

Master 1 Biologie, écologie et évolution

Parcours Ecologie, évolutive et comportementale

**Etude par inventaire acoustique de l'impact de l'urbanisme sur
les Chiroptères des communes de Luynes et de Fondettes (Indre-
et-Loire) lors de la période de transit.**



Pipistrelle commune

ANEPE CAUDALIS

Tuteurs professionnels : Renauld BAETA

1 Rue de la Mairie

Éric SANSAULT

37520 La Riche

CAUDALIS

ASSOCIATION NATURALISTE D'ÉTUDE ET DE PROTECTION DES ÉCOSYSTÈMES



Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps les membres de l'association CAUDALIS, Renaud BAETA et Éric SANSAULT de m'avoir accueillie, de leur gentillesse et de la confiance qu'ils m'ont accordée. Je les remercie également de m'avoir transmis leurs connaissances naturalistes dans le domaine des Chiroptères.

Je voudrais remercier François BONNEFON avec qui j'ai réalisé la prospection de gîtes de reproduction de chauves-souris et les déplacements du détecteur d'ultrasons durant ma période de stage.

Je remercie également la Ligue de Protection des Oiseaux de Touraine, tout particulièrement Natacha GRIFFAUT, pour ses conseils et son aide.

Enfin, je souhaite remercier les mairies de Luynes et de Fondettes ainsi que les particuliers de ces 2 communes qui nous ont laissé pénétrer dans leurs bâtiments et qui ont eu la gentillesse d'accepter la pose du détecteur d'ultrasons sur leur terrain afin de mener à bien notre étude.

Table des matières

| | |
|---|--------------|
| I. Introduction..... | 7-9 |
| II. Matériel et Méthodes | 11-19 |
| 1. Zone d'étude | 11 |
| 2. Modèle biologique | 11-15 |
| 3. Protocole d'étude de l'impact de l'urbanisme sur les Chiroptères | 15-19 |
| 4. Analyses statistiques | 19 |
| III. Résultats | 19-21 |
| IV. Discussion | 21-27 |
| V. Bibliographie..... | 29-31 |
| VI. Annexes | 33-41 |

I. Introduction

La Touraine est une région présentant de nombreux habitats favorables aux Chiroptères comme des vallées alluviales, des forêts, de nombreuses cavités, des troglodytes et d'anciens bâtiments tels que des granges. Ainsi, l'Indre-et Loire est considéré comme l'un des départements avec la plus grande richesse en chauves-souris de France car 22 espèces y ont été répertoriées (LPO Touraine, 2019). Plusieurs espèces présentes en Indre-et-Loire sont néanmoins menacées et classées sur la liste rouge des espèces menacées à l'échelle aussi bien régionale que nationale (Chatton, 2013 ; UCN France, 2017) (Annexe 1).

Les Chiroptères sont des animaux protégés par la loi française (Dietz et al., 2009). Ainsi, pour toutes les chauves-souris vivant en France, il est strictement interdit de les détruire, de les capturer, de les détenir, de les transporter, d'en faire le commerce et de détruire, altérer ou dégrader les sites où elles sont présentes (Dietz et al., 2009). De plus, les Chiroptères sont un atout dans la lutte contre les insectes ravageurs des cultures et les moustiques (LPO Touraine, 2019). Cependant, les populations de chauves-souris françaises sont en baisse. Ainsi, entre 2006 et 2016 les populations ont diminué de 38% en France (Commissariat général au développement durable, 2019). Les causes de ce déclin sont multiples et classées en grandes catégories. On trouve les épisodes d'épizootie (maladies mortelles pour les Chiroptères), l'aménagement du territoire (destruction des milieux naturels entraînant la disparition des gîtes, la destruction des territoires de chasse des Chiroptères et l'éclairage urbain), les perturbations et aménagements des gîtes (rénovation, fermeture des entrées des bâtiments et des cavités), les infrastructures de transport et éoliennes (risques de collision, barrières des axes de transit des chauves-souris). Enfin, les mauvaises gestions forestières et l'agriculture intensive, avec utilisation de pesticides entraînant le déclin des insectes qui sont la principale ressource alimentaire des chauves-souris et la suppression des haies qui sont des corridors de déplacements, participent également à la disparition des Chiroptères (Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la Mer, 2017).

Afin de mieux les préserver, l'étude des Chiroptères d'Indre-et-Loire a commencé dans les années 1990 (Groupe Chiroptères Centre Val de Loire, 2019). Le but étant d'avoir des connaissances afin d'aménager, protéger les sites les hébergeant, accompagner les particuliers et collectivités vers une meilleure cohabitation. Elle s'inscrit aujourd'hui dans le contexte de réalisation d'un Atlas des Chiroptères mené par différentes associations naturalistes : le Groupe



Oreillards roux (Source: Éric Sansault)

Chiroptères d'Indre-et-Loire, la Ligue pour la Protection des Oiseaux de Touraine (LPO), le Comité Départemental de Spéléologie d'Indre-et-Loire et l'Association Naturaliste d'Etude et de Protection des Ecosystèmes CAUDALIS (ANEPE CAUDALIS). La conception de cet Atlas Chiroptères a pour objectif de mieux connaître la répartition des chauves-souris dans le département. Pour cela, entre 2015 et 2020 des inventaires qualitatifs et quantitatifs des gîtes d'hibernation (novembre/mai), des gîtes de reproduction (mai/août), des territoires de chasse (avril/octobre) et des sites de regroupement pour l'accouplement (septembre/octobre) seront effectués (Groupe Chiroptère Centre Val de Loire, 2015).

Les études débutées depuis l'hiver 2011/2012 ont permis de connaître relativement bien les sites d'hibernation des Chiroptères en Indre-et-Loire. Ainsi, ce département héberge environ le tiers des chauves-souris hibernants en Centre-Val de Loire. De plus, parmi les sites d'hibernation d'Indre-et-Loire, un secteur a été classé d'importance internationale, six d'importance nationale et 11 d'importance régionale dont un à Luynes (Baeta et al., 2017). Cependant, l'activité des Chiroptères durant la période de transition du printemps, ainsi que la répartition des colonies de reproduction en été sont encore assez peu connues dans le département. Or, il est important d'avoir des informations aussi bien concernant les territoires de chasse, que les gîtes de reproduction et les lieux d'hibernation afin de protéger au mieux les chauves-souris. En effet, la disparition de l'un de ces trois milieux met à mal toutes les démarches de protection (Arthur et al., 2005).

Ainsi, en plus de collecter et préciser des informations concernant la période de transition du printemps pour la rédaction de l'Atlas Chiroptères d'Indre-et-Loire, ce stage a également pour objectif d'analyser l'impact de l'urbanisme sur la richesse spécifique et l'activité globale des chauves-souris durant cette période. En effet, l'urbanisme expose les chauves-souris à la plupart des menaces énoncées précédemment qui auraient pour conséquence de diminuer leurs populations.

L'étude a donc été réalisée sur les communes de Fondettes et de Luynes qui sont des villes se caractérisant par des paysages très variés, allant de zones avec un fort taux d'urbanisme à des zones naturelles peu occupées par l'Homme. Le but de cette analyse est donc de savoir si la richesse spécifique et l'activité des Chiroptères sont influencées par l'urbanisation. Pour cela, une étude basée sur l'analyse des émissions acoustiques des chauves-souris durant leur période de transit entre les gîtes d'hibernation et les gîtes de reproduction a été menée dans des milieux urbanisés et des milieux non urbanisés.

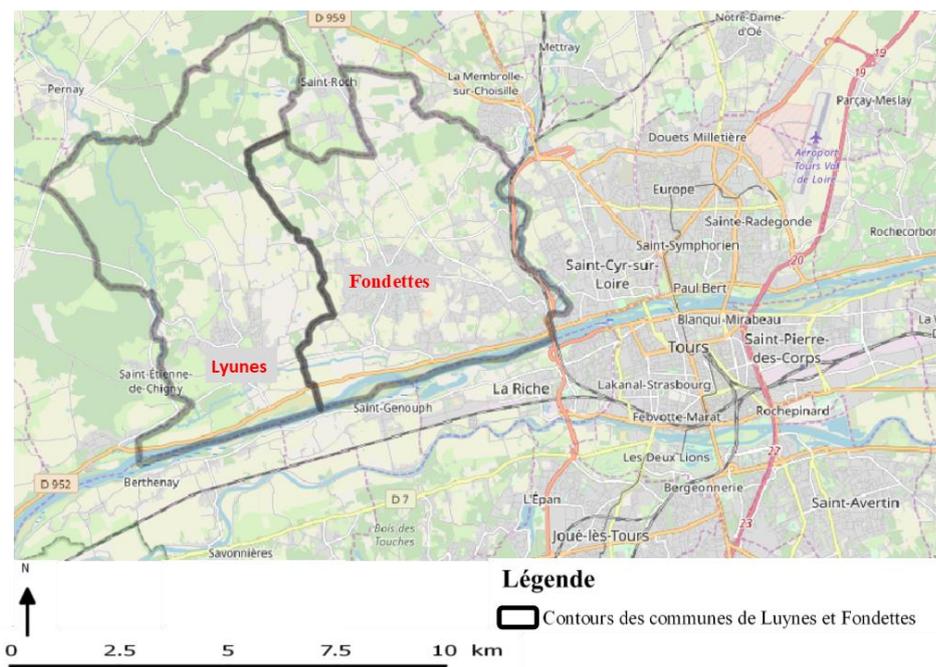


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude. (Source : Open Street Map)

Tableau I: Caractéristiques des communes de Luynes et Fondettes. (Sources : annuaire-mairie.fr et INSEE)

| Caractéristiques | Commune de Fondettes | Commune de Luynes |
|---|----------------------|-------------------|
| Superficie (km ²) | 31.8 | 34 |
| Nombre d'habitants (en 2015 - INSEE) | 10 493 | 5 153 |
| Densité de population (en 2015 - INSEE) | 329.7 | 151.5 |
| Altitude (m) | De 42 à 100 | De 39 à 105 |

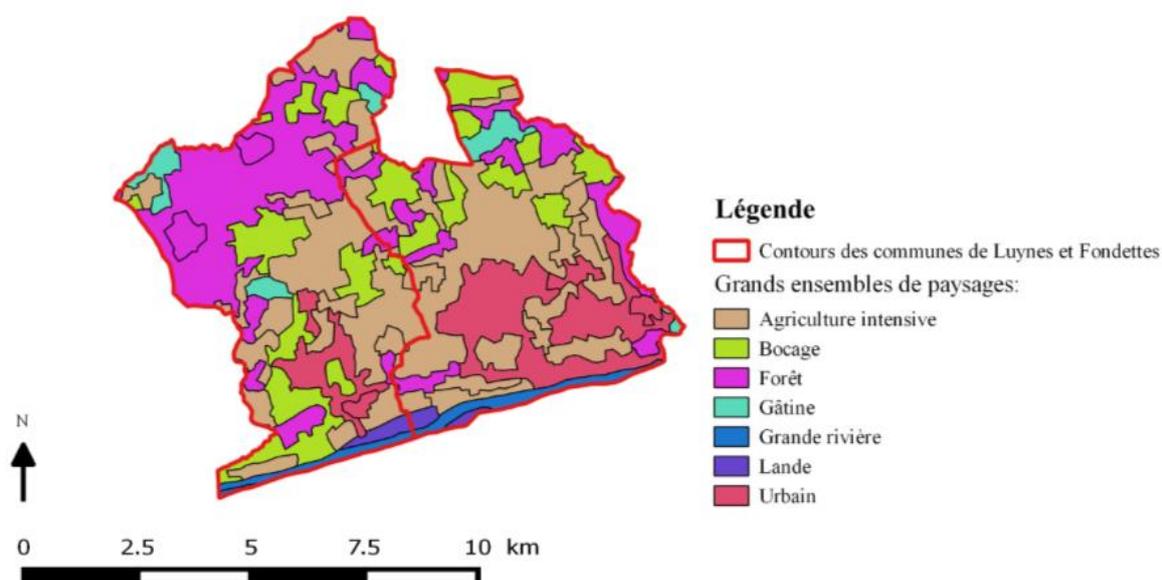


Figure 2: Carte des grands ensembles de paysages des communes de Luynes (Ouest) et Fondettes (Est). (Source : Corine Land Cover)

II. Matériel et Méthodes

1. Zone d'étude

Situées au nord de Tours, dans le département de l'Indre-et-Loire (37), les communes de Luynes et de Fondettes sont limitrophes l'une de l'autre (Figure 1) et elles appartiennent toutes deux à l'agglomération « Tours Métropole Val de Loire ». Ces deux communes ont une superficie semblable mais un nombre d'habitants différent (Tableau I). En ce qui concerne les caractéristiques du milieu, ces communes sont bordées au sud par la Loire qui est à l'origine de la formation d'un coteau avec de nombreuses habitations troglodytiques. Luynes et Fondettes forment un plateau cultivé avec de l'agriculture intensive mais aussi des parcelles de bocage. La partie nord de ces deux communes est boisée et présente les caractéristiques de la gâtine boisée (Figure 2) (Direction Départementale de l'Équipement, 2016).

2. Modèle biologique

Les Chiroptères, plus communément appelés chauves-souris, sont des mammifères placentaires classés phylogénétiquement parmi les Scrotifères. Ils sont divisés en deux sous-ordres les Yinpterochiroptera et Yangochiroptera (Arthur et al., 2015). Suite à des comparaisons génétiques, 18 familles ont été répertoriées et il existerait entre 1000 et 1200 espèces différentes dans le monde dont environ 34 espèces en France (Arthur et al., 2015). En région Indre-et-Loire, 22 espèces ont été identifiées (LPO Touraine, 2019) (Annexe 1).

Les Chiroptères sont des mammifères présentant cinq particularités : un vol actif, une grande longévité comparée aux autres mammifères de même taille, une longue viabilité des spermatozoïdes, un sonar et une multiplicité des niches écologiques (Dietz et al., 2009).

Ainsi, les chauves-souris vivent dans des milieux variés à travers le monde, artificiels ou naturels, ce qui explique la grande diversité en termes de morphologie (taille, poids, pelage, forme des ailes, forme des oreilles et proportion du corps) et de régime alimentaire (insectivore, nectarivore, pollinivore, carnivore, hématophage ou frugivore) (Arthur et al., 2005). Les Chiroptères se caractérisent par une aile constituée d'un patagium permettant un vol actif. Le patagium est une membrane alaire de peau souple reliant les doigts entre eux, sauf le pouce et qui se rattache au corps, aux pattes arrières et à la queue (Arthur et al., 2015). De plus, les

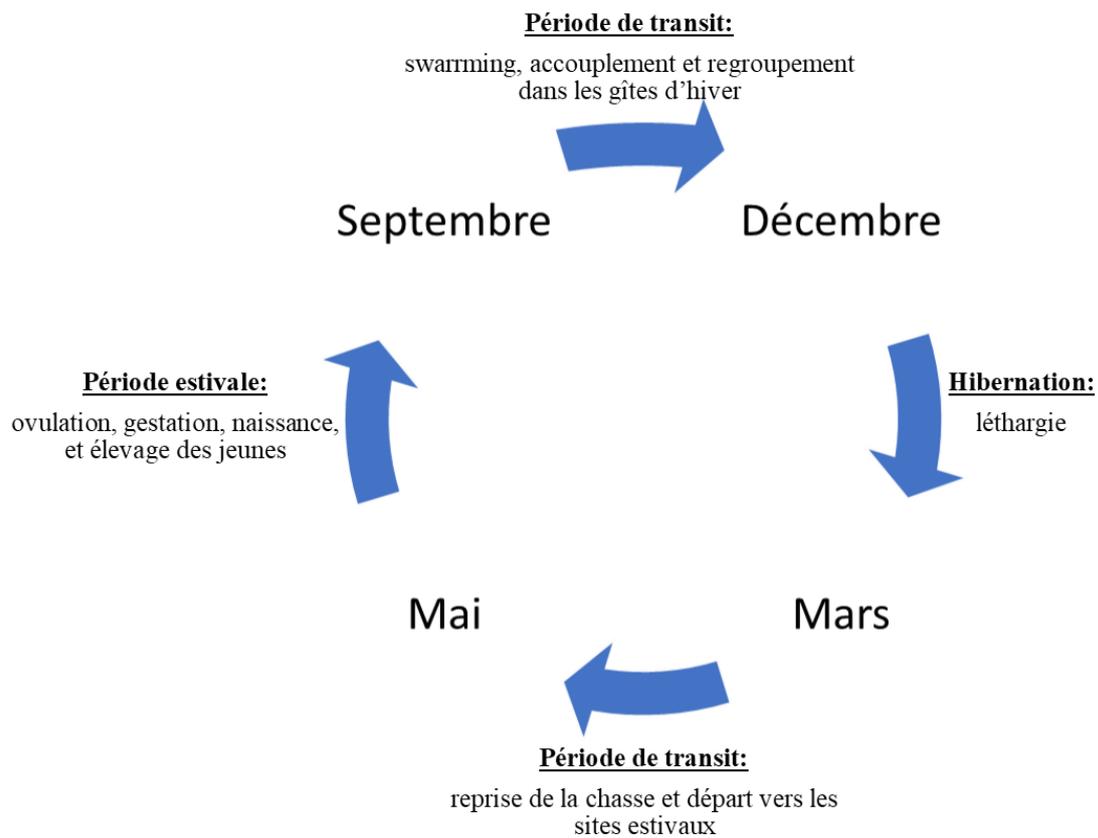


Figure 3: Cycle annuel de Chiroptères de France.

chauves-souris ont la particularité de se reposer durant la journée en s'accrochant la tête en bas grâce aux griffes des orteils et elles sont actives pendant la nuit (Arthur et al., 2015). Cette vie nocturne leur permet d'échapper à leurs principaux prédateurs qui sont les rapaces mais aussi d'éviter la compétition alimentaire avec les oiseaux diurnes (Dietz et al., 2009). Cependant, ce mode de vie nécessite un système particulier afin de percevoir son environnement dans la nuit, de détecter, identifier, localiser et capturer ses proies. Les Chiroptères utilisent l'écholocation ultrasonore qui requière un système émetteur, un système récepteur et un analyseur (Arthur et al., 2015). Ainsi, elles émettent des ultrasons par la gueule ou les narines puis leur écho retour est perçu par les pavillons des oreilles composés d'un tragus et il est analysé par le cerveau pour construire une image en trois dimensions de leur environnement (Arthur et al., 2015). Le retard de l'écho indique alors la distance entre la chauve-souris et les objets de l'environnement. Il existe une grande variabilité de cris chez les Chiroptères en fonction du milieu de vie et du mode de chasse (Arthur et al., 2015). Ainsi, une chauve-souris chassant de petites proies dans un milieu avec une végétation dense, utilise des cris courts avec une haute fréquence et une grande largeur de bande (Siemers et al., 2004).

En France, les chauves-souris se nourrissent quasiment exclusivement d'Arthropodes et chassent principalement en forêts au niveau des lisières, des chemins forestiers, des haies, et des zones avec présence d'eau (Dietz et al., 2009). Elles pratiquent différentes techniques de chasse selon leur milieu de vie : la chasse en plein ciel, la chasse près de la végétation, la chasse au sol, la chasse à l'affut et la chasse au-dessus de l'eau (Dietz et al., 2009)

Les Chiroptères se caractérisent par un cycle annuel particulier (Figure 3). Ainsi, durant l'automne, les chauves-souris se regroupent, parodent, c'est ce que l'on nomme le « swarming », s'accouplent et constituent des réserves de graisses. A la fin de l'automne, elles rejoignent un lieu d'hibernation avec des conditions stables comme les grottes ou les caves. Durant l'hiver, les chauves-souris sont en léthargie profonde, le sperme est stocké dans l'oviducte et l'utérus de la femelle. Au début du printemps, elles sortent d'hibernation et reconstituent leurs réserves énergétiques. A cette même période a lieu l'ovulation et la fécondation. Il s'agit donc d'un phénomène d'ovulation différée. Les femelles s'installent alors dans un nouveau site pour la parturition et l'élevage des jeunes comme par exemple les toitures, les combles, ou les granges. Les mâles, solitaires ou vivant en petits groupes, occupent eux un autre site durant l'été. Les sites d'hiver et d'été sont reliés par des axes de transit qui empruntent souvent des corridors naturels comme des réseaux de haies, des lisières ou des petites vallées (Dietz et al, 2009). Après une gestation débutant au mois de mai et qui varie entre 40 et 70 jours

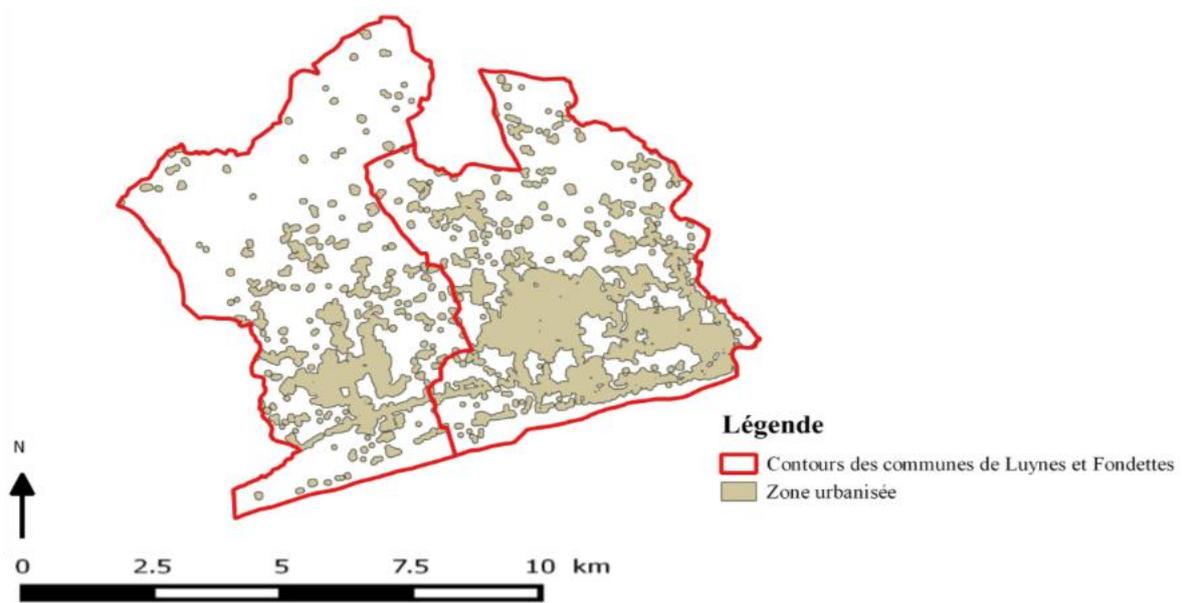


Figure 4: Carte représentant les zones urbanisées des communes de Luynes (Ouest) et Fondettes (Est).
(Source Open Street Map)

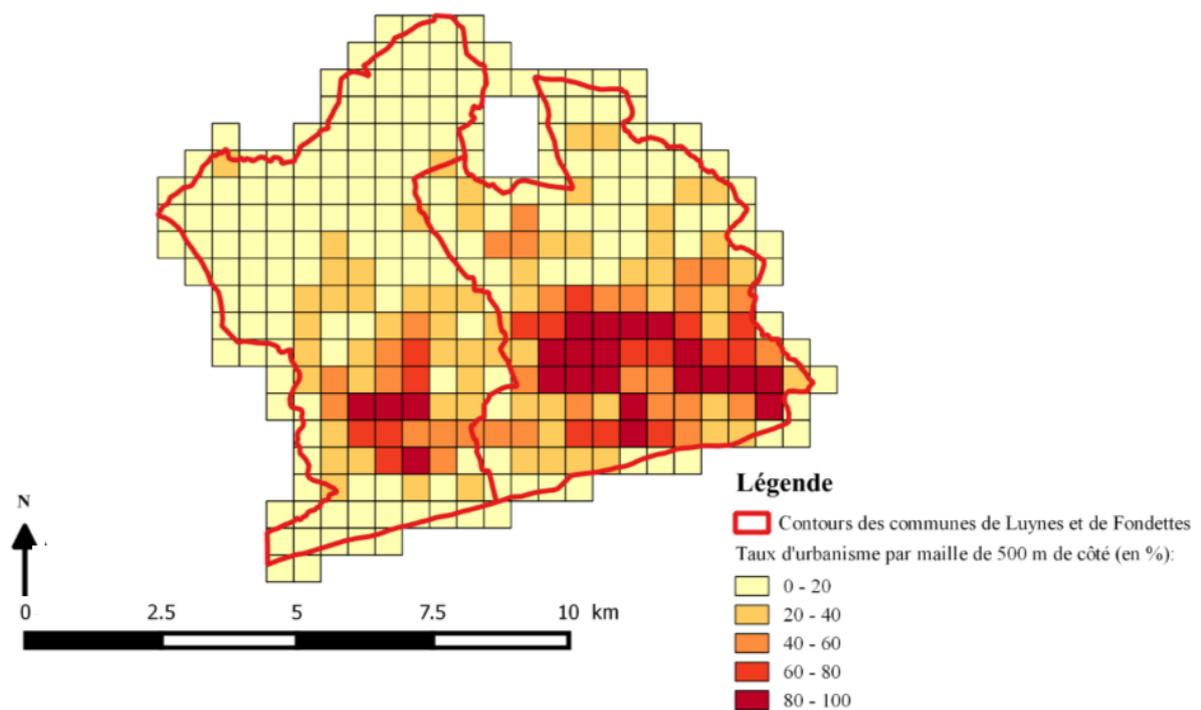


Figure 5: Carte représentant le taux d'urbanisme des communes de Luynes (Ouest) et Fondettes (Est).

en fonction du climat, les femelles donnent naissance à un jeune par an auquel elles apportent beaucoup de soins parentaux (Arthur et al., 2015).

3. Protocole d'étude de l'impact de l'urbanisme sur les Chiroptères

Afin d'étudier l'impact de l'urbanisme sur la richesse spécifique et l'activité globale des Chiroptères durant la période de transit du printemps dans les communes de Fondettes et de Luynes, les ultrasons émis par les chauves-souris ont été enregistrés dans différents milieux puis analysés. En effet, chaque Chiroptère émet des ultrasons caractéristiques de son espèce. Il est donc possible d'identifier la plupart des chauves-souris en analysant les caractéristiques des ultrasons telles que la durée du signal, les fréquences, l'amplitude maximale ou la durée des intervalles entre les signaux (Lustrat, 2001). Ainsi, pour cette étude, nous avons utilisé un protocole « poste fixe ». Un détecteur d'ultrasons de type SM4 bat (Song Meter SM4BAT FS) a donc été disposé durant les nuits dans différents milieux des deux communes. Ce type de protocole présente l'avantage de mieux connaître la richesse spécifique en Chiroptères. En effet, il augmente la chance de détecter les espèces peu abondantes ou peu détectables sur le site, du fait que l'enregistrement dure toute la nuit (Darnis et al., 2014). Cette méthode présente également l'avantage de ne pas déranger les animaux durant l'étude.

Tout d'abord, des lettres à la destination des mairies de Fondettes et de Luynes ont donc été distribuées pour informer de notre présence et de l'installation du détecteur d'ultrasons dans ces communes (Annexe 2). Puis, dans le but de déterminer les différents emplacements du détecteur SM4 bat, un travail préliminaire a été nécessaire sur le logiciel de cartographie Qgis (version 2.6.1-Brighton).

La première étape du protocole a donc consisté en la réalisation d'une carte avec les zones urbaines et les hameaux des communes de Fondettes et de Luynes à partir d'une couche issue d'Open Street Map répertoriant les différents bâtis (Figure 4). Ensuite, un maillage de 500 m de côté a été appliqué sur les deux communes pour calculer le taux d'urbanisme dans chaque maille (surface de zone urbaine dans la maille / surface totale de la maille) (Figure 5). Afin d'étudier l'impact de l'urbanisme, nous avons donc décidé de travailler et de positionner le détecteur SM4 uniquement parmi les mailles présentant un taux d'urbanisme inférieur à 20 % (définie comme zone « rurale ») et supérieur à 80 % (définie comme zone « urbaine »). Ensuite, un tirage aléatoire a eu lieu afin de déterminer les mailles où le détecteur SM4 bat serait positionné. Le détecteur d'ultrason a été installé dans la mesure du possible dans le lieu de la

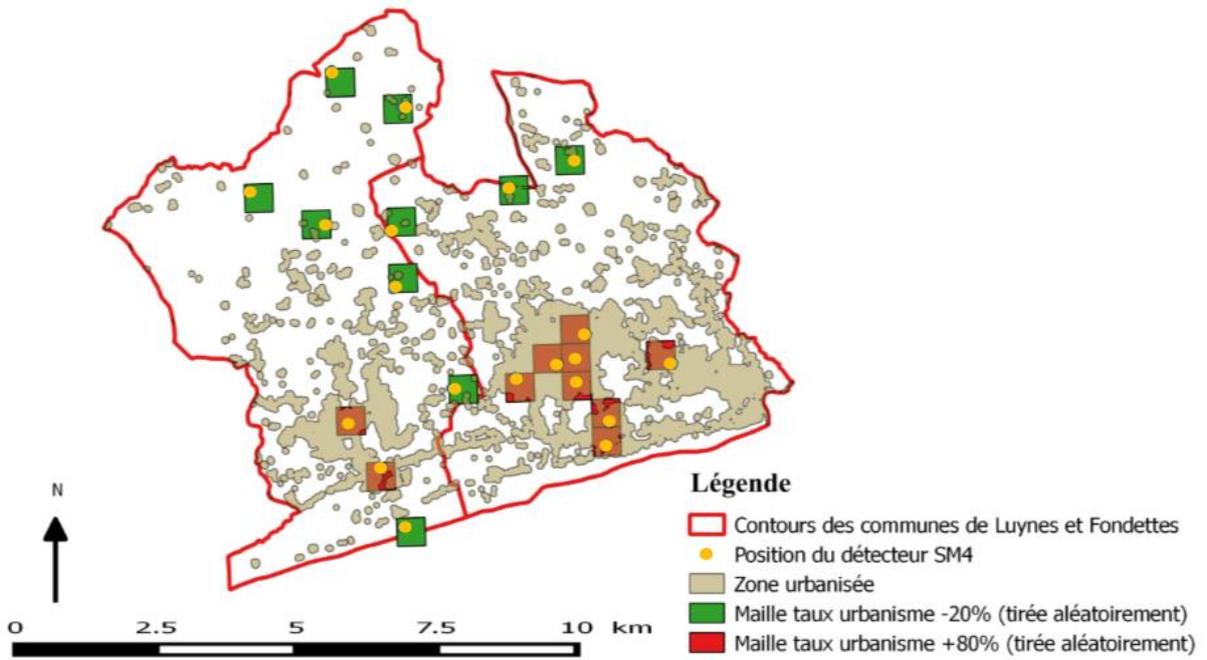


Figure 6: Carte indiquant les lieux de positionnement du détecteur d'ultrasons dans les communes de Luynes (Ouest) et Fondettes (Est).

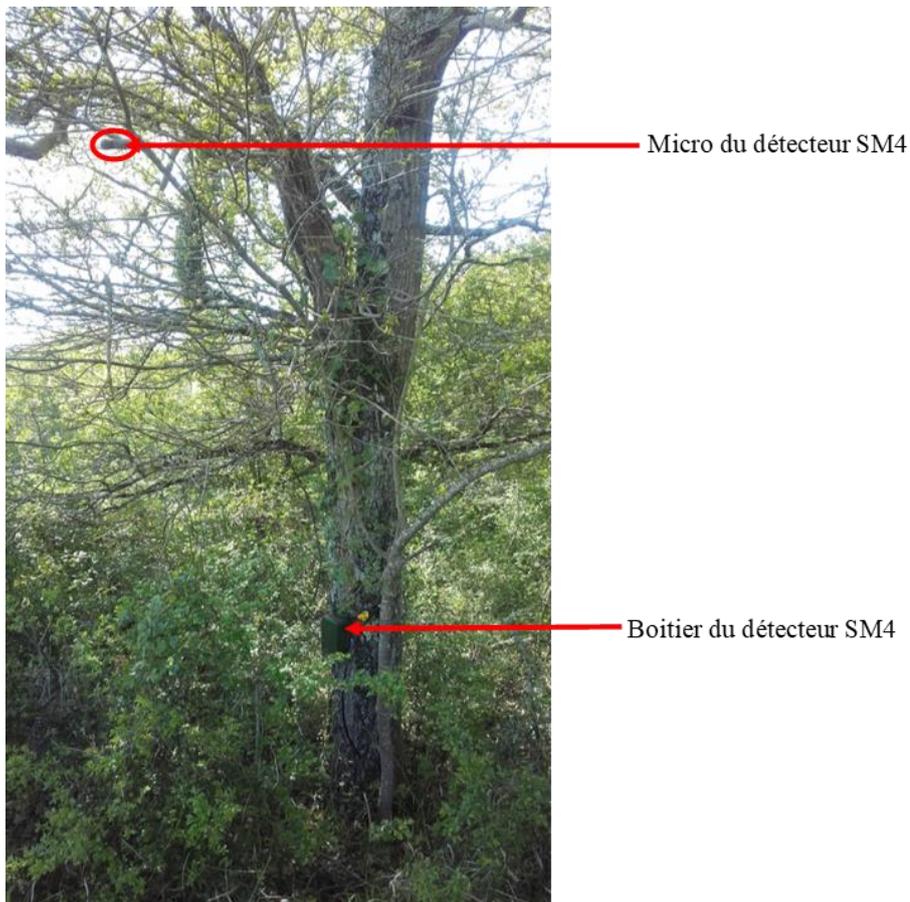


Figure 7: Installation du détecteur d'ultrasons.

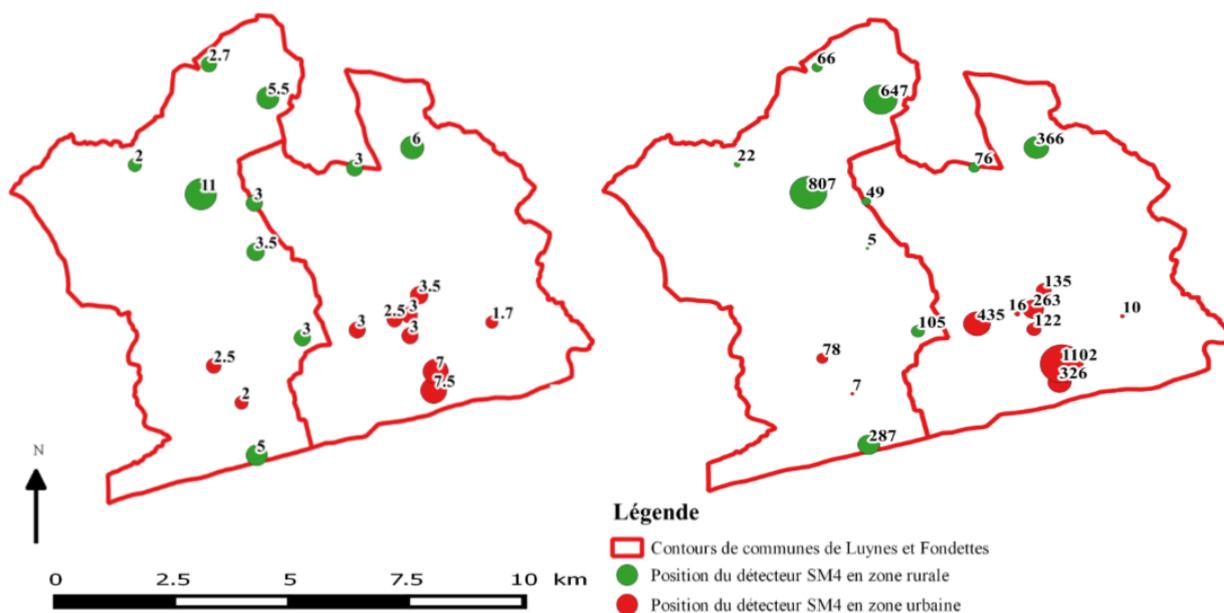
maille qui semble le plus favorable aux Chiroptères. Cependant, plusieurs vérifications ont été nécessaires :

- ✓ Pour une maille en bordure de la commune, il doit y avoir au moins 50 % de sa superficie appartenant à la commune.
- ✓ L'installation du détecteur doit être possible dans la maille, ce qui nécessite une visite sur place.
- ✓ Le lieu d'installation du détecteur ne doit pas se situer en bordure de la maille si cette dernière est entourée de mailles dont le taux d'urbanisme est différent. Le taux d'urbanisme autour du lieu d'installation du détecteur doit correspondre au taux d'urbanisme d'étude sur une distance d'environ 500 m en périphérie.

Si la maille choisie aléatoirement ne présentait pas les caractéristiques précédentes, une nouvelle maille a été tirée aléatoirement et les conditions ont été de nouveau vérifiées pour cette dernière.

Pour l'étude, le détecteur d'ultrasons SM4 a été déplacé tous les lundis, mercredis et vendredis entre le 25 mars et le 10 mai 2019, en alternant entre zone issue d'une maille supérieure à 80% d'urbanisme (« zone urbaine ») et zone issue d'une maille inférieure à 20% (« zone rurale ») (Annexe 3 et Figure 6). Ainsi, le micro du SM4 bat a été positionné 23 nuits en zone urbaine et 23 nuit en milieu rural, à une hauteur d'environ 2 m du sol, en direction des zones favorable pour le transit supposé de Chiroptères (Figure 7).

Les enregistrements acoustiques provenant du détecteur d'ultrasons ont ensuite été classés par nuits puis renommés à l'aide du logiciel Lupas Rename (version 2000) et enfin décompressés via le logiciel Kaleidoscope (version 4.3.1) dans le but d'être analysés via le portail internet Vigie-Chiro du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. L'analyse des enregistrements est automatique et chaque ultrason est associé à une espèce de Chiroptère, à un autre animal (oiseaux ou orthoptères) ou à un bruit. L'analyse tient compte d'éléments de contexte comme l'abondance relative entre espèces et les scores des autres identifications de la même espèce. Nous avons alors obtenu le nombre de contacts par nuit probable appartenant à une espèce. Ainsi, il est possible de déterminer la richesse spécifique du milieu par nuit mais également le nombre de contacts par nuit, donc l'activité globale des Chiroptères en zone urbaine et en zone rurale. Pour ces deux analyses, seules les données dépassant le seuil de 98% de certitude ont été utilisées. Cette restriction aux données les plus certaines a pour conséquence



Figures 8 et 9 : Cartes présentant la richesse spécifique moyenne (carte de gauche) et le nombre de contacts moyen par nuit et par site (carte de droite).

que la richesse spécifique et l'activité dans les différentes zones d'étude correspondaient au minimum observable. En effet, l'identification spécifique via analyse des ultrasons est parfois difficile ou incertaine car les cris émis par les différentes espèces de Chiroptères sont très variables et les répertoires des espèces peuvent se chevaucher (Dietz et al., 2009).

Enfin, pour mieux analyser nos résultats, des données météorologiques journalières (température minimale et pluviométrie) issues de terre-net.fr ont été collectées. En effet, malgré un protocole cherchant à minimiser leurs impacts, ces paramètres peuvent également influencer la richesse spécifique et l'activité globale des Chiroptères.

4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont toutes été effectuées avec le logiciel RStudio (version 1.1.456). Du fait de notre protocole, les données récoltées n'étaient pas indépendantes. En effet, le détecteur d'ultrasons a été positionné deux ou trois nuits consécutives au même endroit. Ainsi, afin de prendre en compte cette pseudo-réplication et déterminer si l'urbanisme a un impact sur la richesse spécifique et l'activité globale en Chiroptères, des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM) ont été utilisés, avec l'aide des packages nlme et lme4. Ces modèles ont été construits selon l'approche de simplification de modèle (approche « top-down »). Cela a également permis de savoir si la richesse spécifique et l'activité des Chiroptères étaient influencées par la date, la température ou la pluviométrie. En raison de la nature des variables réponses, une loi de Poisson a été appliquée pour l'étude de la richesse spécifique et une loi négative binomiale a été utilisée pour l'analyse de l'activité des chauves-souris. Pour la première analyse, la variable réponse Y représentait la richesse spécifique moyenne par nuit en Chiroptères et pour la seconde analyse, Y correspondait à l'activité moyenne par nuit en Chiroptères. La variable explicative X correspondait dans les deux cas au type de zone (urbaine ou rurale), à la date, à la température ou la pluviométrie. Pour les analyses, on s'est basé sur un seuil de significativité α de 0.05.

III. Résultats

Dans un premier temps, des cartes représentant la richesse spécifique et nombre de contacts moyens (activité) par nuit et par site en Chiroptères ont été réalisées (Figures 8 et 9).

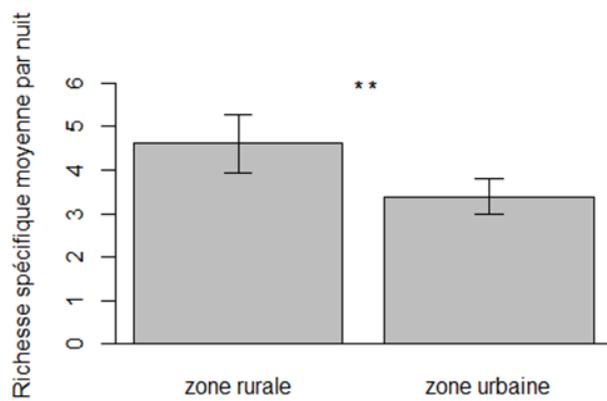


Figure 10 : Richesse spécifique moyenne en Chiroptères par nuit en zones rurale et urbaine.

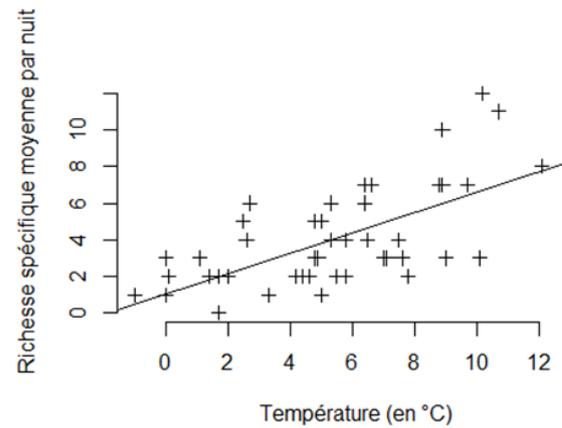


Figure 11: Variation de la richesse spécifique moyenne en Chiroptères par nuit en fonction de la température.

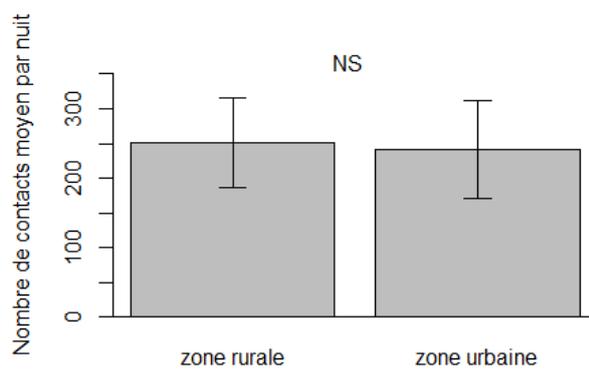


Figure12: Nombre de contacts moyen en Chiroptères par nuit en zones rurale et urbaine.

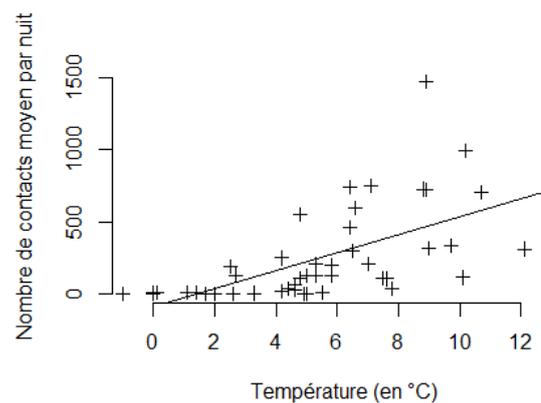


Figure 13: Variation du nombre de contacts moyen en Chiroptères par nuit en fonction de la température.

On constate des variations de ces deux paramètres entre zones urbaine et rurale mais aussi entre des sites appartenant au même type de milieu.

Nous avons ensuite voulu savoir si la richesse spécifique en Chiroptères variait en fonction du milieu urbain ou rural, de la date, de la température ou de la pluviométrie. On remarque que le type de milieu a un effet significatif sur la richesse spécifique en Chiroptères (effet urbain : -0.43 ± 0.15 , $z = -2.814$, $p\text{-value} = 0.005$). Ainsi, les milieux ruraux ont un nombre moyen d'espèces de chauves-souris détecté par nuit significativement plus important que les zones urbaines (Figure 10). De plus, la température a également un impact positif significatif sur la richesse spécifique moyenne par nuit en Chiroptères (effet : 0.15 ± 0.03 , $z = 6.101$, $p\text{-value} = 1,05 \cdot 10^{-9}$). Par conséquent, le nombre moyen de chauves-souris par nuit est d'autant plus important que la température est élevée (Figure 11). Aucun effet significatif de la pluviométrie et de la date n'est observé sur la richesse spécifique moyenne par nuit en chauves-souris.

Dans un deuxième temps, nous avons voulu déterminer si l'activité globale des chauves-souris fluctuait également en fonction du milieu urbain ou rural, de la date, de la température ou de la pluviométrie. On remarque que le type de milieu n'a pas d'effet significatif sur le nombre de contacts moyen par nuit (Figure 12). Cependant, la température a un effet significatif sur le nombre moyen de contacts par nuit, donc sur l'activité des Chiroptères (effet : 0.40 ± 0.07 , $z = 5.72$, $p\text{-value} < 0.001$). Ainsi, l'augmentation de température fait croître le nombre de contacts moyen en Chiroptères détecté par nuit (Figure 13). En ce qui concerne la date, celle-ci a une influence significative sur l'activité des chauves-souris (effet : 0.44 ± 0.22 , $z = 1.95$, $p\text{-value} = 0.05$). Enfin, la pluviométrie n'a pas un effet significatif sur le nombre de contacts moyen de Chiroptères.

IV. Discussion

Comme nous l'avons observé, la richesse spécifique en Chiroptères par nuit est plus importante en milieu rural par rapport en zone urbaine. Ceci peut s'expliquer par la présence d'une grande hétérogénéité des paysages en zone rurale. En effet, dans cette zone, différents milieux sont présents comme la forêt, les zones agricoles, les zones de bocages ou les zones humides. A l'inverse, le milieu urbain se définit comme un ensemble plus homogène avec des quartiers résidentiels et quelques parcs. Ainsi, en milieu rural, du fait de la grande variété des

habitats, un plus grand nombre d'espèces de chiroptères a été observé dans ce milieu. En effet, on constate que toutes les espèces identifiées sur les communes de Luynes et Fondettes ont été détectées en zone rurale (Annexe 4). Certaines espèces sont même présentes uniquement dans les milieux ruraux du fait d'un fort degré de spécialisation (Lustrat, 2001). C'est par exemple le cas des espèces arboricoles comme le Murin de Daubenton que l'on trouve exclusivement en zone rurale (Arthur et al., 2015). D'autres espèces comme la Barbastelle d'Europe et la Noctule commune semblent préférer les milieux ruraux même si elles peuvent vivre en zones urbaines (Annexes 4 et 5).

De plus, seules certaines espèces anthropophiles comme la Pipistrelle commune ou la Pipistrelle de Kuhl se sont bien adaptées à la vie urbaine grâce à une plus grande tolérance (Nill et al., 2003). En effet, l'urbanisation présente de nombreux effets négatifs sur les Chiroptères comme la perte de connexion entre les milieux, les risques de collisions avec les voitures, la pollution lumineuse et sonore faisant fuir la plupart des espèces. Seules quelques espèces trouvent en zone urbaine des gîtes adaptés et des territoires de chasse intéressants avec une forte concentration en insectes au niveau des lampadaires (Russo et al., 2014). Cette différence de tolérance face au milieu urbain se constate aussi en s'intéressant plus particulièrement à l'influence de la pollution lumineuse plus présente en zone urbaine qu'en zone rurale. Des espèces comme le Murin de Daubenton sont repoussées par la pollution lumineuse alors que d'autres telles que la Sérotine commune sont attirées (Laforge et al., 2019). Ainsi, le nombre d'habitats différents en zone rurale et la faible tolérance de la plupart des espèces face aux contraintes de la vie urbaine permettent d'expliquer les différences observées, entre milieu rural et urbain, au niveau de la richesse spécifique moyenne en Chiroptères par nuit.

Avec une plus grande richesse spécifique moyenne et une plus forte hétérogénéité du paysage en zone rurale, on pourrait s'attendre à ce que le nombre de contacts moyen par nuit soit plus important dans cette dernière par rapport au milieu urbain. Cependant, d'après nos résultats, il n'y a pas de différence significative en termes de nombre de contacts moyen par nuit entre ces deux types de milieux. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que, même si les milieux urbains se caractérisent par un plus petit nombre d'espèces par rapport aux milieux ruraux, les espèces urbaines seraient présentes en plus grand nombre. Les colonies urbaines seraient plus nombreuses ou comporteraient un effectif plus important d'individus que les colonies vivant en milieu rural. En effet, les espèces comme la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule de Leisler qui fréquentent les zones urbaines y comptabilisent un nombre de contacts plus élevé par rapport au milieu rural (Annexe 4 et 5). Ainsi, même si l'activité de certaines espèces

peut varier en fonction du caractère urbain ou rural du paysage, l'activité globale des Chiroptères dans leur ensemble n'est cependant pas influencée par le type de milieu.

De plus, on peut également supposer que tous les milieux ruraux ne sont pas forcément idéaux pour que les chauves-souris soient présentes en aussi grand nombre que dans les milieux urbains. Ainsi, les zones d'agriculture intensive pourraient abriter un nombre d'insectes plus réduit par rapport au milieu urbain en raison de la mécanisation, de l'utilisation de pesticides et de fertilisants (Clere et al., 2001). Ces méthodes réduiraient la diversité et l'abondance des insectes source de nourriture pour les chauves-souris. Elles n'auraient donc pas à disposition des ressources alimentaires en assez grand nombre pour former de grandes colonies, réduisant ainsi le nombre de contacts moyen par nuit. Une autre hypothèse en lien avec la quantité de proies disponible peut-être envisagée. En effet, on peut penser que notre analyse a été réalisée tôt dans la saison et qu'à cette période les insectes sont abondants de la même façon en zone rurale qu'en zone urbaine. Au cours de l'avancée dans la saison, ils pourraient devenir plus abondants en milieu rural. On observerait alors une redistribution des colonies de Chiroptères et un nombre de contacts moyen par nuit qui augmenteraient en zone rurale par rapport en milieu urbain.

Dans le cas où ces hypothèses seraient fausses, on peut également supposer que le nombre de contacts moyen par nuit ne varie pas entre les zones urbaines et rurales en raison des limites concernant l'étude acoustique des ultrasons. En effet, l'analyse des ultrasons des Chiroptères est difficile car leurs cris sont très variables et les répertoires de différentes espèces peuvent se chevaucher. Le portail Vigie-chiro a donc des difficultés à attribuer avec une certitude dépassant le seuil de 98% des cris appartenant à certaines espèces. Ainsi, des espèces plus compliquées à identifier ne seraient pas comptabilisées. Certaines émettent également de très faibles ultrasons qui ne sont détectables qu'à quelques mètres (Lustrat, 1997). Ainsi, en milieu ouvert, les émissions des ultrasons peuvent être détectées à une distance allant jusqu'à 100 m pour certaines espèces alors que d'autres se limitent à 5 m (Barataud, 1996). Ainsi, toutes les espèces et tous les individus ne sont pas toujours détectés. On pourrait donc supposer que les espèces vivant en zone rurale sont plus difficilement détectables que celles vivant en zone urbaine, ce qui expliquerait que malgré une plus grande richesse spécifique moyenne en milieu rural, l'activité moyenne en Chiroptères détectée soit semblable dans les deux milieux.

En ce qui concerne les paramètres environnementaux étudiés, seule la température a un impact significatif sur la richesse spécifique et l'activité des Chiroptères durant le temps de l'étude. Ainsi, l'augmentation de la température lors de la période de transition a un effet positif

sur le nombre d'espèces et de contacts moyens détectés par nuit. Cela peut s'expliquer par le fait que la période de transit correspond au moment durant lequel les chauves-souris sortent de l'hibernation et reprennent leur activité de chasse. Cette reprise d'activité se fait progressivement et dépend de la température mais aussi de l'espèce (Arthur et al., 2015). De plus, les Chiroptères reprennent progressivement leur activité durant cette période car les températures remontent induisant le retour des insectes qui sont leur source de nourriture (Vigie Nature Ecole, 2019). Il était donc important d'alterner au maximum entre sites urbains et ruraux dans notre protocole afin d'étudier au mieux l'impact d'urbanisme.

Le fait que la date influence le nombre moyen de contacts par nuit sans impacter la richesse spécifique moyenne peut sembler étonnant. Cependant, ceci peut s'expliquer par le fait que les effectifs de colonies sont de plus en plus importants au cours de l'étude et/ou que les Chiroptères émettent de plus en plus de cris du fait d'une plus grande abondance de proies ou d'un plus grand besoin de communication entre individus. Ainsi, le nombre de contacts moyen par nuit augmenterait au cours du temps, alors que la richesse spécifique en Chiroptères n'évoluerait pas.

Enfin durant notre étude, la pluviométrie est un facteur qui n'a pas eu d'impact sur la richesse spécifique et l'activité des Chiroptères. Cela peut s'expliquer par la relative courte durée de notre étude qui n'a de fait pas permis d'intégrer de réelles variations sur ce paramètre.

Ainsi, notre étude réalisée à Luynes et Fondettes montre un impact de l'urbanisme sur les Chiroptères alors que le niveau d'urbanisation de ces deux villes est relativement faible par rapport aux grandes agglomérations. On peut donc s'attendre à un effet négatif encore plus important dans les grandes villes.

L'étude présente l'inconvénient de comparer un type de milieu hétérogène (milieu rural) avec un milieu homogène (milieu urbain). Il serait donc utile de refaire une analyse en séparant les différents habitats présents en zone rural. D'autre part, il serait intéressant d'étudier l'évolution de l'activité de chaque espèce de Chiroptères au cours des nuits dans les différents milieux. Ainsi, il serait possible de savoir si leurs comportements sont corrélés avec les périodes d'éclairage urbain ou si les chauves-souris utilisent différents types de milieux. En analysant l'évolution du nombre de contacts de chaque espèce au cours de la nuit, il serait donc possible de déterminer si l'espèce habite et chasse dans le même milieu ou si elle exploite deux milieux différents.

V. Bibliographie

Arthur L., Lemaire M., 2005. Les chauves-souris maîtresses de la nuit. Delachaux et Niestlé, 272 pages.

Arthur L., Lemaire M., 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénopé) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 2^e éd., 544 pages.

Baeta R., Sansault E., 2017. Analyse des données d'hibernation de l'ANEPE Caudalis (2011/2016) et identification des secteurs à enjeux en Indre-et-Loire. Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes CAUDALIS / Région Centre-Val de Loire, 31 pages.

Barataud M., 1996. Balades dans l'inaudible. Edition Sittelle, Mens (Isère), 48 pages.

Chatton T., 2013. Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacés de la Région Centre. Nature Centre éd, Orléans, 504 pages.

Clerc E., Bretagnolle V., 2001. Disponibilité alimentaire pour les oiseaux en milieu agricole : Biomasse et diversité des arthropodes copturés par la méthode des pots-pièges. Rev. Écol. (Terre Vie), vol. 56, pages 275-297.

Commissariat général au développement durable, 2019. DATA LAB, Biodiversité – Les chiffres clés, Edition 2018, 92 pages.

Darnis T., Urcun J-P., Bas Y., Haquart A., Dubos T., Kerbiriou C., Julien J-F., Lois G., 2014. Protocole point fixe –Suivi Vigie Chiro- Pourquoi un nouveau protocole ? Quel plan d'échantillonnage ? Quel traitement pour les données ?. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 11 pages.

Dietz C., Von Helversen O., Nill D., 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord ; Biologie, Caractéristiques, Protection. Delachaux et Niestlé, 400 pages.

Direction Départementale de l'Équipement 37, Direction Régionale de l'Environnement (Centre), 2016. Atlas des paysages de l'Indre-et-Loire. Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre-Val de Loire.

Groupe Chiroptère Centre Val de Loire, 2015. Atlas des Chiroptères en Indre-et-Loire, 6 pages.

Groupe Chiroptères Centre Val de Loire, page consultée le 03/04/2019. L'encyclopédie – La région Centre Val de Loire et Liste rouge [En ligne], URL : <http://chauves-souris-centre.fr>

Kaleidoscope 4.3.1, 2017. Wildlife Acoustic, Inc.

Laforge A., et al., 2019. Reducing light pollution improves connectivity for bats in urban landscapes. Springer Nature, 17 pages.

Ligue de Protection des Oiseaux Touraine, page consultée le 03/04/2019. Chauves-souris [En ligne], URL : <http://www.lpotouraine.fr/chauves-souris/>

Lupas Rename 2000, 2005. Ivan Anton [Lupas].

Lustrat P., 1997. Biais dus aux techniques d'étude des chiroptères en activité de chasse en milieu forestier. ARVICOLA t. IX, n° 1, pages 7-10.

Lustrat P., 2001. Les territoires de chasse des chiroptères de la forêt de Fontainebleau. Le Rhinolophe 15, pages 167-173.

Lustrat P., 2001. Milieux exploités par les chiroptères en activité de chasse, 11 pages.

Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, 2017. Plan National d'Actions en faveur des Chiroptères (2016-2025). MEEM-MLHD, 83 pages.

Muséum National d'Histoire Naturelle. Vigie-Chiro Suivi des chauves-souris : <https://vigiechiro.herokuapp.com/>

Nil D., Siemers B., 2003. Grand guide encyclopédique des Chauves-souris. Artémis édition, 160 pages.

Qgis 2.6.1-Brighton, 1991. Free Software Foundation, Inc.

RStudio 1.1.456, 2018. R. RStudio, Inc.

Russo D., Ancillotto L., 2014. Sensitivity of bats to urbanization : a review. Mammalian Biology, n°80, pages 205-212.

Siemers B., Schnitzler H., 2004. Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species. Nature 429, pages 657-661.

Song Meter SM4BAT FS, 2016. Wildlife Acoustics, Inc.

Terre-net, page consultée le 10/05/2019. Historique météo Fondettes [En ligne], URL : <https://www.terre-net.fr/meteo-agricole/historique-consultation/fondettes/3018124>

UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France, 16 page.

Vigie Nature Ecole (Muséum National d'Histoire Naturelle), page consultée le 16/05/2019. Mode de vie des chauves-souris [En ligne], URL : <https://www.vigienature-ecole.fr/les-observatoires/propos-des-chauves-souris/mode-de-vie-des-chauves-souris>

VI. Annexes

| Nom français | Nom scientifique | Liste rouge des chiroptères en Val de Loire (2012) |
|-----------------------------|----------------------------------|--|
| Rhinolophe euryale | <i>Rhinolophus euryale</i> | Vulnérable |
| Barbastelle d'Europe | <i>Barbastella barbastellus</i> | Quasi menacée |
| Murin de Daubenton | <i>Myotis daubentonii</i> | Quasi menacée |
| Murin à moustaches | <i>Myotis mystacinus</i> | Quasi menacée |
| Noctule de Leisler | <i>Nyctalus leisleri</i> | Quasi menacée |
| Noctule commune | <i>Nyctalus noctula</i> | Quasi menacée |
| Pipistrelle de Nathusius | <i>Pipistrellus nathusii</i> | Quasi menacée |
| Grand rhinolophe | <i>Rhinolophus ferrumequinum</i> | Quasi menacée |
| Petit rhinolophe | <i>Rhinolophus hipposideros</i> | Quasi menacée |
| Sérotine commune | <i>Eptesicus serotinus</i> | Préoccupation mineure |
| Murin à oreilles échancrées | <i>Myotis emarginatus</i> | Préoccupation mineure |
| Grand murin | <i>Myotis myotis</i> | Préoccupation mineure |
| Murin de Natterer | <i>Myotis nattereri</i> | Préoccupation mineure |
| Pipistrelle de Kuhl | <i>Pipistrellus kuhlii</i> | Préoccupation mineure |
| Pipistrelle commune | <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Préoccupation mineure |
| Oreillard gris | <i>Plecotus austriacus</i> | Préoccupation mineure |
| Murin d'Alcathoé | <i>Myotis alcathoe</i> | Données insuffisantes |
| Murin de Bechstein | <i>Myotis bechsteinii</i> | Données insuffisantes |
| Murin de Brandt | <i>Myotis brandtii</i> | Données insuffisantes |
| Pipistrelle pygmée | <i>Pipistrellus pygmaeus</i> | Données insuffisantes |
| Oreillard roux | <i>Plecotus auritus</i> | Données insuffisantes |
| Minioptère de Schreibers | <i>Miniopterus schreibersii</i> | Non applicable |

Annexe 1: Tableau des espèces de Chiroptères présentes en Indre-et-Loire et de leur niveau de menace sur la liste rouge. (Sources : Chatton, 2013)

ANEPE-CAUDALIS

1 rue de la Mairie

37520 La Riche

Tel : +33 (0)2 47 67 30 06

www.anepe-caudalis.fr



La Riche, le 27 mars 2019

Monsieur le Maire,

L'association CAUDALIS est une Association Naturaliste d'Étude et de Protection des Écosystèmes et a pour objet de réaliser des études naturalistes œuvrant dans le domaine de l'aménagement et de la protection de la biodiversité en Indre-et-Loire.

Nous travaillons actuellement sur les chauves-souris, et plus particulièrement sur l'identification et l'activité des Chiroptères au printemps au sein des communes de Fondettes et de Luynes. Il faut savoir que durant cette période, les chauves-souris ont besoin de reconstituer des réserves et quittent les sites d'hibernation pour rejoindre leurs zones de reproduction. Ainsi, notre démarche va nous amener à réaliser un inventaire acoustique à l'aide d'un enregistreur à ultrasons que nous prévoyons de disposer dans plusieurs sites sur votre commune. D'autre part, nous envisageons un travail de prospection afin de rechercher la présence éventuelle de colonies de reproduction dans le bâti public et privé.

La finalité de cette étude permettra de participer à la réalisation d'un atlas des Chiroptères d'Indre-et-Loire, en collaboration avec le Groupe Chiroptère d'Indre et Loire, la LPO Touraine et le Comité Départemental de spéléologie d'Indre-et-Loire.

Par la suite, si vous le souhaitez, un bilan de nos recherches pourra bien évidemment vous être proposé.

Par ce courrier nous souhaitons vous informer de nos passages du 25 Mars au 24 Mai sur votre commune, et voir avec vous les possibilités pour accéder aux différents bâtiments à fort potentiel qui s'y trouvent et que vous pourriez éventuellement nous faciliter l'accès (école, église...).

Nous restons à votre entière disposition pour plus de renseignements et vous sommes par avance reconnaissants de nous aider à sauvegarder ces animaux menacés.

Cordialement,

François BONNEFON et Elise GOBIN

Annexe 2 : Lettre à destination des mairies de Luynes et Fondettes.

| | |
|--|----------------------|
| Lundi 25 mars / Mercredi 27 mars 2019 | Zone + 80% (2 nuits) |
| Mercredi 27 mars / Vendredi 29 mars 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |
| Vendredi 29 mars / Lundi 1 avril 2019 | Zone + 80% (3 nuits) |
| Lundi 1 avril / Mercredi 3 avril 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |
| Mercredi 3 avril / Vendredi 5 avril 2019 | Zone + 80% (2 nuits) |
| Vendredi 5 avril / Lundi 8 avril 2019 | Zone - 20% (3 nuits) |
| Lundi 8 avril / Mercredi 10 avril 2019 | Zone + 80% (2 nuits) |
| Mercredi 10 avril / Vendredi 12 avril 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |
| Vendredi 12 avril / Lundi 15 avril 2019 | Zone + 80% (3 nuits) |
| Lundi 15 avril / Mercredi 17 avril 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |
| Mercredi 17 avril / Vendredi 19 avril 2019 | Zone + 80% (2 nuits) |
| Vendredi 19 avril / Lundi 22 avril 2019 | Zone - 20% (3 nuits) |
| Lundi 22 avril / Mercredi 24 avril 2019 | Zone + 80% (2nuits) |
| Mercredi 24 avril / Vendredi 26 avril 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |
| Vendredi 26 avril / Lundi 29 avril 2019 | Zone +80% (3 nuits) |
| Lundi 29 avril / Mercredi 1 mai 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |
| Mercredi 1 mai / Vendredi 3 mai 2019 | Zone + 80% (2 nuits) |
| Vendredi 3 mai / Lundi 6 mai 2019 | Zone - 20% (3 nuits) |
| Lundi 6 mai / Mercredi 8 mai 2019 | Zone + 80% (2 nuits) |
| Mercredi 8 mai / Vendredi 10 mai 2019 | Zone - 20% (2 nuits) |

Zone -20% : zone avec un taux d'urbanisme inférieur à 20%

Zone +80% : zone avec un taux d'urbanisme supérieur à 80%

Annexe 3: Planning du positionnement du détecteur à ultrasons.

| Espèce | Fréquence de détection en zone rurale | Fréquence de détection en zone urbaine |
|-----------------------------|--|---|
| Barbastelle d'Europe | 0.6 | 0.3 |
| Pipistrelle commune | 0.78 | 0.87 |
| Pipistrelle de Kuhl | 0.3 | 0.83 |
| Petit rhinolophe | 0.43 | 0.35 |
| Grand rhinolophe | 0.13 | 0.17 |
| Murin à moustache | 0.3 | 0.09 |
| Murin de Natterer | 0.22 | 0.09 |
| Murin de Daubenton | 0.3 | 0 |
| Grand murin | 0.26 | 0.09 |
| Noctule commune | 0.52 | 0.13 |
| Noctule de Leisler | 0.43 | 0.39 |
| Sérotine commune | 0.26 | 0.09 |
| Oreillard gris | 0.04 | 0 |

Annexe 4: Fréquence de détection des différentes espèces de Chiroptères selon le type de milieu. (Fréquence = nombre de nuits détectées en zone « x » / nombre de nuits totales en zone « x »)

| Espèce | Nombre total de contacts en zone rurale | Nombre total de contacts en zone urbaine |
|-----------------------------|--|---|
| Barbastelle d'Europe | 252 | 11 |
| Pipistrelle commune | 4496 | 4295 |
| Pipistrelle de Kuhl | 142 | 1012 |
| Petit rhinolophe | 32 | 20 |
| Grand rhinolophe | 3 | 7 |
| Murin à moustache | 39 | 46 |
| Murin de Natterer | 7 | 3 |
| Murin de Daubenton | 637 | 0 |
| Grand murin | 11 | 2 |
| Noctule commune | 72 | 8 |
| Noctule de Leisler | 70 | 143 |
| Sérotine commune | 17 | 4 |
| Oreillard gris | 1 | 0 |

Annexe 5: Nombre total de contacts de Chiroptères en zone rurale et urbaine.

Les effectifs de chauves-souris sont en baisse ces dernières années et l'une des principales causes de leur disparition est l'urbanisation. En effet, en milieu urbain, les chauves-souris sont confrontées à un plus grand nombre de menaces comme les risques de collision avec les véhicules, la pollution sonore et lumineuse. Notre étude a pour but d'évaluer l'impact de l'urbanisme sur la richesse spécifique et l'activité globale des Chiroptères. Une étude acoustique basée sur les émissions des ultrasons des chauves-souris a été réalisée durant la période de transition du printemps 2019 dans les communes de Luynes et Fondettes. Durant sept semaines, un détecteur d'ultrason a été positionné dans des mailles de 500 m de côté présentant un taux d'urbanisme inférieur à 20 % ou supérieur à 80 %. Les analyses statistiques ont montré qu'un fort taux d'urbanisme influence de façon négative la richesse spécifique en Chiroptère. Cependant, le milieu urbain n'influence pas l'activité globale des chauves-souris. Les paramètres environnementaux et temporels ont également été pris en considération afin d'expliquer au mieux nos résultats. Ainsi, la température a une influence positive significative sur la richesse spécifique et l'activité globale des Chiroptères. Enfin, durant notre étude, la date a eu uniquement un impact positif sur l'activité globale des chauves-souris.

Mots clés : Chiroptères, étude acoustique, Luynes et Fondettes, impact de l'urbanisme, portail Vigie-Chiro du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris