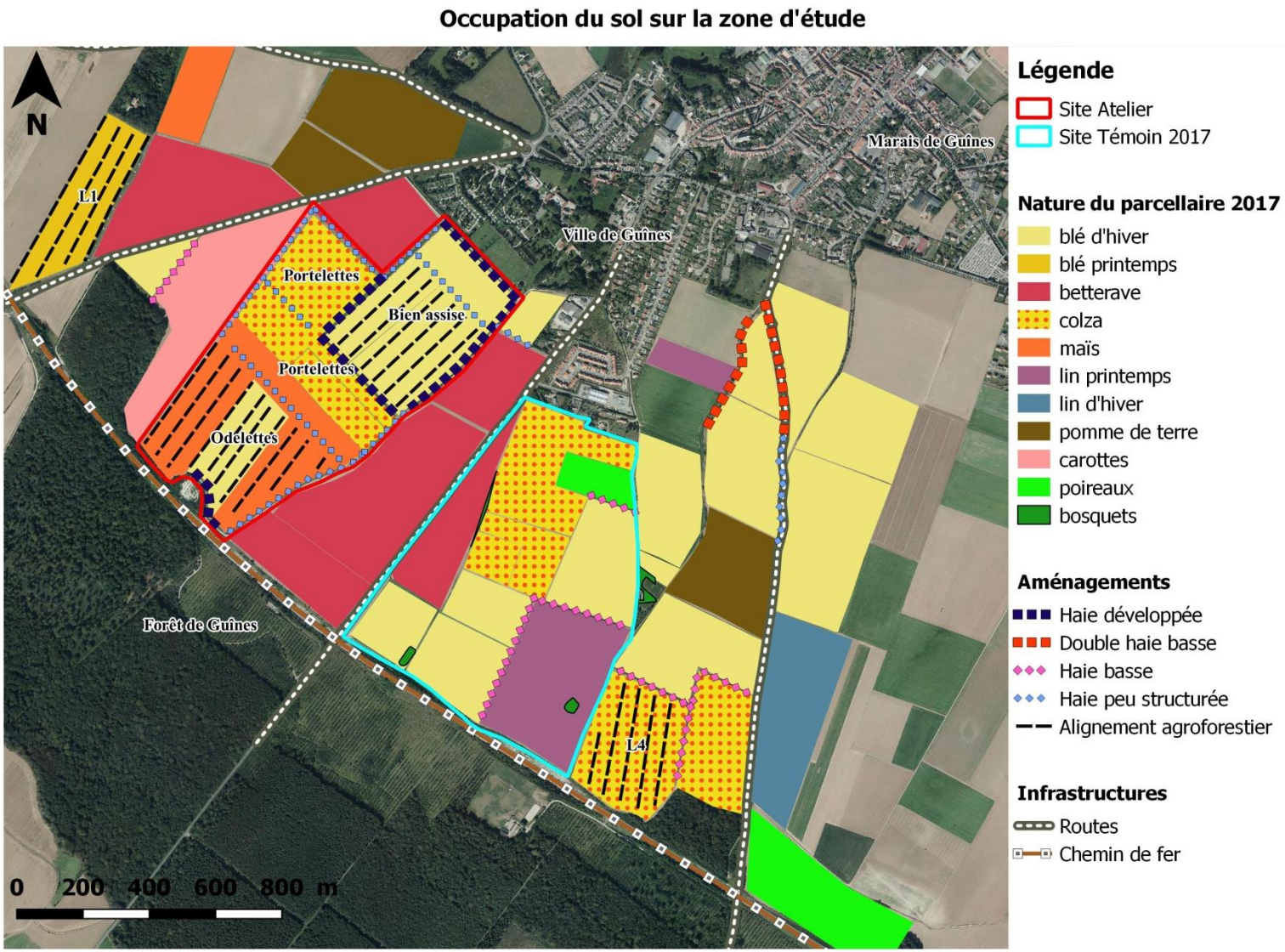


Figure 2 : Carte de l'occupation du sol, des aménagements et de la délimitation des sites étudiés

1.3. Connaissances sur les populations de chiroptères et rapaces du secteur

Les effectifs de chiroptères dans les deux espaces naturels ne sont pas connus. Aucune espèce de chiroptère ne figure dans le FSD de la forêt de Guînes. Dans le marais de Guînes, 11 espèces ont été inventoriées (Marquer, 2011).

Des colonies de Pipistrelles communes sont présentes en forêt de Guînes et au Château de l'Ermitage (minimum 40 individus) au nord du site atelier. Les individus suivis pour l'étude de radiopistage provenaient d'une colonie d'au moins 184 Pipistrelles communes. Une colonie de 64 Murin à moustache a été trouvée en forêt de Guînes l'année dernière. Une ferme à quelques centaines de mètres du site hébergeait 7 à 11 Murins de Natterer l'an passé.

Les colonies plus éloignées de la zone d'étude mais dont les chiroptères pourraient venir chasser sont listées dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 : Colonies de chiroptères connues à proximité de la zone d'étude (source CMNF)

Commune	Espèce	Effectif	Distance (vol direct)
Ardres	Murin à oreilles échancrées	140 + 16	9 km
	Grand Rhinolophe	40	
Holque	Murin à oreilles échancrées	126	25 km
Muncq-nieurlet	Murin à oreilles échancrées	50	19 km

Les effectifs de rapaces nicheurs sur le secteur ne sont pas connus, il n'y a seulement que des données d'observateurs. Les espèces recensées sont principalement la Buse variable et le Faucon crécerelle. Le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*) niche dans le marais de Guînes (https://inpn.mnhn.fr).

2. Protocoles d'étude des chiroptères

2.1. Les protocoles d'enregistrements ultrasonores de 2011 à 2017

2.1.1. Principes généraux des études acoustiques

Les appareils utilisés sont des enregistreurs à ultrasons automatiques D500X fabriqués par Peterson (http://www.batsound.com).Ce sont des enregistreurs de longue durée qui permettent de recueillir des données de contacts des chauves-souris durant une nuit entière. Ils sont largement utilisés pour ce type d'étude qui vise à récolter un maximum d'informations afin de quantifier la fréquentation des chiroptères pour établir des comparaisons sur le moyen terme. Les D500X sont équipés d'un système de déclenchement afin de démarrer un enregistrement quand un signal correspondant au paramétrage est détecté. Ces détecteurs captent les sons sur 360° bien que ceux arrivant face au micro soient mieux perçus.

Les enregistrements de 5 secondes obtenus sont ensuite analysés avec le logiciel. Batsound 4.12© (http://www.batsound.com). Les ultrasons sont représentés sous forme de spectrogrammes qui ont des fréquences et formes plus ou moins différentes selon les espèces et l'activité des animaux (transit ou en chasse). Différentes mesures sur ces signaux

permettent ainsi dans la plupart des cas une identification à l'espèce. La méthode d'analyse utilisée est celle développée par Michel Barataud (Barataud, 2015).

2.1.2. Les plans d'échantillonnage des différentes années

Cette méthode de suivi a été mise en œuvre depuis 2011 à Guînes. Cependant, l'échantillonnage a été modifié à deux reprises nécessitant des analyses statistiques distinctes selon les années.

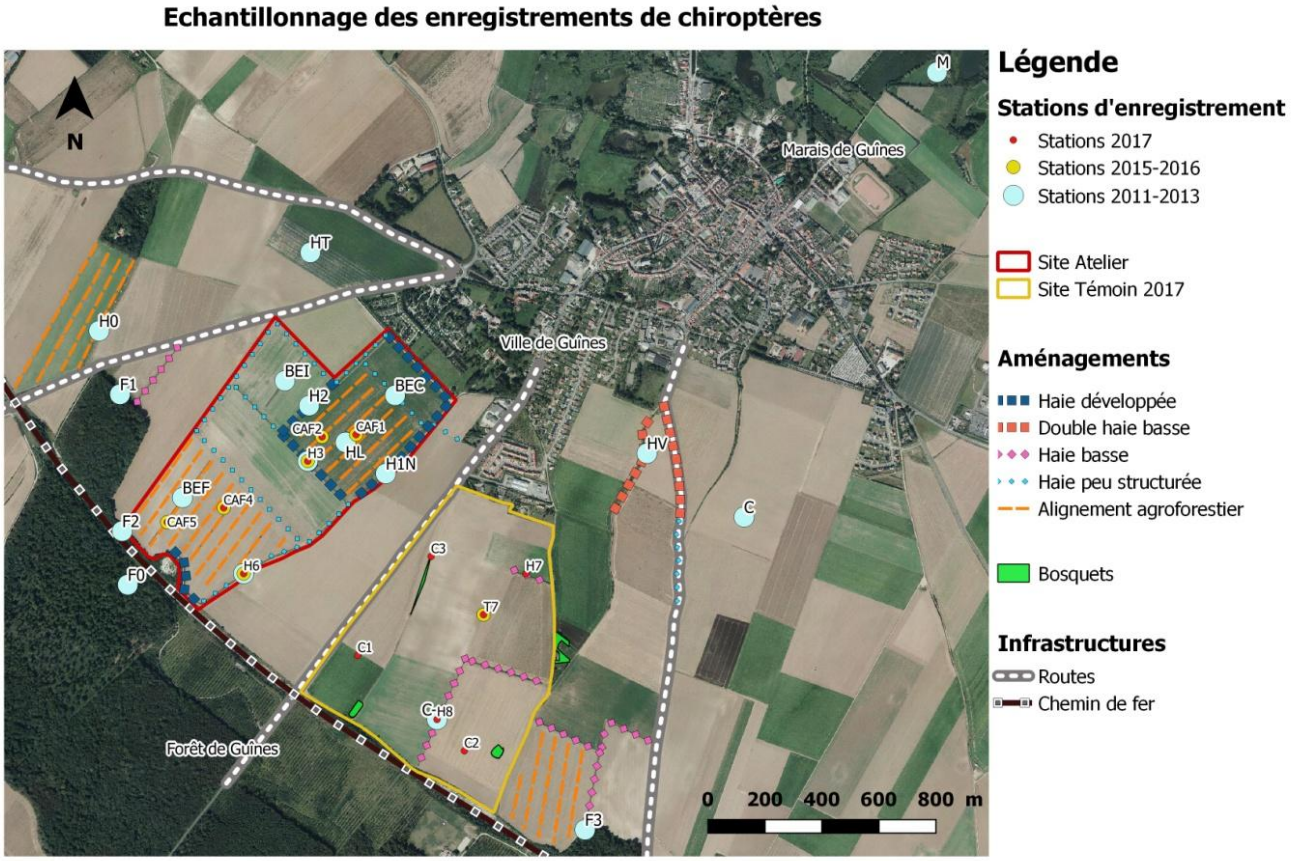


Figure 3 : Plans d'échantillonnage des enregistrements de chiroptères

De 2011 à 2013 (projet AGRICOBIO), les objectifs étaient multiples puisqu'il s'agissait déjà de comparer la fréquentation des parcelles aménagées à des témoins mais également de réaliser un état des lieux des populations de chiroptères présentes dans la zone d'étude élargie aux bordures des deux zones sources : forêt et marais de Guînes. Ainsi l'échantillonnage était constitué de 18 stations d'enregistrements en bleu clair sur la figure 3 : 7 situés dans des champs (BEC, BEF, BEI, C, HO, HL, HT), 6 sur des haies (C- , H1N, H2, H3, H6, HV), 4 en lisières forestières (F0 à F3) et une en prairie humide (M).

De 2015 à 2016 (projet AGROTRAME), il a été décidé de recentrer l'échantillonnage au sein du site atelier afin d'obtenir un volume de données plus important sur ce site d'intérêt pour l'étude et de tester de manière plus précise l'utilisation des différents types d'aménagements : haies et alignements agro-forestiers qui venaient d'être plantés (hiver 2013-2014). Cet échantillonnage est donc composé de 7 stations d'enregistrement en jaune sur la

figure 3 : 2 sur des haies (H3, H6), 2 sur des lignes agro-forestières (CAF2, CAF5) et 2 dans les entre-lignes (CAF1, CAF4). Un point d'échantillonnage (T7) a été laissé à l'extérieur du site atelier pour tenter de mieux interpréter les variations d'activités causées par des conditions météorologiques variables entre les différentes nuits d'échantillonnage.

En 2017, après considération des résultats obtenus les années précédentes et analyse de ces données par des méthodes statistiques différentes, l'échantillonnage a été à nouveau modifié. Ce dernier conserve les 7 stations des années précédentes, avec un même nombre de données collectées, afin d'assurer une continuité des données acquises sur le site atelier pour une analyse temporelle. Cependant il inclut également un échantillonnage comparable sur un site témoin aux environs de T7 portant à 12 le nombre de stations. Il y a deux points le long de haies qui sont discontinues dans l'orientation du corridor (H8, H7), contrairement aux haies échantillonnées sur le site atelier, et quatre points en plein champ (T7, C1, C2, C3) sauf C3 qui est dans un talweg légèrement boisé que les chiroptères sont susceptibles de suivre. Ces points ont été positionnés pour être les plus représentatifs des deux zones comparées et à distances équivalentes des haies présentes, de la lisière de la forêt de Guînes et du marais de Guînes. L'objectif prioritaire étant de pouvoir tester l'intérêt du site atelier pour les chiroptères par rapport à un site témoin pauvre en structures végétales, en d'autres termes vérifier l'efficacité de l'ensemble des aménagements du site atelier pour ce taxon.

De 2011 à 2013, compte tenu du nombre important de stations, ces dernières n'ont été enregistrées qu'une ou deux nuits complètes par an.

De 2015 à 2017, trois cycles d'enregistrements espacés ont été conduits de mi-juin à mi-août ce qui fait donc trois nuits complètes d'enregistrements pour chaque station par an. Cette pression d'échantillonnage semble suffisante si l'on se réfère aux travaux de Haquart (2013) qui recommande un minimum de 6 nuits d'enregistrements pour une surface équivalente aux parcelles agro-forestières où 9 nuits sont totalisées sur une saison.

2.1.3. Les conditions d'enregistrement

Pour les enregistrements au niveau des haies et alignements agro-forestiers, les appareils ont été placés le long de l'élément en question avec le micro orienté parallèlement au linéaire afin de détecter au mieux les chauves-souris longeant la structure. Le micro était orienté de façon aléatoire lorsque le point se situait en plein champ. Les conditions d'enregistrements sont restées identiques sur l'ensemble des données collectées depuis 6 ans. Les contraintes météorologiques suivantes ont été vérifiées sur le site météo-ciel (http://www.meteociel.fr) et respectées dans la mesure du possible :

- Température minimale de 10°C (activité des insectes très limitée en dessous de 6-9°C)
- Pas de précipitations
- Vitesse du vent < 20 km/h.

Les chiroptères sont connus pour être moins actifs les nuits trop froides ou ventées (Arthur & Lemaire, 2009). La plupart des espèces supportent des précipitations modérées, cependant celles-ci peuvent dégrader le matériel d'enregistrement. Les contraintes citées sont prises en compte par la majorité des études chiroptérologiques.

2.1.4. Les données recueillies

Pour chaque nuit d'enregistrement, les conditions météorologiques, les températures à 23h et 5h ainsi que la durée totale de la nuit (du lever au coucher du soleil) ont été relevées sur le site météo-ciel (http://www.meteociel.fr/). Les différentes classes de conditions météorologiques correspondent au croisement des catégories de couverture du ciel : ciel clair, couverture nuageuse ou légères précipitations (qui n'ont pas pu être évitées pour de rares données) et de vitesse moyenne du vent : absence, faible (≤ 10 km/h), modérée (> 10 km/h et ≤ 15km/h), relativement élevée (> 15 km et ≤ 20km/h avec possibles rafales ≤30km/h pour quelques données).

La donnée brute obtenue par nuit est un ensemble de fichiers de 5 secondes correspondant chacun à un ou plusieurs contacts. A chaque contact correspond une espèce, une heure et un type d'activité. Les différents types d'activité sont reconnus sur des critères de rythme et de formes des signaux :

- Le transit qui est un déplacement sans recherche de nourriture. Les signaux sont relativement éloignés les uns des autres et la largeur de bande des signaux est généralement assez courte.
- La recherche active de proies. Le rythme d'émission des signaux est rapide, ces derniers sont donc rapprochés. Les signaux ont une largeur de bande plus importante et une durée plus courte qu'en simple transit.
- Le buzz correspond de façon certaine à une capture d'insecte. Un buzz est facilement reconnaissable par des signaux très rapprochés avec des durées très courtes et des largeurs de bande très importante ainsi qu'à l'absence d'émissions sonores qui le suit (consommation d'une proie).

Ces données ont permis d'obtenir trois variables distinctes pour chaque nuit échantillonnée qui ont fait l'objet des analyses statistiques présentées à la fin de cette partie :

- La richesse spécifique pour chaque nuit. Il est à noter que l'analyse des ultrasons ne permet pas toujours une identification de l'espèce du fait des recouvrements de fréquences d'émission. De ce fait, un contact pouvant correspondre à deux espèces (Pipistrelle de Kuhl ou Pipistrelle de Nathusius) a contribué à augmenter d'une espèce la richesse spécifique seulement si aucune des espèces concernées n'a été enregistrée pendant la nuit.
- La variable « Activité » pour chaque nuit. Elle ne doit pas être confondue avec le type d'activité (chasse ou transit). Cette unité qui se mesure en nombre de contacts par unité de temps sert de référence pour la très grande majorité des études (Haquart, 2013). Elle peut être calculée en nombre de contacts par heure ou en minutes positives. La première méthode a été utilisée car bien que plus sensible aux biais liés aux outils de détection, elle est plus précise et s'avère mieux adaptée aux études sur le moyen/long terme comme ce projet (Barataud, 2015). L'activité ne permet pas de dénombrer les individus présents (seuls des comptages en gîtes hivernaux et estivaux permettraient d'avoir une estimation). Elle donne en revanche une bonne idée de la fréquentation et donc de l'intérêt de la station d'écoute pour les chiroptères (Barataud, 2015). Elle s'affranchit de la durée de la nuit et peut s'appliquer à n'importe quelle échelle spatiale

- Le type d'activité d'une chauve-souris pour chaque contact. Cette variable binaire prend la valeur 1 si le contact est de type « recherche active » ou « buzz », elle est nulle si c'est un contact de type « transit ». Elle aboutit à une probabilité de chasse.

2.1.5. Analyses statistiques des données acoustiques des chiroptères

Des modèles statistiques ont été utilisés via le logiciel R (*R Core Team*) pour analyser les données propres aux chiroptères, celles des rapaces n'en n'ont pas fait l'objet du fait de la nature et du faible nombre des données obtenues.

Les échantillonnages de 2011 à 2013 et de 2015 et 2016 ont été établis pour des objectifs distincts : comparaison du site atelier à l'ensemble de son environnement pour la première période, comparaison des aménagements au sein du site atelier pour la seconde. Les données de 2017 permettent de compléter celles des deux années précédentes (en excluant les nouvelles stations d'écoute) et également de tenter de déceler des différences entre le site atelier et un site témoin plus restreint qu'en 2011-2013. Cette dernière analyse, réalisée uniquement sur l'année 2017 (n= 36) n'a pas fait l'objet de modèles statistiques étant donné les nombreuses sources de variabilité qui ont été constatées. Seules deux stations d'écoute ont été conservées de 2011 à 2017 ne permettant pas de tirer des conclusions sur l'évolution depuis 6 ans. Ainsi les deux périodes sont analysées séparément.

Trois modèles ont été construits pour chacune des deux périodes de 3 ans afin d'expliquer les variations des trois variables réponses : « activité », « richesse spécifique » et «type d'activité» qui sont présentées à la section III.1.2. Les variables explicatives sont communes à l'ensemble des modèles à l'exception de la dernière :

- Le mois et l'année rassemblés en un facteur
- Les conditions météorologiques (cf. II.2.1.4) en facteur
- La température à 23H en Co-variable (celle à 5H n'a pas été utilisée car très corrélée à la première mesure).
- La variable « milieu », facteur correspondant à l'environnement de la station d'écoute : Pour les données de 2011 à 2013 les modalités sont : « haie », « champ » (grandes cultures), « forêt » et « prairie humide ».
  Entre 2015 et 2017 les modalités sont : « haie », « lignes agro-forestières», « entre-lignes » (grandes cultures).
- La variable « zone **»,** facteur qui n'est utilisé que pour les données de 2011 à 2013 et 2017. Les modalités sont : « Corridor supposé », « Extérieur du corridor » et « Cœur de nature » de 2011 à 2013 et « site atelier »/ « site témoin » en 2017.

Pour les deux périodes, les stations d'écoute ont été fixées d'année en année et également pour les répétitions au sein d'une même année. Les données ainsi obtenues sont dîtes longitudinales car la variable réponse est mesurée de façon répétée au cours du temps sur les mêmes stations d'enregistrement. Cet appariement des données doit être pris en compte justifiant l'utilisation de modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM). Les modèles réalisés ont nécessité l'utilisation des packages « lme4 » (Bates *et al.*, 2015), lmerTest, car, MASS, lsmeans (disponibles sur https://cran.r-project.org).

Une transformation logarithmique (log(y+1)) a permis d'étudier la variable « activité » en adéquation avec la loi normale. La richesse spécifique a été considérée comme suivant une loi de Poisson puisqu'il s'agit de comptages d'événements rares (maximum de 8 espèces). La variable «type d'activité » suit une loi binomiale par sa nature binaire.

2.2. L'étude des déplacements par radiopistage

Une étude de radiopistage a été menée du 26 juin au 9 juillet 2017. Cette méthode est adaptée à la recherche de terrains de chasse ou de colonies en rendant compte de l'exploitation du territoire par les animaux suivis et peut mettre en évidence une fidélité à un site, enfin l'origine des chiroptères contactés est connue (Motte *et al.,* 1998). Une première session de capture a eu lieu le 26 juin, elle a permis d'équiper trois Pipistrelles communes d'émetteurs de marque Holohil System Ltd, modèle BD-2X (0,26g). La deuxième capture du 4 juillet a conduit à équiper un quatrième animal. La durée de vie des émetteurs utilisés est d'environ une semaine, ils sont fixés avec une colle chirurgicale de marque Sauer Hautkleber. Les chauves-souris suivies étaient toutes des femelles allaitantes d'un poids suffisant pour la pose d'un émetteur, ce dernier ne doit pas dépasser 5 % du poids de l'animal (Aldridge & Brigham, 1988). Le choix d'équiper ces femelles est volontaire, elles ont une activité de chasse plus importante afin de nourrir leur progéniture et sont donc susceptibles d'être suivies plus longtemps durant une nuit. Du guano a été récolté sur l'ensemble des 18 chauves-souris capturées durant les deux sessions, son contenu sera analysé en laboratoire cet automne afin de chercher des insectes ravageurs de cultures.

Le suivi par télémétrie s'est déroulé toutes les nuits depuis la sortie de gîte des premières pipistrelles de la colonie concernée (environ 22h) jusqu'à des heures variables allant de 1h du matin (certaines nuits trop venteuses) au lever du jour (afin d'avoir une bonne idée du temps de chasse complet des animaux). Des antennes Yagi Y-4F et des récepteurs Sika de Biotrack LTd ™ et Australis de Titley Electronics ™ ont été utilisés par chaque équipe pour ce suivi. Les objectifs étaient de déterminer combien de temps les individus capturés passaient sur le site atelier durant leur activité de chasse, critère pertinent pour juger de l'attractivité d'un site (Flaquer *et al.,* 2015) et de localiser précisément leur position sur ce même site. Pour cela, chaque nuit, une équipe postée devant le gîte en début de soirée était chargée de signaler le départ en chasse des chauves-souris suivies aux deux autres équipes prêtes à prendre des mesures sur le site atelier. Une fois toutes les chauves-souris équipées sorties, l'équipe mobile rejoignait les autres pour réaliser des mesures plus précises. Lorsque le signal d'un chiroptère était perdu pendant un temps suffisamment long, l'équipe mobile partait à sa recherche afin de connaître la zone de chasse même si, seule, elle ne pouvait pas obtenir de localisation précise. Des tests ont été réalisés en journée avec un émetteur afin de choisir au mieux la position des équipes pour couvrir la zone et également s'assurer qu'il n'y avait pas de biais dans la prise de mesure, ce qui est recommandé par Wilkinson & Bradbury (1988).

3. Protocoles de suivis des rapaces

3.1. Observations des comportements de chasse

Cette étude s'est également intéressée depuis 2016 aux populations de rapaces prédateurs de micromammifères chassant dans le secteur. L'objectif étant de recenser les espèces présentes et d'avoir un aperçu de la fréquentation du site par ces dernières.

Les rapaces diurnes ont fait l'objet de 9 prospections de mi-mai à fin juin en 2016 et de 4 prospections de fin avril à fin juillet en 2017. Une prospection correspond à une demi-journée d'observation de 10 h à 15h, période durant laquelle les rapaces sont les plus actifs, depuis 11 postes d'observation (fig.4) répartis sur l'ensemble du secteur étudié. Les observations sont réalisées aux jumelles, si nécessaire avec une longue vue durant 15 min sur chaque point. En 2017, 44 sessions totalisant 11h d'observation ont ainsi été réalisées. L'ordre de passage sur les différents points est inversé à chaque prospection. Il a été noté à chaque observation si l'individu était en chasse ou simplement de passage (comportement identifiable dans la plupart des cas).

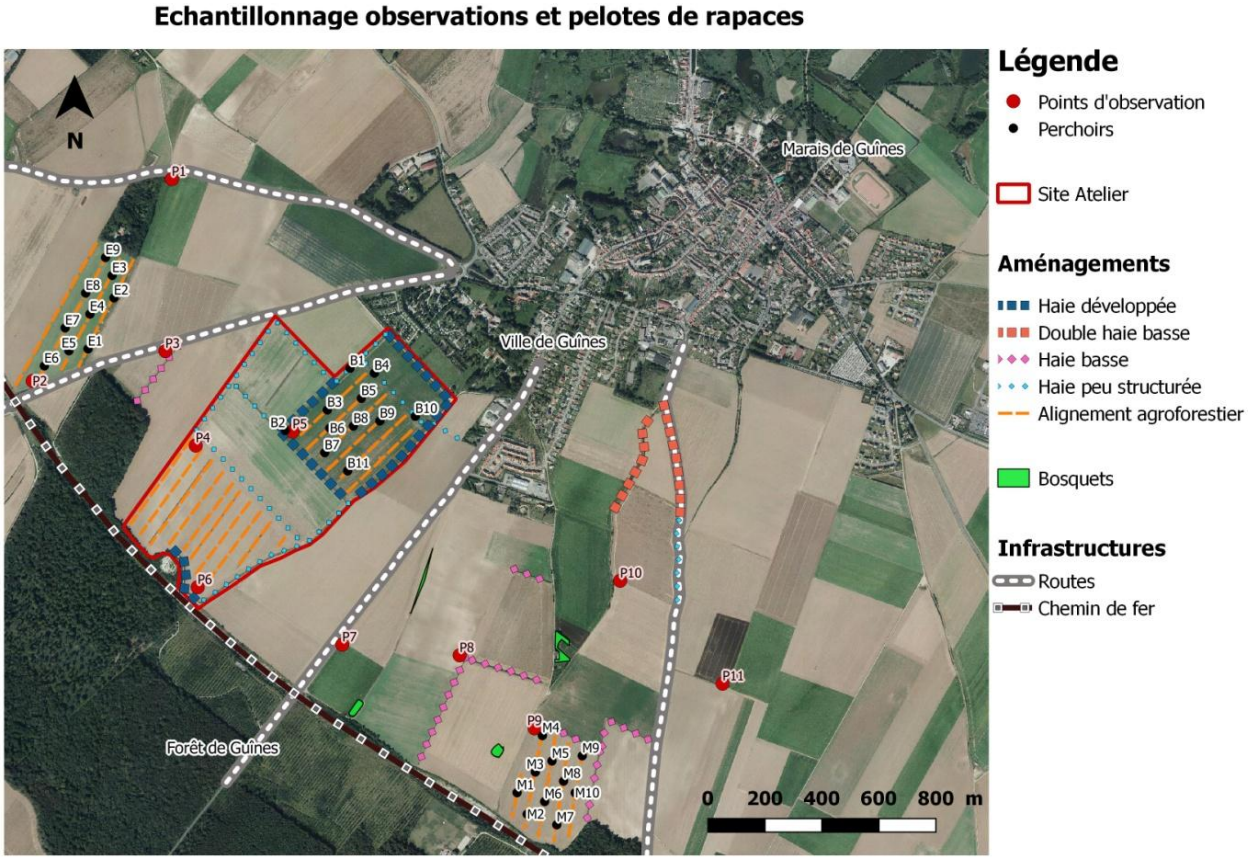


Figure 4 : Plans d'échantillonnage des observations et pelotes de rapaces

3.2. Récolte des pelotes de rejection sous les perchoirs

Concernant les rapaces nocturnes, les pelotes de rejection ont été collectées sous les perchoirs des trois parcelles agro-forestières qui en sont équipées. Cette méthode permet non seulement d'attester de la présence des espèces (tout comme des écoutes nocturnes) mais également d'obtenir des informations sur les micromammifères consommés sur le site ou à proximité. En effet, le contenu des pelotes a été analysé à la loupe binoculaire. Les ossements de proies retrouvés peuvent cependant provenir d'autres parcelles où le rapace va chasser. L'intérêt est également de pouvoir tester l'utilisation des perchoirs mis en place par les rapaces nocturnes et diurnes. Il est intéressant de savoir si des perchoirs installés à l'origine pour protéger les jeunes arbres des corneilles, pies et pigeons peuvent être attractifs comme perchoirs pour des rapaces et notamment leur servir à chasser.

Les pelotes étaient récoltées de mi-mars à fin mai en 2016 et de fin mars à début juillet en 2017 tous les 10 jours environ sous les 30 perchoirs disposés dans 3 parcelles agro-forestières (cf. Fig.4). Pour chacune d'entre elles, les informations suivantes ont été recueillies : la date de collecte, le rapace qui les a produites quand cela était possible, le perchoir au bas duquel elles ont été récupérées, les espèces de micromammifères identifiées qu'elles contenaient.

3.3. Aperçu des dégâts causés par les micromammifères

Afin d'avoir un ordre d'idée des dégâts occasionnés par les campagnols terrestres et des champs ainsi les taupes, la méthode indiciaire (Giraudoux *et al.* 1995 *in* Quéré, 1999) a été appliquée sur 5 (2016) puis 11 (2017) parcelles du secteur d'étude. Elle consiste à parcourir la plus grande diagonale d'une parcelle en la segmentant en intervalles de 5 mètres sur lesquels la présence/absence d'indices caractéristiques ont été relevés (tumulis et taupinières principalement). Le pourcentage d'intervalles contenant des indices est à comparer au 33% considérés comme valeur seuil d'infestation (http://www.campagnols.fr).

III. Résultats

1. Résultats sur les chiroptères

1.1. Résultats généraux des enregistrements ultrasonores

Tableau 2 : Liste des 17 espèces de chiroptères contactées sur l'ensemble du projet

Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	Murin de Daubenton	*Myotis Daubentonii*
Pipistrelle de Nathusius	*Pipistrellus Nathusii*	Murin de Natterer	*Myotis Nattereri*
Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	Murin à oreilles échancrées	*Myotis emarginatus*
Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	Murin à moustaches	*Myotis mystacinus*
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	(Murin de Brandt)	*(Myotis Brandtii)*
Noctule commune	*Nyctalus noctula*	Murin d'Alcatoe	*Myotis alcatoe*
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	Grand Murin	*Myotis myotis*
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	(Murin des Marais)	*(Myotis Dasycneme)*
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	Grand Rhinolophe	*Rhinolophus ferrumequinum*

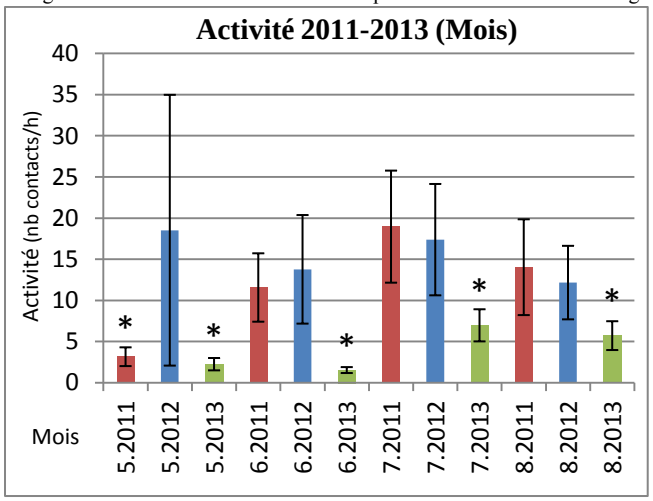
La Pipistrelle commune représente 80 à 90 % des contacts enregistrés en fonction des années.

1.2. Résultats des analyses statistiques propres aux chiroptères

Tableau 3 : Synthèse des résultats des modèles statistiques sur les données acoustiques

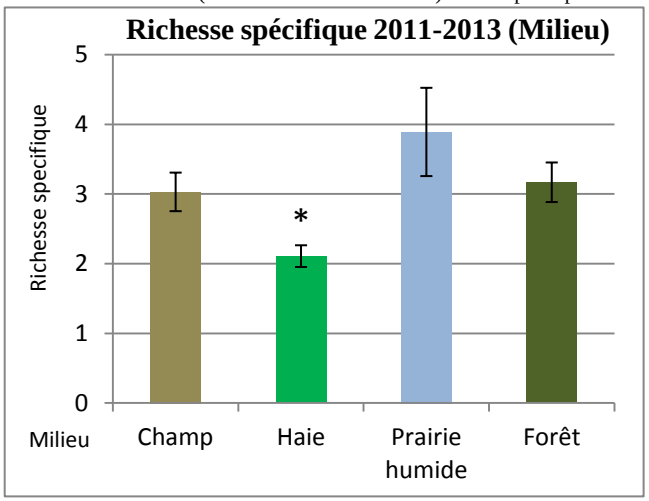
Variable réponse	Période	Type de modèle	Facteurs et Covariable				
			Milieu (fact.)	Zone (fact.)	Météo (fact)	Température (cov.)	Mois/Année (fact.)
Richesse spécifique	2011 2013	GLMM Poisson	Significatif p-value= 3,11e-03	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif
Richesse spécifique	2015 2017	GLMM Poisson	Non Significatif		Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif
Activité (nb contacts/h)	2011 2013	LMM (Gaussien)	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Non Significatif	Significatif p-value = 9,16e-04
Activité (nb contacts/h)	2015 2017	LMM (Gaussien)	Significatif p-value = 5.55e-07		Significatif p-value = 4,42e-02	Significatif p-value = 1,17e-03	Non Significatif
Type d'activité (chasse/transit)	2011 2013	GLMM binomial	Non Significatif	Non Significatif	Significatif p-value = 3,33e-03	Non Significatif	Significatif p-value=1.54e-14
Type d'activité (chasse/transit)	2015 2017	GLMM binomial	Non Significatif		Significatif p-value= 2,80e-04	Significatif p-value= 2.08e-07	Significatif p-value= < 2.2e-16

La significativité du facteur aléatoire lié au placement de la station d'enregistrement (« Point ») ainsi que celle des interactions (consultables en Annexe VI) ne sont pas reportés dans ce tableau.



Facteur Mois
p-value = 9,16e-04
Tous les mois de 2013ont enregistré une activité significativement plus faible qu'en 2011 et 2012 sauf pour le mois de mai 2011.

Figure 5: Evolution de l'activité de 2011 à 2013

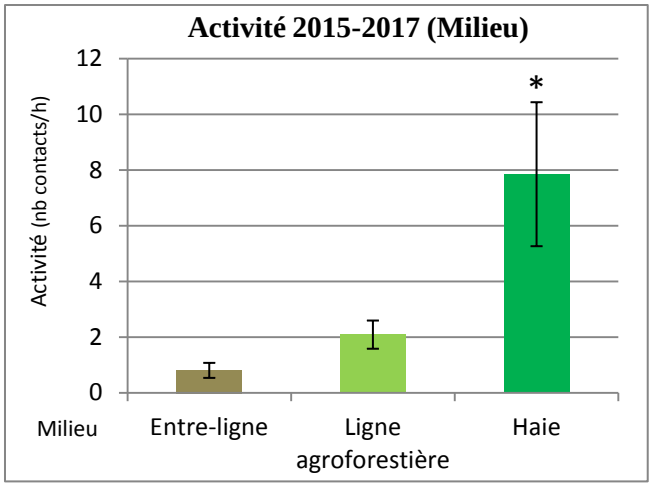


Facteur Milieu
p-value= 3,11e-03

« Haie » significativement inférieure aux autres modalités :

Haie -Champ :
p-value =0.0463
Haie -Forêt :
p-value = 0.0235
Haie - Prairie humide:
p-value = 0.0098

Figure 6: Comparaison de la richesse spécifique selon le milieu de 2011 à 2013



Facteur Milieu : p-value = 5.55e-07

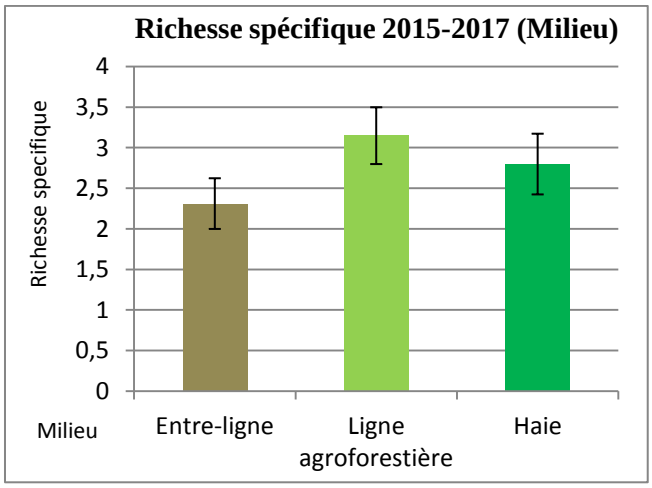
La modalité « Haie » a une activité significativement supérieure aux autres modalités :

Haie-Entre-ligne : p-value =<0.0001

Haie -Ligne.agro. : p-value=0.0032

L'activité sur les lignes agroforestières semble légèrement plus élevée qu'entre ces lignes mais cela n'est pas significatif.

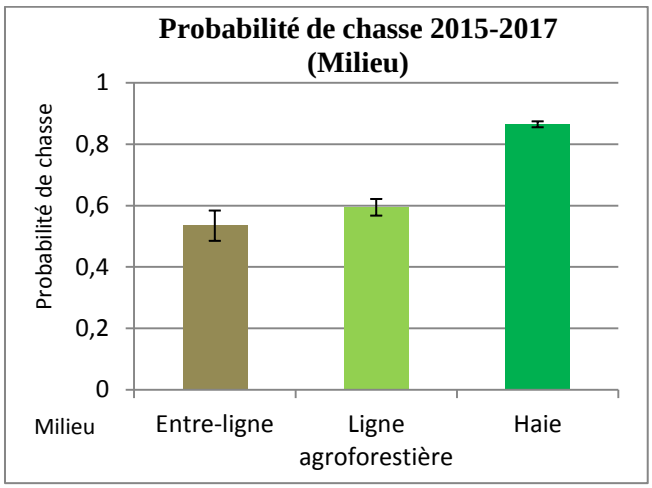
Figure 7 : Comparaison de l'activité selon le milieu (2015-2017)



Facteur Milieu non significatif

La richesse spécifique pourrait être plus faible sur l'entre-ligne que le long des lignes agroforestières.

Figure 8 : Comparaison de la richesse spécifique selon le milieu (2015-2017)



Facteur Milieu non significatif

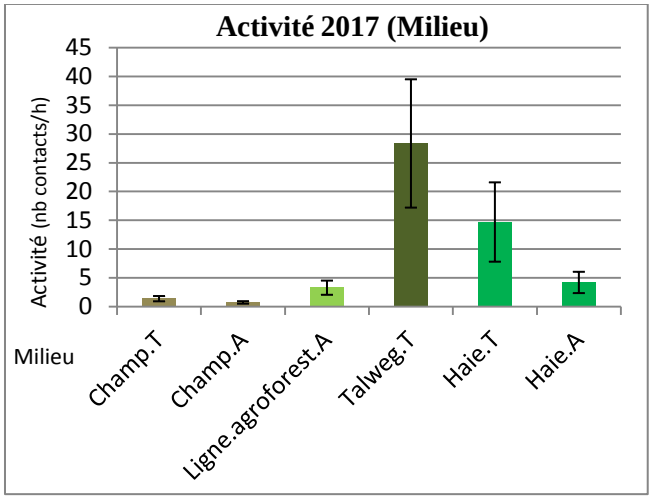
La probabilité de chasse apparait cependant plus grande le long des haies que pour les deux autres modalités.

Figure 9 : Comparaison de la probabilité de chasse selon le milieu (2015-2017)

Les résultats qui suivent n'ont pas fait l'objet de modèles statistiques et doivent donc être interprétés avec précaution tout comme les deux graphiques précédents qui montrent des tendances pour les effets de facteurs non significatifs.

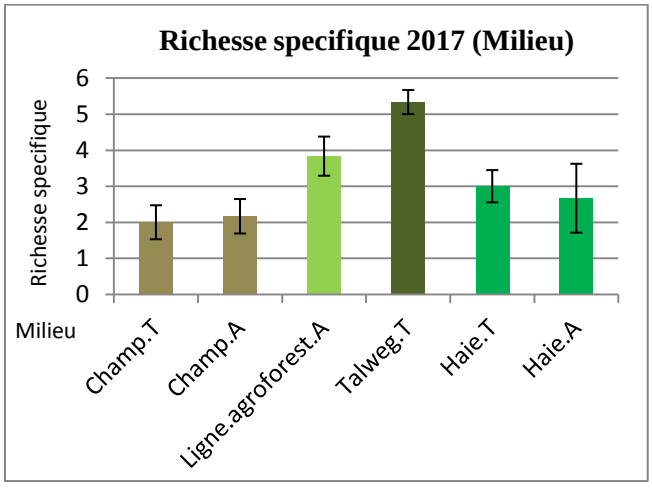
A = site Atelier (parcelles avec agroforesterie)

T = site Témoin



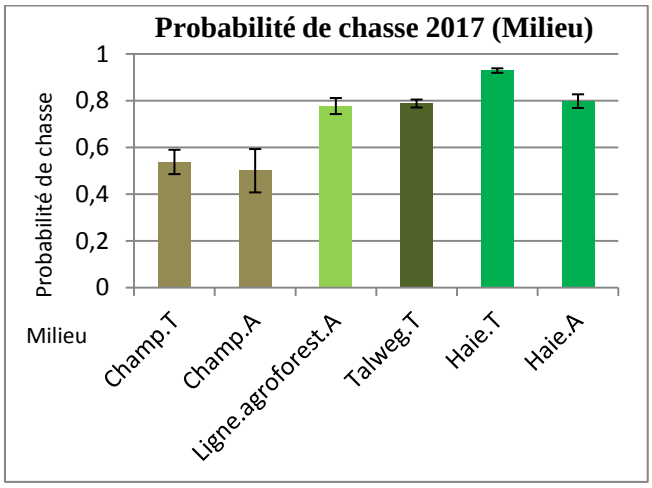
L'activité semble nettement plus élevée au niveau du Talweg du site témoin que pour les autres milieux. Elle serait plus forte dans les haies, surtout celles du témoin, qu'au sein des parcelles.

Figure 10 : Comparaison de l'activité selon le milieu (2017)



La richesse spécifique semble nettement plus élevée au niveau du Talweg du site témoin que pour les autres milieux. Elle serait plus forte dans les lignes agro-forestières du site atelier et dans les haies qu'au sein des parcelles.

Figure 11 : Comparaison de la richesse spécifique selon le milieu (2017)



La probabilité de chasse semble plus élevée autour des structures végétales (qui ne se distinguent pas entre-elles) qu'en milieu ouvert dans les champs.

Figure 12 : Comparaison de la probabilité de chasse selon le milieu (2017)

1.3. Résultats de l'étude de radiopistage 2017

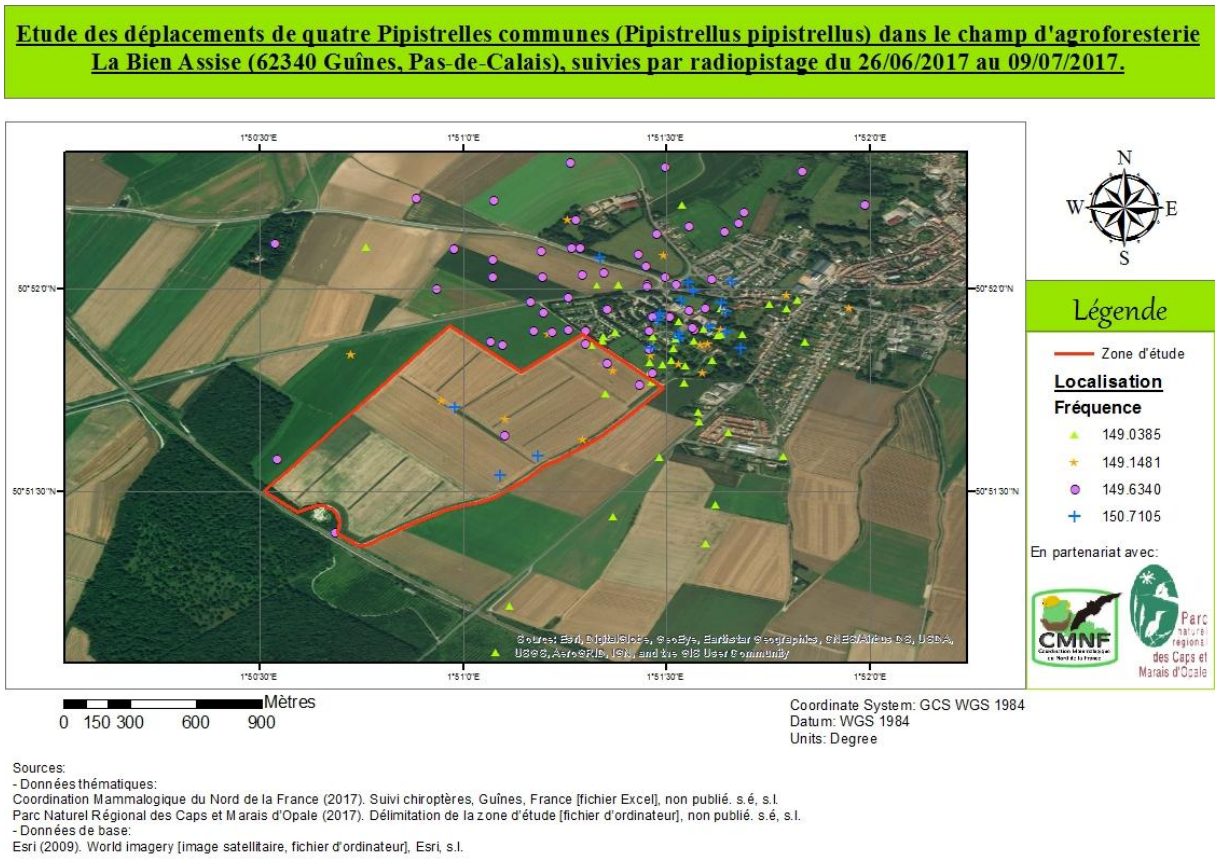


Figure 13 : Cartographie des localisations du radiopistage (réalisée par Margaux Duparcq, CMNF)

Tableau 4 : Synthèse du suivi des Pipistrelles communes équipées

Individu (Fréquence émetteur)	Durée du suivi (nombre de nuits)	Total cumulé des heures de chasse	Nombre de points réalisés sur le site atelier
149.0385	**5** (27/06/17 au 01/07/17)	12h47	3
149.1481	**6** (27/06/17 au 02/07/2017)	17h26	4
150.7105	**5** (27/06/17 au 01/07/17)	9h34	3
149.6340	**3** (04/07/17 au 06/07/17)	6h41	5

Un total de 15 points a été obtenu sur le site atelier pour les 4 chauves-souris suivies durant de nombreuses heures de chasse. Ces derniers sont presque tous situés à proximité d'un linéaire (chemin, haie ou alignement agro-forestier). Les chauves-souris ne sont pas restées plus de quelques minutes par nuit sur le site à l'exception de l'individu 150.7105 qui pourrait y avoir chassé au maximum 25 minutes (estimation faite à partir des trois points successifs obtenus le même soir). La grande majorité des points sont situés dans le camping de la Bien

assise et la ville de Guînes. On remarque également que l'individu 149.6340 semble utiliser les parcelles au nord du site atelier pour chasser.

2. Résultats des observations et récoltes de pelotes des rapaces

Les espèces observées en 2017 sont les mêmes qu'en 2016 : la Buse variable (*Buteo buteo*), le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*) et dans une moindre mesure le Busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*). La présence d'au moins un rapace a été constatée sur 22 des 44 sessions de 15 min réalisées cette année. Seul le nombre de sessions où les rapaces chassaient au sein des parcelles est reporté ci-dessous car les simples survols du secteur n'ont pas de réelle signification pour cette étude :

Tableau 5 : Synthèse des observations de rapaces

Nom commun	Nom latin	Sessions (15min) avec activité de chasse
Buse variable	*Buteo buteo*	6
Busard des roseaux	*Circus aeruginosus*	6
Faucon crécerelle	*Falco tinnunculus*	4
Busard Saint-Martin	*Circus cyaneus*	1

Cette année, 50 pelotes de rejection ont été ramassées sous les perchoirs : 25 dans la parcelle de la « Bien Assise » (cf. fig.2) (11 perchoirs, 13 ha), 13 sur la parcelle de L1 (9 perchoirs, 8ha) et 12 sur la parcelle L4 (10 perchoirs, 10 ha). Sur chacune des parcelles, aucune zone particulièrement favorable n'a été remarquée, la répartition des pelotes trouvées étant relativement homogène. Parmi elles, 19 contenaient des ossements identifiables avec 28 micromammifères retrouvés au total. Le Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) représente près de 40 % des individus trouvés (cf. Annexe V). Ce protocole a également permis d'attester de la présence des rapaces nocturnes suivants : la Chouette Effraie (*Tyto Alba*), la Chouette Hulotte (*Strix Aluco*), le Hibou Moyen Duc (*Asio otus*) et la Chouette Chevêche (*Athena noctua*).

IV. Discussion

1. Discussion sur les résultats propres aux chiroptères

1.1. Considérations générales sur les analyses statistiques des données acoustiques

Les modèles réalisés pour cette étude peuvent être considérés comme fiables au vu des vérifications effectuées sur les résidus présentés en Annexe VI. Cependant il est important de noter que le plan d'échantillonnage avec des stations d'enregistrement fixes dans le temps conduit à une complexification de l'analyse statistique qui aurait pu être évité. Certains aspects des modèles mixtes sont encore en discussion dans la littérature. A titre d'exemple, les p-values reportées dans la section III.1.2 ne sont pas considérées comme faisant véritablement

sens pour ce type de modèles d'après certains auteurs comme les concepteurs du package lme4 de R (Bates *et al.*, 2015). Dans l'objectif de mettre en évidence l'effet d'une zone ou d'un milieu sur la variable réponse, il serait préférable d'échantillonner ces entités de manière aléatoire. Ce changement n'a pas été opéré cette année afin de pouvoir analyser les années 2015,2016 et 2017 de façon groupée et ainsi travailler avec un volume de données suffisant pour apporter des réponses aux questions de l'étude au terme de ces 3 années

1.2. Importance des effets climatiques et temporels.

Les effets climatiques (facteurs « météo » et co-variable « température ») apparaissent comme significatifs dans plusieurs modèles pour les variables réponses « Activité » et « Probabilité de chasse » mais pas pour la variable « Richesse spécifique ». Ces variables prennent à chaque fois des valeurs un peu plus élevées avec l'augmentation de la co-variable température de la nuit enregistrée. De même, l'effet du facteur météo est similaire dans les modèles où il est significatif avec une diminution de l'activité ou de la probabilité de chasse pour les quelques nuits où le vent soufflait le plus fort ou pour de légères précipitations. Ces observations sont en accord avec la littérature : l'activité diminue à partir de vitesses de vent trop élevées et les chauves-souris évitent alors d'autant plus les espaces ouverts pour se réfugier dans les milieux abrités où elles peuvent encore chasser (Verboom & Spoelstra, 1999). Ce dernier aspect explique certainement que la probabilité de chasse soit plus faible dans les parcelles y compris au sein des haies que les chiroptères utilisent alors probablement comme simple voie de transit pour rejoindre la forêt de Guînes ou le parc arboré du camping proche. Remarquons ici que ces résultats ne doivent cependant pas remettre en cause la validité des conditions d'obtention des données. Pour les modèles portant sur les années 2011 à 2013 par exemple, seules deux nuits sur les 121 réalisées en trois ans comportent la modalité « vent assez fort » ne comptabilisant que 13 contacts et la modalité « pluie légère et vent faible » n'apparait pas significative. En revanche, on voit ici l'intérêt de respecter le plus rigoureusement possible les conditions d'enregistrements fixées (cf. II.2.1.3).

La période d'enregistrement (le mois couplé à l'année) est également une variable importante qui est un facteur significatif dans plusieurs modèles portant sur l'activité et la probabilité de chasse. La richesse spécifique ne semble, une fois de plus, pas affectée à l'image des effets climatiques. Mais pour cette variable temporelle, il est difficile de dégager une tendance tant les effets des différents mois sont variables pour les différentes années et pour les deux variables réponses considérées. En revanche, le modèle sur l'activité de 2011 à 2013 montre clairement que la fréquentation des chauves-souris peut varier de façon importante d'une année à l'autre (cf. fig.5, III.1.2). Il apparait assez nettement que l'année 2013 fut plus pauvre en contacts de chiroptères que 2011 et 2012, les mois de juin, juillet et août de ces deux années apparaissant significativement plus élevés que ceux de l'année 2013. Cela s'explique par une année particulièrement défavorable avec trois fois moins de contacts de chauves-souris que les années précédentes Morin (2013). Morin (2013) explique que l'hiver fut particulièrement rude et le printemps le plus froid dans le département depuis 1987. Une baisse considérable de la présence des chiroptères dans les gîtes estivaux à été constatée au début du mois de juillet tandis que de nombreux gîtes hivernaux étaient encore occupés

avec des individus toujours en gestation. Ainsi l'auteur suppose que la période d'activité a pu être décalée à la fin de l'été et au début de l'automne cette année 2013. Compte tenu du changement d'échantillonnage entrepris en 2015 par rapport à la période de 2011 à 2013 dans le but de mieux distinguer les effets des aménagements, il est difficile de conclure sur l'évolution des trois variables réponses depuis 2011 jusqu'à aujourd'hui. L'observation de l'ensemble des données sur le site atelier sur ces six années ne montre pas de tendance d'évolution positive ou négative, les années étant assez variables comme le montre la saison 2013.

1.3. Variations de la richesse spécifique

La Pipistrelle commune est de loin l'espèce la plus contactée. Cette année elle représente 81% des contacts (cf. Annexe III) ce qui est du même ordre de grandeur que les années précédentes. Cette espèce généraliste est la plus courante en Europe de l'Ouest (Vaughan *et al.*1997, Walsh & Harris 1996 *in* Kalda, 2015), elle s'est adaptée à tout type de milieux (Arthur & Lemaire, 2009), il n'est donc pas surprenant qu'elle soit la plus abondante dans les grandes cultures à Guînes. Cependant, plusieurs études dont celle de Fuentes & Montemayor (2011) et de Russ & Montgomery (2002) ont montré que l'activité de cette espèce était fortement influencée par le pourcentage de boisements, la densité de haies et leur configuration spatiale. La seconde espèce la plus courante est la Pipistrelle de Nathusius (13,6 % des contacts en 2017). Depuis le début du projet, 17 espèces différentes ont été contactées sur les 21 présentes dans le Nord Pas de Calais (Dutilleul, 2009) et les 34 en France (Dietz & Kiefer, 2014). La diversité d'espèces enregistrées en une nuit oscille ainsi de 0 à 8. Mais, en dehors des pipistrelles, le nombre d'enregistrements des autres espèces est marginal.

Kalda *et al.* (2015) ont étudié l'effet des boisements et de la composition des paysages agricoles sur la richesse spécifique et l'activité des chiroptères au sud de l'Estonie. Une de leurs conclusions est que les chiroptères exploitent une diversité d'éléments semi-naturels en milieu agricole mais seulement quelques espèces sont véritablement abondantes. Ils obtiennent une richesse spécifique de 3,3 (SE=0.25) le long des haies et 3 (SE=0.31) à proximité d'arbres isolés contre 4,3 (SE=0.28) dans les forêts ou parc proches avec des feuillus mâtures. Ces résultats sont similaires à ceux de cette étude : 2,1 (SE=0,16) et 2,8 (SE=0,37) pour les haies respectivement en 2011-2013 et 2015-2017 contre 3,2 (SE=0.58) pour les lisières de la forêt de Guînes (2011-2013). Le nombre d'espèce rencontré est donc significativement plus important en lisière de forêt de Guînes que dans les haies au sein des cultures (p-value = 0.0235) comme pour l'étude de Kalda *et al.* La richesse spécifique mesurée dans la prairie humide (3,9, SE=0,63) de 2011 à 2013 est également significativement plus importante que celle dans les haies, ce qui était attendu et s'explique aussi par un habitat plus favorable aux chiroptères. Cependant, il est plutôt surprenant que la diversité soit significativement moindre dans les haies qu'en plein champ cultivé (p-value =0.0463). Ce résultat pourrait s'expliquer par l'échantillonnage mis en place pendant ces trois premières années du projet. En effet durant cette période, il n'y avait que les stations d'enregistrement HV et C (cf. fig.3, II.2.1.2) qui étaient placées sur des haies véritablement développées, respectivement une double haie basse ancienne et une haie basse simple plantée

l'hiver 2003-2004. Les haies où étaient placés les points H2, H3, H1N et H6 ont été plantées l'hiver 2009-2010. Ces structures végétales ne se démarquaient donc pas réellement du milieu ouvert constitué par les grandes cultures. En revanche, aucune hypothèse n'est proposée pour expliquer qu'une plus faible richesse spécifique ne soit pas également constatée pour les stations d'enregistrement de plein champ (forêt-champ : p-value= 0.9891 ; prairie champ : p-value = 0.5741).
Quant au modèle de 2015 à 2017, il ne met pas en évidence de manière significative le facteur « milieu » (cf. fig.8, III.1.2), on notera simplement que l'entre ligne (plein champ) enregistre possiblement légèrement moins d'espèces. Le constat est le même si l'on observe les données de l'unique année 2017 sur le site atelier et le site témoin avec une richesse spécifique qui apparait nettement plus élevée au niveau du talweg boisé.

L'absence de contraste de la richesse spécifique entre les linéaires boisés intra-parcellaires et les cultures de 2013 à 2017 montre que ce critère ne semble pas être un bon indicateur pour mettre en évidence l'effet des aménagements pour cette étude. Il est possible que la faible diversité rencontrée de manière globale dans ce contexte de grandes cultures explique que les différences entre milieux soient difficiles à distinguer pour cette variable.

On notera en revanche que concernant les données de 2017 (fig.11, III.1.2), la richesse spécifique équivalente sur les haies des deux sites et supérieure pour le talweg révèle que des espèces réputées plus dépendantes des structures végétales pour se déplacer en milieu ouvert comme le Murin de Beichstein (*Myotis beichsteinii*) ne désertent pas plus la zone témoin que la zone atelier. Il faut tout de même rester prudent car aucun test statistique n'a été utilisé pour valider ces observations. L'unique contact de Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) provient de l'enregistreur placé dans le talweg au boisement relativement isolé. Elle avait également été contactée une seule fois en 2012 et 2015 sur le site atelier et une fois en 2012 et 2016 au milieu d'une parcelle de grande culture. Cette espèce emblématique est pourtant d'après la littérature une des plus impactée par la destructuration des milieux agricoles car elle suivrait de manière stricte les linéaires (Arthur & Lemaire, 2009 ; Dietz & Kiefer, 2014). Mais un seul passage de cette espèce en transit ne signifie bien sûr en rien qu'une population exploite le milieu. Une récente étude de radiopistage sur le Grand Rhinolophe non publiée a révélé que des individus traversaient des dizaines de kilomètres de grandes cultures sans aucun linéaire à suivre pour relier leur zone de chasse et leur gîte (comm. pers. Simon Dutilleul). Bien qu'il ne s'agisse du comportement que de quelques individus, les capacités d'adaptation de ces derniers remettent en cause les connaissances sur l'espèce jusqu'alors.

1.4. Variations de l'activité

Les activités mesurées sur les parcelles sont globalement faibles (moyenne de 4,12 contacts/h de 2015 à 2017) par rapport à ce qu'on trouve dans la littérature qui est de l'ordre de plusieurs dizaines de contacts/heures. Cela était attendu compte tenu du contexte paysager global de grandes cultures du secteur d'étude.

Les facteurs « zone » (corridor supposé/hors corridor) et « milieux » ne sont pas significatifs pour le modèle de 2011-2013. Comme pour le modèle équivalent concernant la

richesse spécifique qui distinguait les haies mais pas les cultures des milieux plus favorables aux chiroptères, ce modèle ne montre pas clairement les différences entre les variables d'intérêt pour l'étude. Cela s'explique certainement par l'échantillonnage mis en place sur cette période qui comprenait une vaste zone d'étude afin de réaliser un diagnostic complet avec de nombreux points d'enregistrements mais peu de répétitions par station d'enregistrement et des mesures prises des nuits parfois assez espacées dans la saison. Compte tenu de la variabilité constatée de l'activité en fonction des mois, de la météo et de la température, il n'est pas véritablement surprenant qu'aucune différence significative ne soit mise en évidence par le modèle concernant les milieux et zones.
Les résultats obtenus pour les trois dernières années du projet en se focalisant uniquement sur le site atelier sont plus satisfaisants de ce point de vue. Les haies du site atelier se distinguent clairement de l'intérieur des parcelles avec une activité significativement plus élevée (haie-entre-ligne : p-value = <0.0001 et haie-ligne : p value = 0.0032).

En revanche aucune différence notable n'est constatée entre les activités enregistrées le long des lignes agro-forestières et entre ces lignes. Cela signifie que les haies du site atelier sont privilégiées par les chiroptères bien qu'elles soient relativement basses (1,5 à 3,5m) et sans arbres mais que les lignes de plantations intra-parcellaires sont encore trop peu développées pour avoir un effet bénéfique. Au vu du faible développement des arbres et arbustes, ce résultat n'est pas surprenant. Une partie de la littérature fait état de l'importance de la structure des linéaires utilisés par les chauves-souris, bien que relativement peu de choses soient connues précisément sur le sujet. Kalda *et al*. (2015) affirment que les haies ne peuvent pas être considérées comme des entités homogènes pour les chauves-souris alors que Boughey *et al.* (2011) ne constatent pas de différences entre des haies avec des arbres, avec quelques arbres et de simples alignements d'arbres et ne trouvent pas d'influence de la densité de végétation dans les linéaires sur l'activité.
Les deux haies échantillonnées sur le site atelier H3 et H6 ont des structures assez différentes (H3 : hauteur = 3m, largeur = 4 m ; H6 : hauteur = 1,5 m, largeur = 2m) car la haie du point H6 s'est assez mal développée. Mais les moyennes d'activité des deux stations d'enregistrement sur les trois ans sont similaires. L'activité au point H6 s'explique peut-être plus par le fait qu'il se situe en continuité d'une haie dont le développement est similaire à la haie du point H3.
Kalda *et al.* (2015) trouvent des activités décroissantes sur différents éléments paysagers allant de boisements à des arbres isolés et indiquent que les allées, chemins et petites routes avec des haies de chaque côté montrent de plus fortes activités que des simples linéaires. Russ *et al.* (2003) ont également montré que les pipistrelles sont abondantes sur les routes avec alignements d'arbres de chaque côté. Les auteurs expliquent cet effet « double ligne » par la formation d'une sorte d'arc qui permet d'accumuler des densités d'insectes importantes et de mieux protéger les animaux du vent. La seule allée de ce type échantillonnée dans notre étude est une double haie basse qui borde un étroit chemin creux (point HV, fig.3, II.2.1.2).

Enfin, pour les données obtenues en 2017 sur le site atelier et témoin, on retrouve une activité qui semble supérieure le long des haies qu'au sein des parcelles. Cela confirme bien l'utilité des haies et bosquets pour les chiroptères en grandes cultures. La faible activité à

l'intérieur des champs parait similaire sur les deux sites malgré la présence de nombreuses lignes agro-forestières sur le site atelier ainsi que la densité plus importante de haies à proximité dans ce secteur. La fréquentation des animaux est visiblement supérieure au niveau du talweg boisé du témoin que sur l'ensemble des autres stations d'enregistrement et les haies de ce témoin accueilleraient également une plus forte activité que celles du site atelier. Ainsi le caractère continu de ces structures végétales ne semble pas avoir d'influence. Le léger talweg sec n'est boisé que sur une faible longueur (110 m) et largeur (environ 3 à 4 m, soit un peu plus que les haies de l'étude). Il est situé à environ 530m au nord de la forêt de Guînes et 260 m des premières maisons et jardins avec aucune autre structure végétale dans un rayon de 300 m. Ces distances ne sont pas insurmontables pour des mammifères volants. C'est d'ailleurs à l'inverse probablement parce qu'il constitue la seule structure boisée sur plusieurs dizaines d'hectares que ce talweg concentre les passages de chiroptères. Enfin, cette structure plus ancienne que les haies plantées a pu être mémorisée comme voie principale par les chiroptères pour traverser les cultures par le passé. On aurait pu s'attendre tout de même à ce que le site témoin soit moins accueillant d'après la bibliographie sur la dépendance des chiroptères aux linéaires (Dietz & Kiefer, 2014) ou du moins à la structure générale du paysage (Vaughan *et al.* 1997 *in* Kalka *et al.* 2008 ; Arthur & Lemaire, 2009); la distance entre les deux sites étant peut être trop réduite pour constater une différence pour ce second critère. Bien que des espèces qu'on associe aux linéaires (Grand Rhinolophe et Murin de Beichstein) y ait été trouvées, il faut également considérer que la Pipistrelle commune, qui représente l'essentiel des données, fait partie des chauves-souris qui seraient les moins dépendantes des corridors. A ce propos on peut citer l'étude de Verboom & Huitema (1997) qui montre que l'isolation d'une structure linéaire d'une autre n'a aucun effet sur la Pipistrelle commune.

1.5. Variations du comportement de chasse

Concernant la probabilité de chasse des chiroptères, les premières années du projet n'ont pas permis d'apporter des réponses pour les raisons déjà exposées (cf. IV.1.4). Les facteurs « zone » et « milieux » n'ont pas d'effets significatifs dans le modèle utilisant les données de 2011 à 2013. Il en va de même pour le modèle sur les années 2015 et 2017, mais ce dernier suscite plus de doutes. En effet, au vu du graphique (fig. 9, II.1.2), la proportion de contacts de chauves-souris en chasse par rapport aux contacts de transits semble nettement plus élevée au niveau des haies échantillonnées que sur les plantations agro-forestières et entre ces alignements. De plus, les barres d'erreurs traduisant l'incertitude sur la moyenne sont petites car le nombre d'individus statistiques est bien supérieur pour ce type de modèle binomial que pour les autres modèles réalisés (chaque enregistrement est distingué alors que l'activité et la richesse spécifique sont calculées sur une nuit entière). Un possible défaut de convergence a été constaté, uniquement pour ce modèle. Cette mise en garde sur la validité du modèle serait incertaine d'après certains concepteurs des packages utilisés (Bates *et al.*, 2015)

Les données de l'année 2017 sur le site atelier et le site témoin montrent la même tendance pour plus d'activité de chasse le long des linéaires végétalisés (cf. fig.12, II.1.2). En revanche, les alignements agro-forestiers se démarquent plus des entre-lignes que pour les données de 2015 à 2017 sur le site atelier. Dans tous les cas, les nombreux enregistrements

d'activité de chasse avec notamment des « buzz » de capture d'insectes attestent que les chiroptères chassent dans l'ensemble des parcelles. Cela se traduit par des probabilités de chasse en majorité bien supérieures à 0,5. Les tendances observées sont en accord avec la littérature puisque les haies concentrent le plus souvent les proies et sont donc le lieu d'une activité de chasse plus forte que l'intérieur des parcelles où le transit constitue une part plus importante des contacts. A cet égard, les jeunes plantations agro-forestières semblent, comme pour l'activité, jouer un rôle plus modeste.

1.6. Analyse critique et comparative des résultats de radiopistage de 2017 par rapport à 2016

Les résultats du radiopistage pour l'année 2017 ne mettent pas en évidence l'utilisation du site atelier comme terrain de chasse pour les Pipistrelles communes suivies. En effet, les animaux n'ont été que très occasionnellement captés dans ces parcelles comme l'illustre la cartographie (cf. fig.13, III.1.3). Ces résultats contrastent nettement avec ceux de l'année dernière qui montrait que les pipistrelles chassaient dans les parcelles.
S'il demeure incontestable que les individus capturés cette année ne sont pas restés s'alimenter sur le site durant de longues durées, la carte ne rend pas compte des traversées du site. Plusieurs chauves-souris étaient suivies en simultané et la prise d'un azimut nécessite que l'opérateur dispose d'un temps suffisant pour affiner la direction qu'il pense correcte. De plus, l'écart entre deux mesures, fonction du nombre d'individus suivis, n'a jamais été inférieur à 2 minutes et il était certaines nuits de 5 minutes. Il faut également considérer qu'un minimum de deux équipes devait avoir relevé une position assez précise pour que leurs azimuts se croisent pour faire un point. Etant donné la vitesse de vol des animaux, il est évident qu'un déplacement de simple transit ou avec éventuellement quelques captures d'insectes ne pouvait que difficilement faire l'objet d'un point sur la carte. Ces contraintes sont inhérentes à une étude de radiopistage et la plupart des études relèvent des positions toutes les 5 à 15 minutes (Harris, 1990) Cela ne remet pas en cause le fait que le site atelier ne semblait pas constituer une zone de chasse d'importance pour les individus suivis cette année.

On remarquera que la quasi-totalité des points obtenus sur le site atelier sont situés le long de linéaires (chemin, haie ou alignement agro-forestier) ce qui confirme les résultats des enregistrements ultrasonores. Un observateur a même pu suivre deux animaux longer une haie du site, puis arrivés au croisement avec la haie bordant le camping, la longer pour finir par s'élever autour d'un tronc d'arbre et suivre les branches pour traverser la départementale au Nord du site atelier (comm. pers. Simon Dutilleul). Enfin, le chemin bordé de haies légèrement en contrebas des parcelles qui constitue la limite Sud-est de la zone atelier semble une voie de transit d'importance au vu des passages importants de chiroptères lors de la première session de capture du 26/06/17 qui a conduit à capturer 17 bêtes, ce qui est un nombre important pour ce genre de protocole de capture (comm. pers. Simon Dutilleul). La deuxième session de capture où les filets ont été disposés en travers d'une haie et d'une ligne agro-forestière au milieu du site (avec l'objectif de capturer des individus plus coutumiers des parcelles pour chasser) n'a permis de capturer qu'un seul individu (149.6340).

La majorité des points relevés se situent dans le camping de la Bien assise et la ville de Guînes. Cela n'est pas surprenant puisque les individus suivis provenaient d'une colonie

d'environ 184 pipistrelles communes dans la toiture d'une maison à Guînes et donc que de nombreux points peuvent correspondre à des retours au gîte. Les Pipistrelles communes sont de plus très anthropophiles et profitent des éclairages publics concentrant leurs proies pour chasser (Arthur & Lemaire, 2009). Le camping à proximité est très favorable aux chauves-souris avec un parc arboré et quelques éclairages. Les points doivent être considérés dans leur ensemble et non séparément. En effet, l'objectif de l'étude étant de localiser les chiroptères sur le site atelier, les opérateurs se sont disposés de manière à couvrir au mieux cette zone et attendre que les animaux y pénètrent. Les individus venant rarement sur le site, leur position a été relevée en dehors afin de connaître leurs zones de chasse mais ces localisations sont moins précises du fait de l'éloignement aux observateurs et du placement de ces derniers qui n'était pas toujours optimal pour couvrir les zones extérieures.

La forêt de Guînes n'apparait pas sur la carte alors que des individus y chassaient régulièrement, parfois pendant plusieurs heures. Cet espace de chasse était hors de portée, ainsi l'équipe mobile allait vérifier que les chauves-souris y chassaient pendant que les autres équipes restaient prêtes à prendre des mesures sur le site atelier.

Les autres zones de chasse étaient des boisements ou parcs arborés à proximité. La chauve-souris 149.6340 a par exemple chassé de nombreuses heures autour d'une ferme au Nord de la départementale d'où le nombre important de points dans cette zone.

L'étude de radiopistage de 2016, d'une durée plus courte, avec deux Pipistrelles communes qui ont été suivies sur le site 2 et 5 nuits (du 06/07/17 au 13/07/17) avait permis d'obtenir 27 points sur le site atelier (cf. Annexe IV). Ces points étaient dispersés sur tout le site atelier et non seulement le long des linéaires. La présence des individus en chasse sur le site avait été estimée plusieurs soirs à 1h au maximum. Bien que le temps de chasse complet n'ait pas été relevé comme cette année, cela montre que le site était réellement utilisé comme terrain de chasse par ces deux individus.

Ainsi les résultats des deux années sont très différents, plusieurs hypothèses peuvent en expliquer les raisons.

Il est possible qu'un suivi plus long des individus de 2017, notamment la pipistrelle ayant perdu son émetteur après seulement trois nuits, aurait permis de constater l'utilisation du site atelier. L'étude de radiopistage de Sérotines communes de Motte *et al.* (1998) indique qu'un certain nombre de nuits est nécessaire pour identifier des terrains de chasse secondaires comme des prairies et alignements d'arbres, contrairement aux lisières de boisements. Cependant la fidélité au terrain de chasse a souvent été constatée chez les chiroptères (Rydell 1989 *in* Motte *et al*., 1998) et les deux individus de 2016 étaient présents en chasse sur le site d'étude la majorité des nuits de suivi. Dans tous les cas, suivre de si petits mammifères nécessite l'utilisation d'émetteurs à durée de vie limitée à quelques jours (Harris, 1990).

Cette année les individus suivis provenaient d'une importante colonie d'au moins 184 pipistrelles à proximité du site d'étude. Etant donné l'effectif, il est fortement probable qu'elles ne chassaient pas toutes dans les mêmes zones et se partageaient l'espace disponible ; cette espèce chassant en général à moins de 3km autour de son gîte (Arthur & Lemaire, 2009), une étude centrée sur l'écologie de l'espèce évoque un domaine vital d'environ 1500 ha (Nicholls & Racey, 2006). Ainsi, tenant compte des variations comportementales

individuelles, il est possible que d'autres individus de la colonie fréquentent de manière plus marquée le site, à l'image de ceux de l'année précédente. Le souci de représentativité d'une population constitue une des limites du radiopistage dont le nombre de bêtes suivies est fortement contraint par les moyens financiers et humains (Harris, 1990) ainsi que par la réussite des captures.

Les dates, les conditions météorologiques et la température des nuits sont très similaires entre les suivis de 2016 et 2017. Cependant, les densités de proies sur le site atelier ces deux années sont inconnues. Les chauves-souris en général, et les Pipistrelles communes en particulier, sont connues pour s'alimenter de façon assez opportuniste profitant notamment des zones de forte émergence d'insectes. Les abondances d'insectes peuvent être très localisées et très variables en fonction des années, il est donc possible qu'elles aient été plus fortes en 2016. Cependant les données acoustiques ne montrent pas des activités supérieures en 2016 sur le site atelier. Les cultures mises en place en 2017 étaient du blé d'hiver, du maïs et du colza alors que l'an passé de l'escourgeon, de l'orge de printemps, du lin de printemps et d'hiver ainsi que des pommes de terre occupaient la surface du site atelier. Les thrips (diptères) et altises (coléoptères) sont des ravageurs du lin de printemps qui pourraient être consommés par les pipistrelles, de même que les pucerons sur pomme de terre (Coulombel & Jay, 2007) ainsi qu'éventuellement les doryphore et taupins (coléoptères). Pour les cultures de 2017, les bulletins de santé du végétal du Pas de Calais indiquent de faibles dégâts pour les ravageurs consommables sur la période du suivi (Pucerons et Pyrales du maïs, altises, noctuelles défoliatrices sur betteraves à proximité) (http://www.nord-pas-de-calais.chambre-agriculture.fr).

2. Discussion sur les résultats propres aux rapaces

Des espèces de rapaces assez variées fréquentent la zone d'étude, ce sont les mêmes que l'année dernière. Pour les rapaces diurnes, la fréquentation du site en nombre de sessions de chasse ne peut pas être comparée à l'an passé car cette activité n'était pas distinguée de simples passages. Une bonne part des observations concerne la Buse variable et le Faucon crécerelle mais le Busard des roseaux est également bien présent. Bien que le protocole ne permette pas d'estimer le nombre d'individus, l'espèce a été observée à de nombreuses reprises sur les parcelles notamment en activité de chasse. Ce rapace est en France un nicheur peu commun, l'effectif dans les années 2000 dans le Nord Pas de Calais était d'environ 120 couples (J.Dubois *et al*., 2008). Sa présence s'explique par la proximité avec le marais de Guînes où il trouve un habitat propice pour nicher. Le Busard Saint Martin également peu commun semble en revanche occasionnel sur le secteur. Cette espèce chasse également en milieu ouvert et niche fréquemment dans les cultures contrairement au Busard des roseaux. Les effectifs en région en 1995 étaient de 12 à 51 couples, aucun chiffre plus récent n'ayant été trouvé.

La présence de ces deux espèces est remarquable mais ils ne constituent pas de bons indicateurs pour l'étude car les aménagements agroforestiers mis en place sur le site atelier ne leur profitent probablement pas et ils n'utilisent pas de perchoirs pour chasser. Jacob *et al.* (2010) notent néanmoins que les bandes enherbées constituent des zones attractives pour la chasse puisqu'elles accroissent les ressources en proies.

La Buse variable et le Faucon crécerelle sont les rapaces les plus communs en Europe et fréquentent les vastes plaines de cultures intensives (Jay, 2000 ; Thiollay & Bretagnolle 2004 *in* Butet, 2010). Cependant il ne faudrait pas en déduire qu'elles ne sont pas sensibles aux modifications du paysage agricole, bien au contraire comme l'ont démontré Butet *et al*. (2010). Ces auteurs concluent de leurs travaux que la Buse variable est sensiblement affectée par la fragmentation des réseaux d'habitats boisés, dont les haies. Le Faucon crécerelle serait moins affecté par cette fragmentation mais néanmoins touché par la raréfaction des prairies. D'après Tombal (1996), les surfaces allouées aux bandes enherbées constituent la première exigence écologique de la Buse variable en région avant la superficie en bois qui lui est tout de même nécessaire pour nicher. Les aménagements sur le site atelier doivent donc être favorables à ces deux rapaces comme à d'autres. Il serait intéressant de chercher de façon plus approfondie les couples nicheurs afin de pouvoir comparer les densités de ces oiseaux sur l'ensemble de la zone et les comparer à celles trouvées en grandes cultures intensives.

Les rapaces nocturnes occupant la zone, comme en attestent les pelotes, sont également dépendantes de la structuration du paysage agricole. La Chouette Hulotte est forestière et rare en grandes cultures, sa présence étant très certainement due à la proximité avec la forêt de Guînes. Mais les haies mises en place ont probablement encouragé sa venue dans les cultures. On peut supposer qu'il en soit de même pour la Chouette Effraie, la Chouette Chevêche et le Hibou Moyen-duc qui sont moins forestiers mais tout autant favorisés par les éléments semi-naturels qui constituent des viviers de proies et des refuges (Géroudet, 2006 ; J.Dubois *et al*., 2008).

Cette année, la collecte des pelotes a commencé 10 jours plus tard (fin mars) mais s'est terminé la première semaine de juillet au lieu de fin mai en 2016. La période de collecte était donc plus étendue mais si l'on considère les mois en commun à 2016 et 2017, le nombre de pelotes trouvé est supérieur cette année : 20 en 2016 et 34 en 2017. Sur la totalité des collectes il y a 32 pelotes en 2016 et 50 en 2017. Malgré l'absence de références, ce nombre semble relativement satisfaisant pour des perchoirs installés en grandes cultures.
Ce protocole ne permet pas de comparer l'utilisation des parcelles agroforestières par les rapaces par rapport à d'autres parcelles non aménagées. En effet, les pelotes n'ont été prélevées que dans ces trois parcelles et l'intérêt des rapaces pour les perchoirs installés n'est pas distinguable de celui pour les alignements agroforestiers. Cependant, considérant la modeste taille des arbres plantés l'hiver 2014-2015, il est peu probable qu'ils fassent office de perchoirs pour les rapaces. Il en va de même pour les haies qui sont relativement basses sur la zone d'étude dans son ensemble. En revanche, la quantité relativement conséquente de pelotes retrouvées à l'aplomb des perchoirs indique que ces derniers assurent une fonction de reposoir et de poste de régurgitation. Il est également à noter que le hibou moyen duc a été observé à plusieurs reprises lors du suivi radiopistage 2017 en chasse sur la parcelle « la Bien Assise» passant d'un perchoir à l'autre. Plusieurs travaux démontrent que les rapaces nocturnes utilisent fréquemment les perchoirs artificiels (Michel *et al*. 2006 *in* Morin, 2013 ; Tomé, 2011).

Le Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) est comme l'année précédente l'espèce dominante dans les pelotes (cf. Annexe V), en revanche étonnamment aucun reste de Campagnol terrestre (*Microtus agrestis*) n'a été retrouvé en 2017.

Les transects réalisés afin d'estimer les densités relatives des Campagnols des champs, terrestres et des Taupes ont montré que les dégâts seraient relativement importants cette année sur 4 des 11 parcelles observées avec des indices dépassant largement le seuil de 0,3.Par ailleurs ces ravageurs sont bien présents sur l'ensemble des autres parcelles. La présence des micromammifères explique donc en grande partie la présence des rapaces. Le rôle qu'ils jouent dans la régulation de ces ravageurs ne peut cependant pas être quantifié dans cette étude.

V. Conclusion

L'étude des chiroptères et des rapaces menée dans le cadre d'AGRICOBIO puis d'AGROTRAME depuis plusieurs années a permis de recenser une diversité d'espèces dont les plus communes dominent largement. Des preuves ont été apportées quand à l'intérêt des aménagements mis en place. Les enregistrements acoustiques de 2015 à 2017 et le radiopistage de 2016 ont permis de mettre clairement en évidence que les haies du secteur étudié sont fréquentées de manière préférentielle par les chiroptères, non seulement comme corridor écologique mais également comme terrain de chasse. Les perchoirs sont utilisés par les rapaces diurnes et nocturnes, ce qui doit notamment faciliter l'activité de chasse pour une partie des espèces, tout comme les bandes enherbées d'après la bibliographie.
Cependant, concernant les chiroptères, la zone dite de corridor (le site atelier) n'apparait pas plus favorable que le groupement de parcelles témoins choisies en 2017, bien que ces résultats doivent être considérés avec prudence. Les lignes agro-forestières du site atelier semblent encore bien trop jeunes pour susciter un réel attrait pour les chauves-souris. En revanche, on peut raisonnablement supposer que lorsque ces aménagements se seront développés et s'apparenteront aux haies voisines, ils rempliront les mêmes fonctions et attireront ainsi plus de chiroptères sur le site atelier. Cette hypothèse doit être nuancée par le fait que l'augmentation de la fréquentation de ce site par les chiroptères et de leur diversité depuis le début du projet n'a pas été démontrée. En effet, il a été constaté que les variations interannuelles d'activités sont importantes, ce qui limite l'interprétation de l'évolution de la fréquentation sur les six années du projet. De plus, le secteur a été étudié dans son ensemble de 2011 à 2013 rendant difficile la comparaison des données avec celles obtenues sur le site atelier de 2015 à 2017. Le large échantillonnage des trois premières années a cependant permis d'établir un diagnostic général du secteur indispensable au projet, notamment en ce qui concerne les espèces de chiroptères présentes et leurs niveaux d'activité sur les espaces sources environnants. Les activités mesurées sur les espaces agricoles sont relativement faibles. Les données existantes sur les rapaces observés indiquent également des densités faibles qui s'expliquent par le contexte paysager de grandes cultures à plus large échelle.

Concernant le possible rôle d'auxiliaire des cultures des chauves-souris, les résultats des analyses du guano récolté cette année montreront si des insectes ravageurs de cultures sont consommés localement par les Pipistrelles communes (*Pipistrellus pipipstrellus*). Si une espèce de chiroptère pourrait participer à réduire les dégâts de ravageurs, il ne peut probablement s'agir que de cette dernière et secondairement de la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) car les autres espèces sont rares sur le secteur. La fréquentation

observée le long des haies ne se reporte pas de manière étendue au sein des parcelles cultivées. Ainsi les lignes agro-forestières réparties tout les 50 mètres environ pourront possiblement amener les chiroptères à chasser de manière plus importante dans les parcelles du site atelier. L'efficacité qu'aura cette régulation ne peut cependant pas être estimée dans cette étude focalisée sur les conditions de la venue des chiroptères. Si l'objectif recherché est de la quantifier, au vu de la littérature, cela ne pourra probablement se faire qu'en cas d'infestation significative des cultures par une proie dont les densités et les dégâts doivent être également suivis de manière intensive. Ce n'était pas le cas jusqu'alors, heureusement pour l'agriculteur concerné. La consommation de micromammifères ravageurs des cultures par les rapaces est largement documentée. Leur activité de chasse est très certainement facilitée par les aménagements mis en place sur le site atelier. Cependant, compte tenu de l'échelle relativement restreinte de cette étude, il apparait complexe de quantifier l'efficacité de la régulation des rapaces dont le territoire de chasse est parfois très étendu. Les autres prédateurs naturels de ces micromammifères sont également nombreux. Des pièges photographiques, installés les premières années du projet, ont permis d'attester de la présence de mustélidés et de renards mais leurs effectifs sont encore mal connus. Les dégâts des campagnols semblaient assez importants au printemps 2017 contrairement à ceux de 2016. Le protocole utilisé n'est cependant valide que pour une durée de 15 jours ce qui ne donne qu'un aperçu de l'impact de ces ravageurs. L'importance de ces dégâts est discutable au vu des rendements obtenus par l'agriculteur exploitant le site atelier qui sont chaque année plus élevés que ceux des exploitations voisines.

L'ambition des partenaires d'AGROTRAME est de faire du site atelier un espace privilégié de recherche sur la biodiversité en openfield. Les possibilités d'améliorer les connaissances sur ce site d'expérimentation en conditions réelles d'exploitation sont nombreuses et ce rapport ne présente qu'une partie des travaux effectués. Un axe de recherche privilégié est l'étude des auxiliaires de cultures. Afin de rechercher l'effet de la prédation des chauves-souris dans les cultures, il serait probablement nécessaire d'identifier des ravageurs consommés avec des pics d'infestation observés qui soient significatifs. Un lien pourrait alors être recherché entre l'abondance de ces proies et les variations d'activité des chiroptères. L'impact des campagnols pourrait mieux être évalué par l'utilisation de méthodes différentes du protocole utilisé qui sont à rechercher. Les résultats de l'ensemble du projet sont encourageants quand à l'intérêt d'aménager des parcelles en grandes cultures. Cette étude fut un enrichissement personnel autant dans la réflexion sur l'analyse des données des années précédentes que pour l'adaptation des protocoles et les nombreuses activités de terrain.

Bibliographie

ALDRIDGE, Hugh, BRIGHAM, Marc (1988) Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: A test of the 5% "rule" of radio-telemetry. J. Mammal 69. pp 379–382.

ARTHUR, Laurent et LEMAIRE, Michèle, 2009. Les Chauves-souris de France,Belgique,Luxembourg et Suisse. Biotope Ed. Publication Scientifiques du Muséum. 544 p.

BARATAUD, Michel, 2015. Ecologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Biotope Edition. Publications scientifiques du Muséum. 344p.

BATES, Douglas, MAECHLER, Martin, BOLKER, Ben, WALKER, WALKER, Steve, 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), pp 1-48.

BAUDRY, Jacques et JOUIN, A, 2003. De la haie aux bocages. Organisation, dynamique et gestion. INRA Edition. Paris. 435 p.

BOUGHEY, Katherine L., LAKE, Iain R., HAYSOM, Karen A. et DOLMAN, Paul M., 2011. Improving the biodiversity benefits of hedgerows: How physical characteristics and the proximity of foraging habitat affect the use of linear features by bats. Biological Conservation. 2011. Vol. 144, n° 6, pp. 1790-1798.

BUREL, Françoise et BAUDRY, Jacques, 2003. Ecologie du paysage, concepts, méthodes et applications. Editions TEC & DOC. 360p.

BUTET, Alain, MICHEL, Nadia, RANTIER, Yann, COMOR, Vincent, HUBERT-MOY, Laurence, NABUCET, Jean et DELETTRE, Yannick, 2010. Responses of common buzzard (*Buteo buteo*) and Eurasian kestrel (*Falco tinnunculus*) to land use changes in agricultural landscapes of Western France. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2010. Vol. 138, n° 3,4, pp. 152-159.

CHARBONNIER, Yohan, 2014. Relations entre diversité des habitats forestiers et communautés de chiroptères à différentes échelles spatiales en Europe : implications pour leur conservation et le maintien de leur fonction de prédation [en ligne]. Université de Bordeaux. Disponible à l'adresse : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01133680.

CLEVELAND, Cutler J., BETK, Margrit, FEDERICO, Paula, FRANK, Jeff D., HALLAM, Thomas G., HORN, Jason, KUNZ, Thomas H., JUAN D. LÓPEZ, Jr, MCCRACKEN, Gary F., MEDELLÍN, Rodrigo a., MORENO-VALDEZ, Arnulfo, SANSONE, Chris G. et WESTBROOK, John K., 2006. Estimation of the economic value of the pest control service provided by the Brazilian free-tailed bat in the Winter Garden region of South-Central Texas. Frontiers in Ecology and the Environment. 2006. Vol. 4, n° 5, pp. 238–243.

COULOMBEL, Aude; JAY, Michel, 2007.Fiche technique auxiliaires : les chauves-souris. *Alter-agri*, mai-juin 2007, n°83, pp. 20-21

DIETZ, Christian et KIEFER, Andreas, 2014. *Chauves-souris d'Europe. Connaître, identifier, protéger*. Delachaux et Niestlé. 398 p.

DUTILLEUL, Simon, 2009. Plan Régional de Restauration des Chiroptères du Nord – Pas de Calais : Période 2009 - 2013 – Coordination Mammalogique du Nord de la France, 95 p.

EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE INRA, 2012. Agriculture et biodiversité. Inra 2012. 178 p.

FLAQUER, Carles, PUIG-MONTSERRAT, Xavier, GOITI, Urtzi, VIDAL, Francesc, CURCÓ, Antoni et RUSSO, Danilo, 2009. Habitat Selection in Nathusius' Pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*): The Importance of Wetlands. Acta Chiropterologica 2009. Vol. 11, n° 1, pp. 149‑155.

FUENTES-MONTEMAYOR, Elisa, GOULSON, Dave et PARK, Kirsty J., 2011. Pipistrelle bats and their prey do not benefit from four widely applied agri-environment management prescriptions. Biological Conservation. 2011. Vol. 144, n° 9, pp. 2233‑2246.

GÉROUDET, Paul, 2006. Les Rapaces d'Europe diurnes et nocturnes. Delachaux et Niestlé. pp 12.

HAQUART, Alexandre, 2013. Référentiel d'activité des chiroptères, éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française : Biotope, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 99p.

HARRIS, S, CRESSWELL, W J, FORDE, P G et TREWHELLA, W J, 1990. Home-range analysis using radio-tracking data- a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. Mammel Rev. 1990. Vol. 20, pp. 97‑123.

J.DUBOIS, Philippe, LE MARÉCHAL, Pierre, OLIOSOS, Georges et YÉSOU, Pierre, 2008. Nouvel inventaire des oiseaux de France. Delachaux. pp 144.

JACOB, Jean-Paul, DEHEM, Christophe, BURNEL, André, DAMBIERMONT, Jean-Louis, FASOL, Marc, KINET, Thierry, ELST, Denis van der et PAQUET, Jean-Yves, 2010. Atlas des oiseaux nicheurs de Wallonie 2001 – 2007. Gembloux. Publication d'Aves et du Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole. pp 178 ; 180 ; 188 ; 190 ; 240 ; 244 ; 246 ; 248.

JAY, Michel, 2000.Oiseaux et mammifères : auxiliaires des cultures. 1ère éd. Paris : CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes), avril 2000. 203 p.

JAY, Michel, BOREAU DE ROINCÉ, Catherine, RICARD, Jean-Michel, GARCIN, Alain, MANDRIN, Jean-François, LAVIGNE, Claire, BOUVIER, Jean-Charles, TUPINIER, Yves et PUECHMAILLE, Sébastien, 2012. Biodiversité fonctionelle en verger de pommier. Les chauves-souris consomment-elles des ravageurs? Infos Ctifl. 2012. Vol. 286, pp. 28‑34.

KALDA, Oliver, KALDA, Rauno et LIIRA, Jaan, 2015. Multi-scale ecology of insectivorous bats in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2015. Vol. 199, pp. 105‑113.

KALKA, Margareta B, SMITH, Adam R et KALKO, Elisabeth K V, 2008. Bats limit arthtopods and herbivory in a tropical forest. Science. 2008. Vol. 320, n° April, pp. 71.

KARP, Daniel S. et DAILY, Gretchen C., 2014. Cascading effects of insectivorous birds and bats in tropical coffee plantations. Ecology. 2014. Vol. 95, n° 4, pp. 1065‑1074.

KUNZ, Thomas H., DE TORREZ, Elizabeth Braun, BAUER, Dana, LOBOVA, Tatyana et FLEMING, Theodore H., 2011. Ecosystem services provided by bats. Annals of the New York Academy of Sciences. 2011. Vol. 1223, n° 1, pp. 1-38.

LEELAPAIBUL, Watcharee, BUMRUNGRSI, Sara et PATTANAWIBOON, Anak, 2005. Diet of wrinkle-lipped free-tailed bat (*Tadarida plicata*) in central Thailand: insectivorous bats potentially act as biological pest control agents. Acta Chiropterologica. 2005. Vol. 7, n° August, pp. 111-119.

MARQUER, Laure-Lou, 2011. Elaboration de protocoles d'étude de populations de Mammifères en grande culture - Projet pluridisciplinaire Agricobio Guînes. Mémoire de fin d'études, Université Jean Monnet Saint-Etienne.

MCCRACKEN, Gary F., WESTBROOK, John K., BROWN, Veronica A., ELDRIDGE, Melanie, FEDERICO, Paula et KUNZ, Thomas H., 2012. Bats track and exploit changes in insect pest populations. Plos One. 2012. Vol. 7, n° 8, pp. 1-10.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, 2011. Stratégie Nationale pour la Biodiversité 2011 - 2020. pp. 22.

MORIN, Lou, 2013. Le rôle des haies et bandes enherbées dans la mise en place d'un corridor écologique en grande culture à Guînes, Pas-de-Calais (62). Étude des micromammifères et Chiroptères. Mémoire de fin d'études, Agrocampus Ouest CFR Rennes 29 p.

MORRISON, Emily B. et LINDELL, Catherine A., 2012. Birds and bats reduce insect biomass and leaf damage in tropical forest restoration sites. Ecological Applications. 2012. Vol. 22, n° 5, pp. 1526-1534.

MOTTE, Grégory, KERVYN, Thierry et LIBOIS, Roland, 1998. Comparaison entre deux techniques d'études de l'utilisation de l'habitat par la Sérotine commune. Arvicola. 1998. pp. 25-28.

NICHOLLS, Barry, RACEY, Paul, 2006. Habitat selection as a mechanism of resource partitioning in two cryptic bat species *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus*. Ecography 2006. Vol. 29, n° 5, pp. 697-708.

PUIG-MONTSERRAT, Xavier, TORRE, Ignasi, LOPEZ-BAUCELLS, Adrià, GUERRIERI, Emilio, M.MONTI, Maurilia, RUTH, Ràfols-Garciaa, FERRER, Xavier, GISBERT, David, Xavier, GISBERT, David et FLAQUER, Carles, 2015. Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: Linking agroecosystems structure to ecological functions. Mammalian Biology. 2015. Vol. 80, n° 3, pp. 237-245.

QUÉRÉ, J.P., GAREL, J.P., ROUS, C, PRADIER, B et DELATTRE, P., 1999. Estimer les dégâts du campagnol terrestre en prairie naturelle. Fourrages. 1999. Vol. 158, pp. 133-147.

RUSS, J. M., BRIFFA, M. et MONTGOMERY, W. I., 2003. Seasonal patterns in activity and habitat use by bats (*Pipistrellus* spp. and *Nyctalus leisleri*) in Northern Ireland, determined using a driven transect. *Journal of Zoology* 2003. Vol. 259, n° 3, pp. 289-299.

RUSS, Jon et MONTGOMERY, Ian, 2002. Habitat associations of bats in Northern Ireland : implications for conservation. Biological Conservation. 2002. Vol. 108, pp. 49-58.

STUDY, Lydie, 2010. La lutte biologique, vers de nouveaux équilibres écologiques. Quae.

INRA. 323 p.

TOMBAL, Jean-Christophe, 1996. Les oiseaux de la région Nord - Pas de Calais. Effectifs et distribution des espèces nicheuses Période 1985-1995. Héron 29. pp 62 ; 66 ; 90.

TOMÉ, Ricardo, 2011. Effects of habitat quality on the abundance , behaviour and breeding performance of owls : barn and little owls in agro-pastoral landscapes of Southern Europe. Thesis, University of Turku. pp 1 – 68.

VERBOOM, B. et SPOELSTRA, K., 1999. Effects of food abundance and wind on the use of tree lines by an insectivorous bat, *Pipistrellus pipistrellus*. Canadian Journal of Zoology. 1999. Vol. 77, n° 9, pp. 1393‑1401.

VERBOOM, B., HUITEMA, H., 1997. The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. Landsc. Ecol. 12, p 117–125.

WANGER, Thomas Cherico, DARRAS, Kevin, BUMRUNGSRI, Sara, TSCHARNTKE, Teja et KLEIN, Alexandra Maria, 2014. Bat pest control contributes to food security in Thailand. Biological Conservation. 2014. Vol. 171, pp. 220‑223.

WHITAKER, John O, NEEFUS, Christopher et KUNZ, Thomas H., 2005. Dietary variation in the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). Journal of Mammalogy. 2005. Vol. 77, n° 3, pp. 716‑724.

WILKINSON, G S et BRADBURY, J W, 1985. Radio telemetry: techniques and analysis. Ecological and Behavioural Methods for the Study of Bats. 1985. Vol. Kunts, n° July 1988, pp. 105‑124.

WILLIAMS-GUILLÉN, Kimberly, PERFECTO, Ivette et VANDERMEER, John, 2008. Bats limit insects in a neotropical agroforestry system. Science. 2008. Vol. 320, n° April, pp. 4‑6.

Webographie

Bulletins de Santé du Végétal réalisés par la FREDON du Nord pas de Calais : http://www.nord-pas-de-calais.chambre-agriculture.fr/bulletin-sante-vegetal/, consulté le 03/08/17.

Cartographie de la Trame Verte et Bleue : http://www.sigale.hautsdefrance.fr/CARTOTHEQUE/ATLAS/TVB/tvb.html, consulté le 25/03/17.

Forum spécialisé sur les Modèles Linéaires Généralisés Mixtes et leur utilisation : https://stackoverflow.com, consulté du 10/05/17 au 26/08/17.

FSD de la ZNIEFF Forêt de Guînes : https://inpn.mnhn.fr/docs/ZNIEFF/znieffpdf/310013720.pdf, consulté le 06/04/17

FSD de la ZNIEFF Marais de Guînes : https://inpn.mnhn.fr/docs/ZNIEFF/znieffpdf/310007010.pdf, consulté le 06/04/17

Météo-Ciel : http://www.meteociel.fr/, consulté du 08/03/17 au 30/08/17

Packages R utilisés : https://cran.r-project.org/web/packages/, consulté du 12/05/17 au 10/08/17

Peterson (enregistreurs et logiciel d'analyse) : http://www.batsound.com/?p=10, consulté le 19/03/17

Site sur la surveillance des campagnols : http://www.campagnols.fr/les-differentes-methodes-de-comptage-et-destimation-des-populations-de-campagnol-terrestre.html#3-, consulté du 13/03/17 au 04/08/17

SRCE Nord Pas de Calais : http://www.nord.gouv.fr/Politiques-publiques/Amenagement-urbanisme-habitat-et-construction/Amenagement-urbanisme-et-planification/Les-documents-locaux-de-planification-PLU-POS-Carte-Communale/Planification-supra-communale-schemas-atlas/Le-Schema-Regional-de-Coherence-Ecologique-SRCE, consulté le 20/03/17

ANNEXE I : Contexte général du mémoire

Le Parc Naturel Régional des Caps et Marais d'Opale (PNR-CMO) situé dans le département du Pas de Calais s'étend sur un vaste territoire délimité par les villes de Boulogne-Sur-Mer, Saint-Omer et Calais et regroupe 154 communes. « La prise en compte des enjeux environnementaux dans les systèmes d'exploitation » et « le renforcement de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines » font partie des mesures engagées dans la Charte du Parc de 2013 à 2025 (mesure 9 et 26). Le PNR-CMO doit également être force de proposition pour décliner le Schéma Régional de Cohérence Ecologique de la TVB du Nord Pas de Calais au niveau local. Il a ainsi pour vocation d'accompagner les différents acteurs de son territoire à répondre à ces enjeux. C'est la raison pour laquelle M. Lefebvre, agriculteur en grandes cultures à Guînes, l'a sollicité en 2009 pour des conseils lorsqu'il a souhaité implanter des haies et bandes enherbées sur son exploitation. Confirmant ainsi sa conversion en agriculture de conservation après avoir progressivement cesser de labourer pour des problèmes d'érosion depuis le milieu des années 90. Désireux de connaître également l'effet de ces aménagements sur la biodiversité et notamment les populations d'auxiliaires de cultures, M. Lefebvre a accepté qu'un suivi scientifique soit mis en place sur ses parcelles. C'est ainsi qu'est né le projet AGRICOBIO axé sur l'agro-écologie et la trame verte et bleue en grandes cultures. Depuis, le projet a progressivement évolué, de nouvelles haies ont été plantées et il a été renommé AGROTRAME lors de la conversion de certaines parcelles en agroforesterie en 2015. Le PNR-CMO s'est associé à différents partenaires qui mènent également des recherches sur les parcelles concernées, il s'agit de la CMNF (Coordination Mammalogique du Nord de la France), l'Université Catholique de Lille, la FREDON du Nord Pas de Calais (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles) et la FLST (Faculté Libre des Sciences et Technologies).

Dans ce cadre, le PNR-CMO et la CMNF travaillent en étroite collaboration depuis le début du projet sur l'étude des populations de chiroptères, hérissons, micromammifères et rapaces. Le présent mémoire porte sur une analyse complémentaire des rapports précédents sur les données obtenues principalement sur les chiroptères depuis 2011 et secondairement sur les rapaces depuis 2016.

ANNEXE II : Photographies de la zone d'étude

Haie la mieux développée sur site atelier entre les parcelles de la « Bien assise » et « Portelettes », lieu de la station d'enregistrement « H3 » (Antonin VIGUIER, Guînes, 2017).

Ligne agro-forestière dans la parcelle de la « Bien Assise », site atelier, lieu de la station d'enregistrement « CAF1 » avec le camping de la Bien Assise en arrière-plan (Antonin VIGUIER, Guînes, 2017)

Haie basse du site témoin, lieu de la station d'enregistrement « H8 » (Antonin VIGUIER, Guînes, 2017).

Talweg sur le site témoin, lieu de la station d'enregistrement « C3 ». (Antonin VIGUIER, Guînes, 2017)

Perchoir dans une ligne agroforestière dans un champ de colza (Antonin VIGUIER, Guînes, 2017).

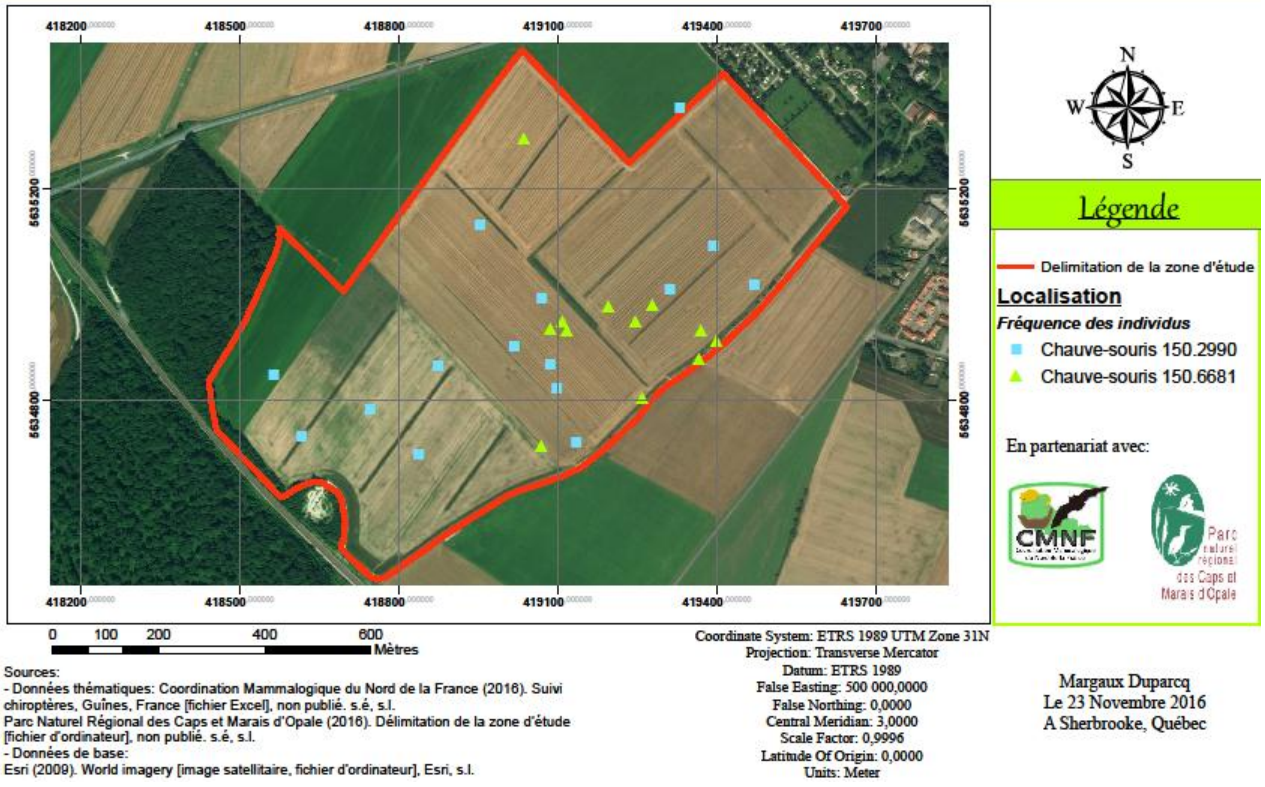
Vue intérieure de la forêt de Guînes (Antonin VIGUIER, Guînes, 2017).

ANNEXE III : Tableau du total de contacts par espèce obtenu avec les deux enregistreurs D500X en 2017

Pipistrelle commune	*Pipistrellus pipistrellus*	1429
Pipistrelle de Nathusius	*Pipistrellus Nathusii*	240
Sérotine commune	*Eptesicus serotinus*	20
Murin indéterminé	*Myotis sp.*	19
Murin à moustaches	*Myotis mystacinus*	13
Sérotine ou Noctule	*Eptesicus sp.ou Nyctalus sp.*	11
Murin de Daubenton	*Myotis Daubentonii*	10
Pipistrelle pygmée	*Pipistrellus pygmaeus*	9
Oreillard gris	*Plecotus austriacus*	5
Murin de Natterer	*Myotis Nattereri*	3
Noctule commune	*Nyctalus noctula*	2
Pipistrelle de Kuhl	*Pipistrellus kuhlii*	2
Noctule de Leisler	*Nyctalus leisleri*	1
Oreillard roux	*Plecotus auritus*	1
Grand Rhinolophe	*Rhinolophus ferrumequinum*	1
Total		**1766**

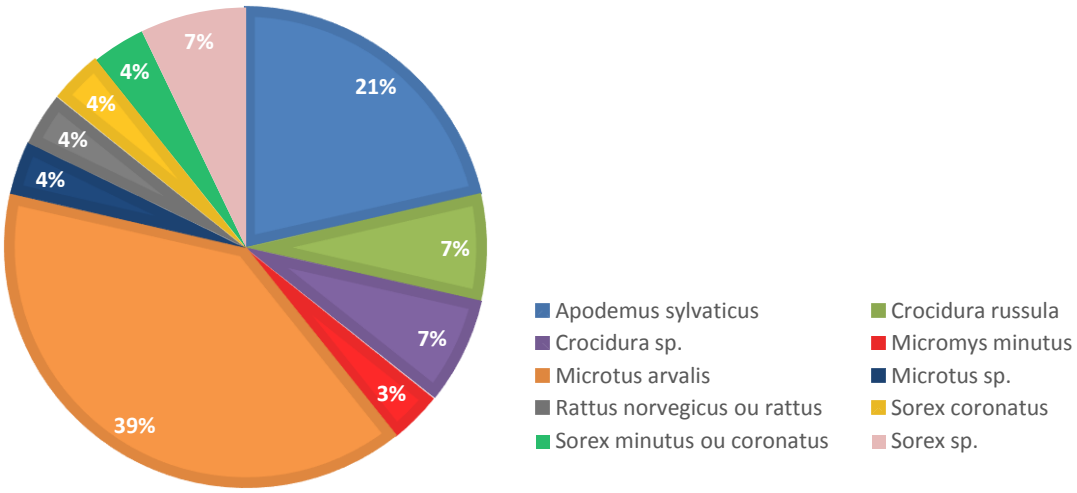
ANNEXE IV : Cartographie du radiopistage en 2016

Etude des déplacements de deux Pipistrelles communes (Pipistrellus pipistrellus) dans le champ d'agroforesterie La Bien Assise (62340 Guînes, Pas-de-Calais, France), suivies par radiopistage du 06/07/2016 au 13/07/2016.



Cette carte a été réalisée par Margaux Duparcq de la CMNF en 2016

ANNEXE V : Proportion des différents micromammifères identifiés dans les pelotes en 2017



ANNEXE VI : Scripts R, Résultats détaillés et graphiques ayant servi à la validation des modèles statistiques.

Activité 2011-2013

Modèle complet :

```
> model1<-lmer(log(Activite+1) ~ Milieu + Zone + Meteo + Temperature + Mois + Temperature : Milieu + Temperature : Zone + Temperature :Meteo + Temperature : Mois + (1|Point), REML=FALSE)
```

Modèle candidat :

```
> model2<-lmer(log(Activite+1) ~ Mois + (1|Point), REML=FALSE)
```

Resultats du modèle candidat :

```
> Anova(model2,type=2)
```

Analysis of Deviance Table (Type II Wald chisquare tests)

```
      Chisq     Df    Pr(>Chisq)
Mois 31.503  11    0.000916 ***
```

```
> summary(model2)
```

Linear mixed model fit by maximum likelihood

t-tests use Satterthwaite approximations to degrees of freedom ['lmerMod']

```
    AIC      BIC   logLik deviance df.resid
  401.7    440.8   -186.8    373.7      107
```

Scaled residuals:

```
    Min       1Q       Median      3Q        Max
-2.89817 -0.67529 -0.09714  0.53893  2.94259
```

Random effects:

```
 Groups   Name     Variance    Std.Dev.
 Point    (Intercept) 0.3522      0.5935
 Residual             1.0849       1.0416
```

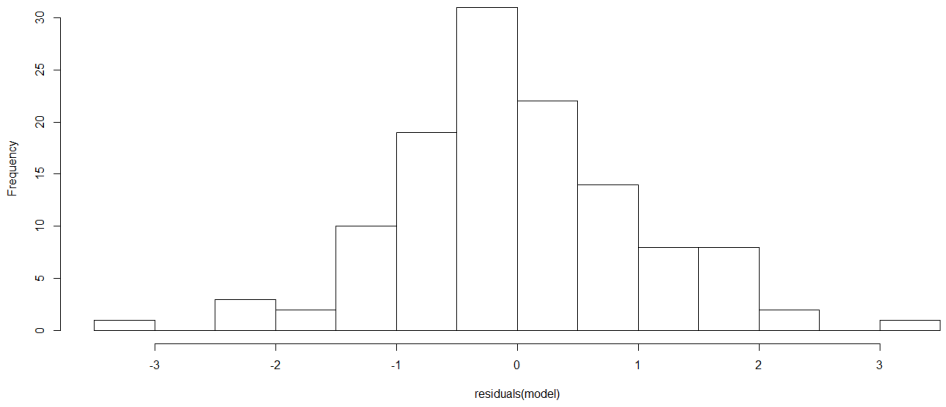
Number of obs: 121, groups: Point, 18

Fixed effects:

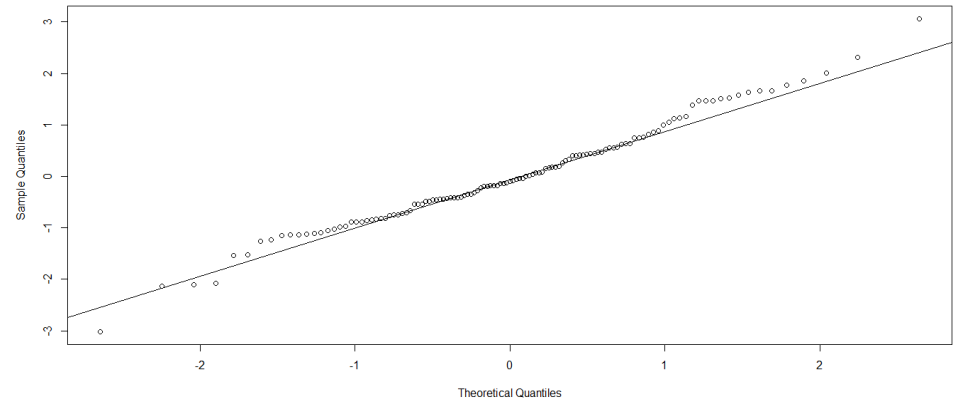
	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(>|t|)	
(Intercept)	0.4992	0.4698	119.8400	1.063	0.29014	
Mois[T.5.2012]	0.5413	0.5968	114.5200	0.907	0.36631	
Mois[T.5.2013]	0.2781	0.8746	107.6600	0.318	0.75110	
Mois[T.6.2011]	1.2790	0.5575	109.4400	2.294	0.02368	*
Mois[T.6.2012]	1.1732	0.5562	109.7600	2.109	0.03720	*
Mois[T.6.2013]	-0.1878	0.6083	112.5000	-0.309	0.75809	
Mois[T.7.2011]	1.5896	0.5271	109.6000	3.016	0.00319	**
Mois[T.7.2012]	1.6978	0.5354	111.5100	3.171	0.00196	**
Mois[T.7.2013]	0.7622	0.4969	112.8300	1.534	0.12782	
Mois[T.8.2011]	1.7158	0.6721	115.0300	2.553	0.01200	*
Mois[T.8.2012]	1.3253	0.5442	114.0500	2.436	0.01642	*
Mois[T.8.2013]	0.7874	0.5939	113.2800	1.326	0.18760	

Vérification de la validité du modèle

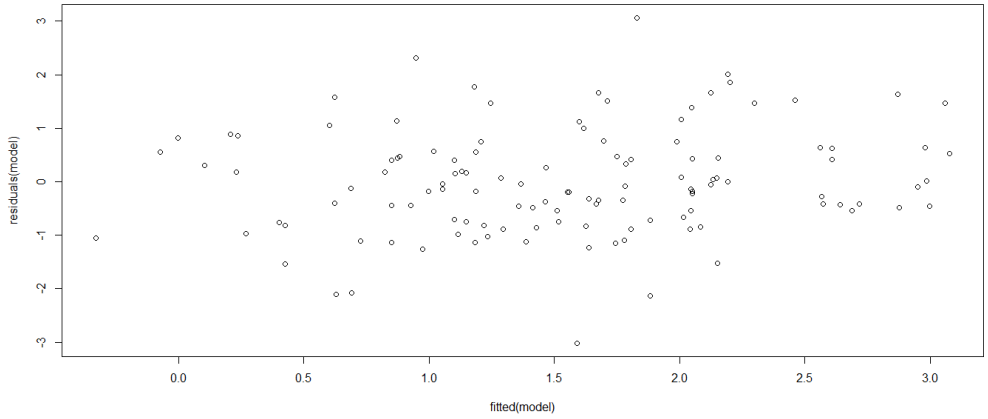
```
> hist(residuals(models2)) # Graphique pour juger de la normalité des résidus
```



> qqnorm(residuals(model2))
> qqline(residuals(model2)) # Graphique pour juger de la normalité des résidus



> plot(residuals(res)~fitted(res)) # Graphique de la valeur d'un résidu selon l'estimé :



Activité 2015-2017

Modèle complet :

> model1<-lmer(log(Activite+1) ~ Milieu + Meteo + Temperature + Mois + Temperature : Milieu + Temperature :Meteo + Temperature : Mois (1|Point), REML=FALSE)

Modèle candidat :

> model2<-lmer(log(Activite+1)~ Milieu + Meteo + Temperature + (1|Point), REML=FALSE)

Resultats du modèle candidat :

```
> Anova(model2,type=2)
Analysis of Deviance Table (Type II Wald chisquare tests)
              Chisq  Df      Pr(>Chisq)
Meteo         9.787   4   0.044173 *
Temperature 10.536  1    0.001171 **
Milieu      28.810      2    5.545e-07 ***
> summary(model2)
Linear mixed model fit by maximum likelihood
t-tests use  Satterthwaite approximations to degrees of freedom ['lmerMod']
     AIC      BIC   logLik deviance df.resid
   106.7    125.2    -43.3     86.7       37
Scaled residuals:
    Min      1Q     Median      3Q     Max
-2.0825 -0.6204 -0.1667  0.5136  3.5341
Random effects:
 Groups   Name        Variance Std.Dev.
 Point    (Intercept)  0.0000   0.0000
 Residual              0.3702   0.6084
Number of obs: 47, groups:  Point, 6
Fixed effects:
                                  Estimate Std. Error       df t value Pr(>|t|)
(Intercept)                      -0.24930    0.49236 47.00000  -0.506  0.61499
Meteo[T.Clair_vent.moyen]     -0.54367    0.24129 47.00000  -2.253  0.02895 *
Meteo[T.Couvert_vent.faible] -0.12400    0.28138 47.00000  -0.441  0.66145
Meteo[T.Couvert_vent.moyen]  -0.29505    0.30240 47.00000  -0.976  0.33421
Meteo[T.Vent_assez.fort]         -0.94771    0.38873 47.00000  -2.438  0.01860 *
```

Temperature 0.10071 0.03103 47.00000 3.246 0.00216 **

Milieu[T.Entre_ligne] -0.43234 0.23108 47.00000 -1.871 0.06758 .

Milieu[T.Haie] 0.75083 0.21683 47.00000 3.463 0.00115 **

Significativité des modalités du facteur Milieu deux à deux :

> lsmeans(model2, specs=pairwise ~ Milieu)

$contrasts

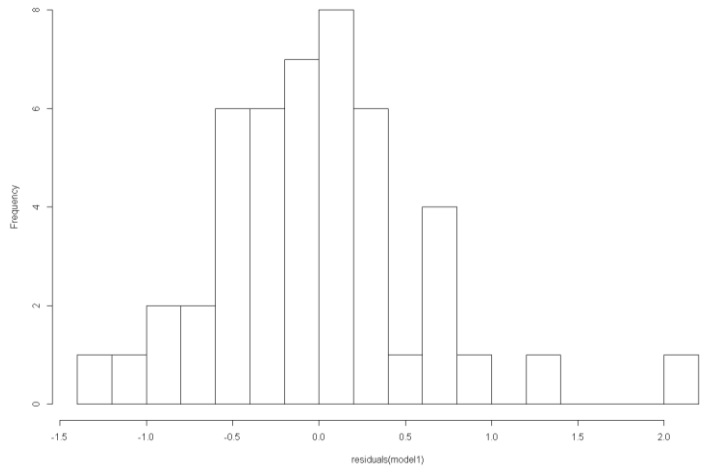
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
Alignement - Entre_ligne	0.4323402	0.2310766	47	1.871	0.1584
Alignement - Haie	-0.7508309	0.2168295	47	-3.463	0.0032
Entre_ligne - Haie	-1.1831711	0.2262340	47	-5.230	<0.0001

Results are averaged over the levels of: Meteo

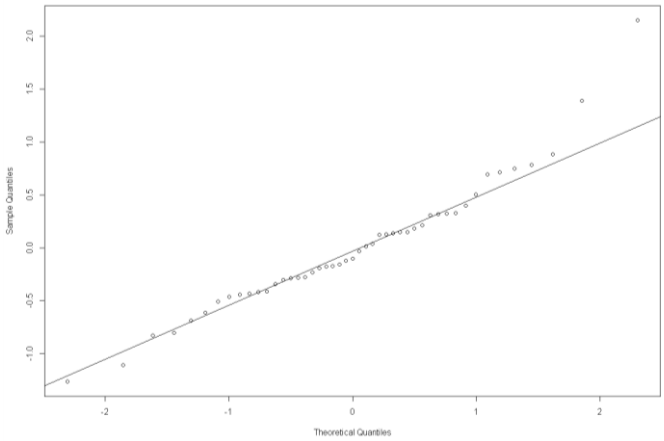
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 3 estimates

Vérification de la validité du modèle

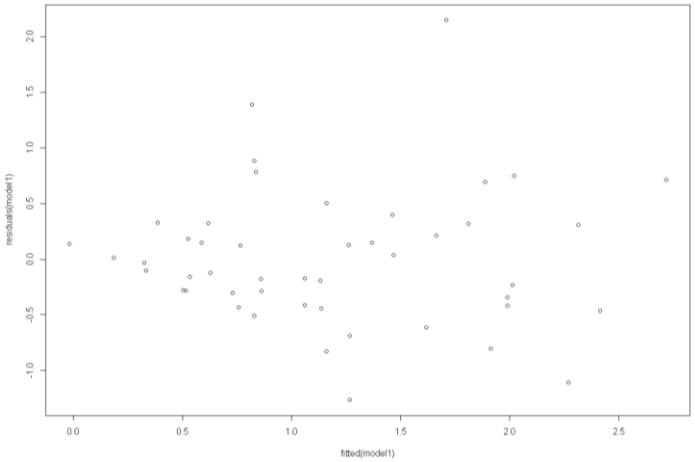
> hist(residuals(models2)) # Graphique pour juger de la normalité des résidus



> qqnorm(residuals(model2))
> qqline(residuals(model2)) # Graphique pour juger de la normalité des résidus



> plot(residuals(model2)~fitted(model2)) # Graphique de la valeur d'un résidu selon l'estimé :



Richesse spécifique 2011-2013

Model complet:

> model1<-glmer(Richesse_specifique ~ Milieu + Zone + Meteo + Temperature + Mois + Temperature : Milieu + Temperature : Zone + Temperature :Meteo + Temperature : Mois + (1|Point), family = poisson)

Modèle candidat :

> model2<-glmer(Richesse_specifique ~ Milieu + (1|Point), family = poisson)

Résultats du modèle candidat :

```
> Anova( model2, type=2)

Analysis of Deviance Table (Type II Wald chisquare tests)

          Chisq  Df    Pr(>Chisq)

Milieu 13.857  3    0.003107 **

> summary(model2)

Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation)
['glmerMod']

 Family: poisson  ( log )

    AIC      BIC   logLik deviance df.resid

  430.8    444.8   -210.4    420.8      116

Scaled residuals:

    Min      1Q    Median    3Q       Max

-1.4649 -0.6556 -0.0733  0.5582  2.7161

Random effects:

 Groups Name        Variance Std.Dev.

 Point  (Intercept)         0        0

Number of obs: 121, groups:  Point, 18

Fixed effects:

                          Estimate       Std. Error   z value  Pr(>|z|)

(Intercept)              1.10809        0.09713    11.408   < 2e-16 ***

Milieu[T.Foret]          0.04459    0.14128   0.316  0.75230

Milieu[T.Haie]          -0.36312    0.13977  -2.598  0.00938 **

Milieu[T.Prairie_humide]  0.25003    0.19495   1.283  0.19965
```

Significativité des modalités du facteur Milieu deux à deux

```
> lsmeans(model2, specs=pairwise ~ Milieu)
```

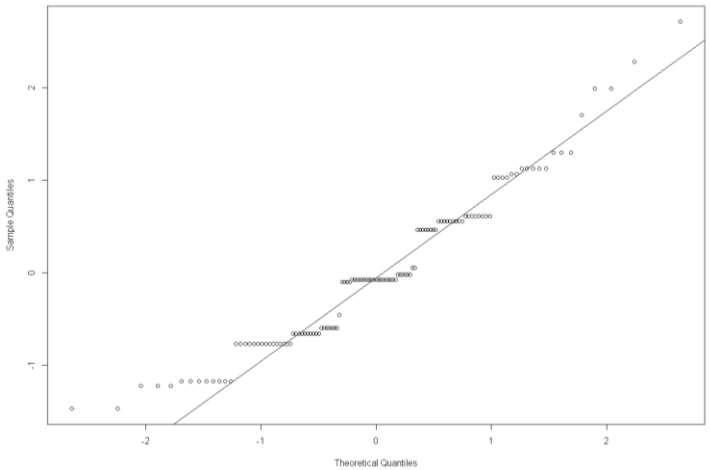
$contrasts

contrast	estimate	SE	df	z.ratio	p.value
Champ - Foret	-0.04458848	0.1412808	NA	-0.316	0.9891
Champ - Haie	0.36311878	0.1397675	NA	2.598	0.0463
Champ - Prairie_humide	-0.25003245	0.1949497	NA	-1.283	0.5741
Foret - Haie	0.40770726	0.1436222	NA	2.839	0.0235
Foret - Prairie_humide	-0.20544397	0.1977315	NA	-1.039	0.7265
Haie - Prairie_humide	-0.61315124	0.1966531	NA	-3.118	0.0098

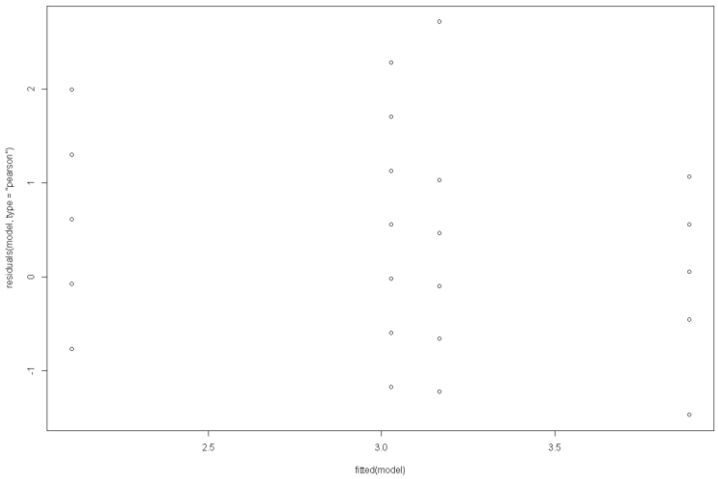
P value adjustment: tukey method for comparing a family of 4 estimates

Vérification de la validité du modèle :

```
> qqnorm(residuals(model2,type='pearson'))
> qqline(residuals(model2,type='pearson')) # Graphique pour juger de la normalité des résidus
```



> plot(residuals(model2,type='pearson')~fitted(model2)) # Graphique de la valeur d'un résidu selon l'estimé :



Richesse spécifique 2015-2017

Modèle complet :

> model1<-glmer(Richesse_specifique ~ Milieu + Meteo + Temperature + Mois + Temperature : Milieu + Temperature :Meteo + Temperature : Mois + (1|Point), family = poisson)

Modèle candidat :

Aucun facteurs ou covariables n'étaient significatifs donc le modèle candidat n'a pas été réalisé.

Probabilité de chasse 2011-2013

Modèle complet :

> model1<-glmer(Type.activite ~ Milieu + Zone + Meteo + Temperature + Mois + Temperature : Milieu + Temperature : Zone + Temperature :Meteo + Temperature : Mois + (1|Point), family = binomial)

Modèle candidat :

> model2<-glmer(Type.activite ~ Meteo + Mois + (1|Point), family=binomial)

Resultats du modèle candidat :

```
> Anova(model2,type=2)
```

Analysis of Deviance Table (Type II Wald chisquare tests)

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	
Mois	87.680	10	1.542e-14	***
Meteo	21.317	7	0.003328	**

```
> Summary(model2)
```

Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation) ['glmerMod']

Family: binomial (logit)

AIC	BIC	logLik	deviance	df.resid
3422.6	3546.3	-1692.3	3384.6	4938

Scaled residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-10.5003	0.2448	0.3112	0.3847	0.8724

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
Point	(Intercept)	0.4087	0.6393

Number of obs: 4957, groups: Point, 18

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	
(Intercept)	-1.2267	0.5856	-2.095	0.036190	*
Mois[T.5.2012]	3.3480	0.6068	5.517	3.44e-08	***
Mois[T.5.2013]	3.3537	0.9764	3.435	0.000593	***
Mois[T.6.2011]	2.4992	0.6011	4.158	3.21e-05	***
Mois[T.6.2012]	4.3733	0.6356	6.880	5.97e-12	***
Mois[T.6.2013]	18.4826	25.8908	0.714	0.475310	

Mois[T.7.2011] 2.7020 0.5635 4.795 1. 63e-06 ***

Mois[T.7.2012] 3.5300 0.5945 5.938 2.89e-09 ***

Mois[T.7.2013] 3.5453 0.5900 6.009 1.86e-09 ***

Mois[T.8.2011] 2.3535 0.5855 4.020 5.83e-05 ***

Mois[T.8.2012] 3.6669 0.5974 6.139 8.33e-10 ***

Meteo[T.Clair_vent.faible] 0.9995 0.3259 3.067 0.002161 **

Meteo[T.Clair_vent.fort] 2.1219 0.8895 2.386 0.017048 *

Meteo[T.Clair_vent.moyen] 2.9725 0.8517 3.490 0.000483 ***

Meteo[T.Couvert_ss.vent] -0.3261 0.1507 -2.164 0.030465 *

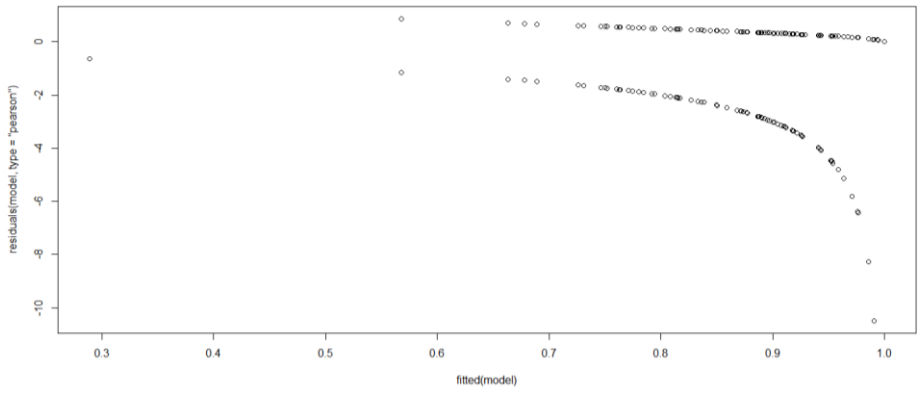
Meteo[T.Couvert_vent.moyen] -0.9794 43.9505 -0.022 0.982220

Meteo[T.Pluie.leg_ss.vent] 0.1206 0.3182 0.379 0.704753

Meteo[T.Pluie.leg_vent.faible] -0.1258 0.2847 -0.442 0.658483

Vérification de la validité du modèle :

> plot(residuals(model2,type='pearson')~fitted(model2)) # Graphique de la valeur d'un résidu selon l'estimé :



Probabilité de chasse 2015-2017

Modèle complet

> model1<-glmer(Type.activite ~ Milieu + Meteo + Temperature + Mois + Temperature : Milieu + Temperature :Meteo + Temperature : Mois + (1|Point), family = binomial)

Modèle candidat

```
> model2<-glmer(Type_contact ~ Meteo + Temperature + Mois + Temperature :Meteo +
Temperature : Mois + (1|Point), family = binomial)
```

Résultats :

```
> Anova(model2,type=3)
```

Analysis of Deviance Table (Type III Wald chisquare tests)

	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
(Intercept)	10.393	1	0.0012646 **
T_23H	26.954	1	2.084e-07 ***
Meteo	21.267	4	0.0002804 ***
Mois	104.403	8	< 2.2e-16 ***
T_23H:Meteo	23.007	4	0.0001262 ***
T_23H:Mois	31.449	6	2.081e-05 ***

```
Summary(model2)
```

Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation) ['glmerMod']

Family: binomial (logit)

AIC	BIC	logLik	deviance	df.resid
1291.8	1427.1	-620.9	1241.8	1630

Scaled residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.2635	0.1900	0.2718	0.3597	2.5816

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
Point	(Intercept)	1.775	1.332

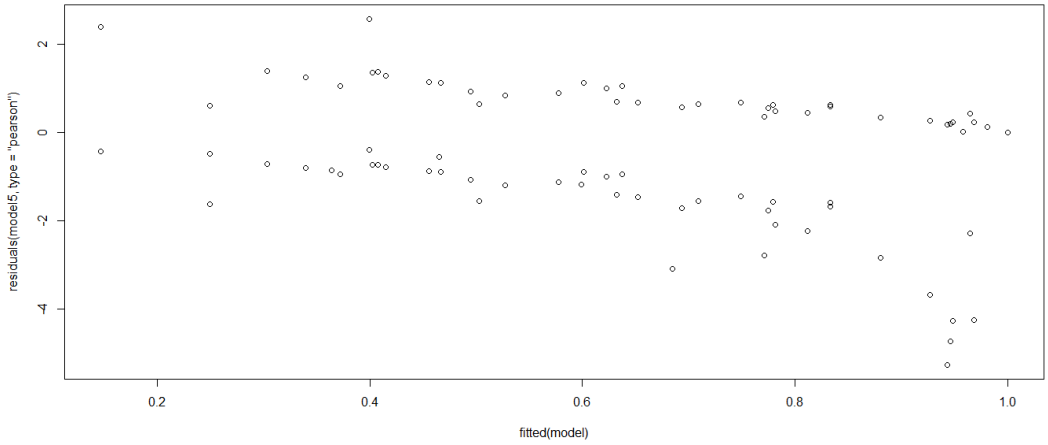
Number of obs: 1655, groups: Point, 6

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	
(Intercept)	-4.58050	1.42079	-3.224	0.001265	**
T_23H	0.37011	0.07129	5.192	2.08e-07	***
Meteo[T.Clair_vent.moyen]	3.78871	3.98254	0.951	0.341436	
Meteo[T.Couvert_vent.faible]	-14.67449	4.11413	-3.567	0.000361	***
Meteo[T.Couvert_vent.moyen]	-20.11064	4.73853	-4.244	2.20e-05	***
Meteo[T.Vent_assez.fort]	-15.82034	4.89221	-3.234	0.001222	**
Mois[T.6.2016]	85.20995	21.40106	3.982	6.85e-05	***
Mois[T.6.2017]	-2.58944	3.32861	-0.778	0.436608	
Mois[T.7.2015]	2.42482	1.42052	1.707	0.087824	.
Mois[T.7.2016]	12.02238	3.16066	3.804	0.000143	***
Mois[T.7.2017]	2.43448	2.84092	0.857	0.391481	
Mois[T.8.2015]	13.40796	762.89436	0.018	0.985978	
Mois[T.8.2016]	-3.75634	0.48111	-7.808	5.83e-15	***
Mois[T.8.2017]	-11.81431	10.45674	-1.130	0.258549	
T_23H:Meteo[T.Clair_vent.moyen]	-0.26152	0.25007	-1.046	0.295654	
T_23H:Meteo[T.Couvert_vent.faible]	0.99733	0.26901	3.707	0.000209	***
T_23H:Meteo[T.Couvert_vent.moyen]	1.31596	0.28892	4.555	5.24e-06	***
T_23H:Meteo[T.Vent_assez.fort]	0.89170	0.26977	3.305	0.000949	***
T_23H:Mois[T.6.2016]	-6.15907	1.54715	-3.981	6.86e-05	***
T_23H:Mois[T.6.2017]	0.13491	0.18788	0.718	0.472708	
T_23H:Mois[T.7.2015]	-0.19516	0.08559	-2.280	0.022593	*
T_23H:Mois[T.7.2016]	-0.84125	0.19615	-4.289	1.80e-05	***
T_23H:Mois[T.7.2017]	-0.12898	0.17116	-0.754	0.451102	
T_23H:Mois[T.8.2017]	0.84867	0.74523	1.139	0.254787	

Vérification de la validité du modèle :

> plot(residuals(model2,type='pearson')~fitted(model2)) # Graphique de la valeur d'un résidu selon l'estimé :



	Diplôme : Ingénieur agronome Spécialité : Génie de l'environnement Spécialisation / option : Préservation et aménagement des milieux - Ecologie quantitative Enseignant référent : Didier Le Cœur

Auteur(s) : Antonin VIGUIER Date de naissance* : 30/12/1993	Organisme d'accueil : Parc Régional des Caps et Marais d'Opale (PNR-CMO) Adresse : Manoir du Huisbois, 62142 Le Wast.
Nb pages : 58 p Annexe(s) : 6, 21 p	Maître de stage : Mathieu BOUTIN
Année de soutenance : 2017	

Titre français: Etude des effets de la mise en place d'éléments agroforestiers sur les chiroptères et rapaces ; prédateurs pouvant jouer un rôle d'auxiliaires, dans un système de grandes cultures à Guînes (Pas-de-Calais).

Titre anglais :Study of the effects of the establishment of agroforestry elements on bats and raptors; predators that can be considered as auxiliaries, in an openfield in Guînes (Pas-de-Calais).

Résumé :

Les milieux agricoles ont un rôle central à jouer sur la conservation de la biodiversité, l'amélioration des continuités écologiques et la réduction de l'emploi des produits phytosanitaires. La mise en place d'aménagements agroforestiers (haies, alignements boisés au sein des parcelles, leurs bandes enherbées attenantes et perchoirs) peut attirer la faune en contexte de grandes cultures. Certains prédateurs comme les rapaces ou les chauves-souris pourraient limiter dans une certaine mesure les dégâts causés par les ravageurs de cultures. L'étude menée à Guînes aux moyens de protocoles d'enregistrements d'ultrasons et de radiopistage pour les chiroptères ainsi que de récolte de pelotes et d'observations des rapaces vise à tester l'effet d'aménagements agroforestiers récents sur la fréquentation, le type d'activité et la richesse spécifique de ces deux taxons. Les résultats obtenus montrent que les haies plantées fonctionnent comme corridor et terrain de chasse pour les chiroptères et que les perchoirs sont utilisés par certains rapaces. La diversité et les effectifs de ces animaux semblent modestes attestant d'un contexte défavorable pour ces espèces à plus grande échelle. Les plantations intra-parcellaires sont encore trop peu développées pour qu'un effet similaire à celui des haies soit constaté.

Abstract :

Agricultural areas have an essential responsibility for the conservation of biodiversity, the improvement of the ecological continuity and the reduction of pesticides use. The establishment of agroforestry framework (hedgerows, trees and shrubs plantations, their grass strips and perches) can attract fauna in the context of open field. Some predators such as raptors or bats may limit to some extent the damage caused by crop pests. The study conducted in Guînes using ultrasounds recordings and radio-tracking for bats and the pellet collection and observations of raptors aims to test the effect of recent agroforestry elements on the frequentation, the behavior and the species richness of these two taxa. The results show that planted hedgerows are used as corridors and for hunting by bats and that perches are used by some raptors. The diversity and the number of these animals appear quite low, attesting to an unfavorable global landscape for these species. A similar effect is not observed around plantings within field crops that are not developed enough.

Mots-clés : agroforesterie, corridor, grandes cultures, chiroptères, rapaces, haie, éléments semi-naturels.

Key Words: agroforestry, corridor, field crops, bats, raptors, hegderow, semi-natural elements.

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