Le Plan Climat ne doit pas oublier les chauves-souris

Laurent ARTHUR

Muséum d'Histoire naturelle de Bourges
Les Rives d'Auron, Allée René Menard, 18000 Bourges
laurent.arthur@ville-bourges.fr

Résumé. - Comment décliner dans un même temps les isolations thermiques indispensables aux économies d'énergie et la protection des chiroptères qui occupent les immeubles collectifs et les grands bâtiments ? Une première approche est proposée par la pose de gîtes de substitution accrochés au dernier étage des façades d'immeubles pour accompagner les phases de travaux et offrir une potentialité d'occupation une fois les isolations réalisées. Ces prototypes de nichoirs se sont révélés d'excellents médiums vis-à-vis de la sensibilisation des gestionnaires d'immeubles et des bailleurs sociaux et devraient conduire dans un second temps à proposer des gîtes favorables à la faune, intégrés cette fois au sein même des isolations.

Mots-clés. - Aménagement, nichoirs, Plan Climat, sensibilisation.

Introduction

La rénovation des bâtiments pour atteindre une meilleure isolation est à juste titre une priorité environnementale. Mais le Plan Climat va s'appliquer en partie sur des constructions qui étaient utilisées depuis des décennies par les chauves-souris, en tant que gîtes de reproduction, d'estivage ou d'hibernation. Les immeubles collectifs tout comme les maisons individuelles seront concernés. Dans les immeubles, les animaux se nichent au niveau des joints de dilatation, des huisseries accessibles, des corniches et autres disjointements du béton. Les Noctules communes et des pipistrelles, les deux espèces les plus concernées en région Centre-Val-de-Loire peuvent s'installer à partir du premier étage et il n'y a pas de hauteur maxima pour la colonisation. Les anfractuosités où gîtent les chauves-souris créent autant de ponts thermiques qui seront supprimés dans leur quasi-totalité, au pire enfermant les animaux, au mieux en leur interdisant toute future colonisation. Les espèces des maisons particulières, bien plus nombreuses, qui s'installent de la cave au grenier devront faire face à la même problématique en cas de rénovation. Quand on sait que 12 milliards d'euros seront consacrés sur cinq ans pour traiter annuellement 500 000 logements on peut se faire du souci quant au sort de ces espèces anthropophiles. D'autant que dans ce programme, certes vertueux pour une partie des enjeux environnementaux, il n'est nulle part question d'une quelconque prise en compte des chauves-souris. Les exemples de destruction ne manquent pourtant pas dans les pays ayant déjà bien entamé ou atteint leur transition énergétique. En Allemagne, à Rostock, 115 sites à chauves-souris ont ainsi été détruits lors des plans de rénovations urbains liés aux économies d'énergies et en Slovaquie plusieurs centaines de Noctules ont été enfermées lors de travaux... [Hermanns & Pommeranz, 1999 ; Stapel, 2001 ; Cel'uch *et al.,* 2012]

Des gîtes de substitution comme outil de médiation

Des solutions pour pallier ces destructions ou accompagner les travaux existent à l'étranger, mais ils sont encore souvent en phase expérimentale. En 2017, nous avons souhaité apporter une participation active à des mesures concrètes de protection dans le département du Cher. Le muséum de Bourges répond depuis 25 ans à des SOS urbains, ce qui nous a permis de recenser au fil des ans une quarantaine d'immeubles et de résidences occupés par des colonies ou des individus isolés. Pour tenter de diminuer l'impact du Plan Climat sur les chauves-souris, nous avons lancé dans un premier temps un projet de gîte « Chiro-Box » avec la CPEPESC Lorraine, l'IUT de Nancy et l'architecte de la Ville de Bourges. Avec l'aide d'un financement de la DREAL Centre-Val-de-Loire, nous avons réalisé une série de nichoirs avec un système d'accroche, à fixer au niveau des acrotères d'immeubles. Les gîtes se devaient d'être pérennes sur plusieurs dizaines d'années, faciles à poser, se situer autour de 500 euros l'unité, capables d'accueillir une colonie et ne pas nécessiter d'entretien. Nous avons implanté 10 de ces gîtes courant 2018 sur autant d'immeubles du Cher et comptons suivre leur colonisation de manière régulière. Plusieurs structures ont été sollicitées pour poser les nichoirs : une société HLM, l'agglomération de Bourges ainsi qu'un lycée et l'IUT. Au-delà de la pose de ces nichoirs de grandes dimensions, capables de loger 50 noctules ou une centaine de pipistrelles, nous avons également souhaité passer des accords avec les propriétaires et gestionnaires de bâtiments pour accompagner les travaux de rénovations thermiques et éviter ainsi la destruction des chauves-souris.

Un immeuble occupé par une colonie de pipistrelles a ainsi été traité en 2018, les chauves-souris ont été déplacées pendant les phases critiques des travaux et une

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 1 06/03/20 09:28

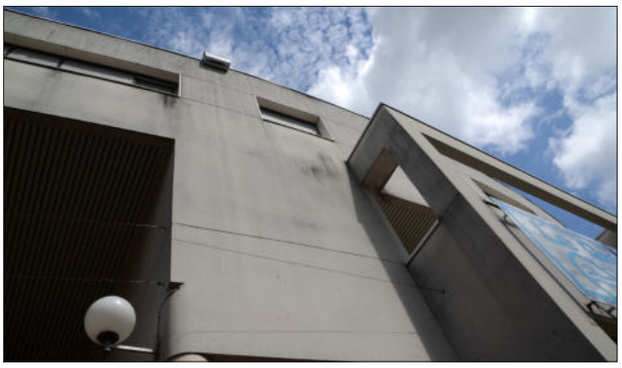


Figure 1. – Installation d'un nichoir expérimental sur l'acrotère d'un immeuble

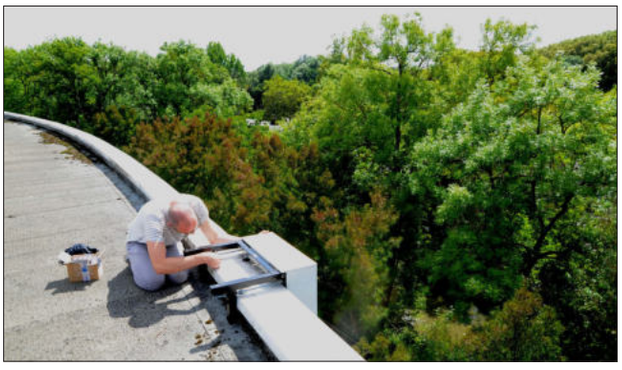


Figure 2. – Fixation d'un nichoir

« Chiro-Box » installée sur l'acrotère, au sommet du bâtiment. Les suivis de ce chantier se sont révélés complexes car les phases de travaux ont été très rapides et le nombre de gîtes occupés potentiels important. Quand l'immeuble s'avère occupé par des chauves-souris, il faudrait pour être réellement efficace disposer d'une personne de manière hebdomadaire, a minima avec un mi-temps journalier par immeuble, pour toute la phase de rénovation. La période critique étant surtout celle du bouchage des disjointements et de leur recouvrement par des dalles isolantes. Une fois le chantier terminé, il n'a pas été constaté de pertes visibles côté chauves-souris.

Apprendre à partager l'espace

Notre but final n'est pas de multiplier la pose de gîtes artificiels au-delà des dix prévus. Placés en plein vent, ces nichoirs sont thermiquement peu tamponnés, souvent inélégants pour les architectes et surtout, ils ne conduisent pas à réfléchir sur une cohabitation réelle entre Humains et Chiroptères. Ils sont avant tout un moyen de communication et de sensibilisation vis-à-vis des gestionnaires d'immeubles. Une première approche pour la prise en compte du sauvage en zone urbanisée ou une façon de faire progresser l'idée de partager les espaces entre espèces.

Conserver des gîtes au sein des isolations thermiques

Dans la seconde phase du projet, celle qui nous paraît la plus novatrice, il s'agira à partir de 2019, d'incorporer de vraies surfaces colonisables derrière les nouveaux bardages des immeubles rénovés, au sein même des isolations. Le bâtiment retenu pour cette première expérience sera celui de l'IUT de Bourges où le bâtiment du génie civil héberge une soixantaine de Noctules communes et une vingtaine de pipistrelles. Six nouveaux gîtes en bois, proches des « Chiros-Box » et longs d'un mètre ont été conçus. Ils reproduisent la forme interne d'une corniche de pont, un gîte très apprécié par les chauves-souris. Une fois tous les animaux évacués des zones à risques du chantier par des dispositifs anti-retour, les nichoirs seront placés au sommet du bâtiment, recouverts d'isolants thermiques puis du bardage final voulu par les architectes. Seule une saignée horizontale, haute de 25mm et de la longueur du nichoir, permettra l'accès aux chauves-souris. Les gîtes, dissimulés sous les bardages, seront invisibles et dans des zones où leur intégration exclura tous futurs conflits d'usage, odorants ou phoniques, avec les utilisateurs des lieux. La vidange du guano et de l'urine se fera par gravité sans porter préjudice aux façades de l'immeuble. Un suivi, tout au long du chantier, permettra de valider les systèmes anti-retour pour les Chiroptères ainsi que le transfert des populations de Noctules communes et de pipistrelles vers leurs nouvelles demeures. Ce suivi post implantation se déroulera sur plusieurs saisons avec des enregistrements des températures au sein des gîtes pour comparer leur résistance aux variations thermiques. Si les chauves-souris s'approprient les nichoirs, le principe du prototype et de la méthodologie d'intervention aux différentes phases du chantier sera validé et appliqué sur d'autres immeubles du Cher destinés à être isolés. Nous réfléchissons actuellement à un autre type de gîte incorporable directement aux isolations des maisons individuelles car là aussi, on peut considérer qu'il y a péril en la demeure. Un document, réalisé par le CEREMA sur les enjeux Plan Climat-Chiroptères est disponible via internet depuis 2018.

Références bibliographiques

Arthur L. & Chretien A., 2020. - *Recueil d'expériences des aménagements pour une meilleure cohabitation Chiroptères / Homme en milieu bâti – Tome II.* SFEPM, Bourges, 95 p.

Cel'uch M., Gugh J., Kal'avsky J. & Staples K., 2012- *Will common swift and noctule survive in Slovakia? Projet Life 2012-2015.* In Report and summaries of the presentations, and additional contributions, given to *The Second Commonswift Seminars Berlin* : 6.

CEREMA, 2018. - *Préservation des chiroptères et isolation thermique des bâtiments. Etat des lieux des connaissances et premières pistes d'action*. 46 p.

Hermanns U. & Pommeranz H., 1999. - Fledermausquartiere an Plattenbauten, ihre Gefährdung und Möglichkeiten ihrer Erhaltung und Neuschaffung. *Nyctalus* (NF), Rostock, 7 (1) : 3-16.

Stapel J., 2001. - Praktischer Fledermausschutz an Plattenbauten der Stadt Neubrandenburg (1993-1999). *Nyctalus* (NF), Neubrandenburg, 8 (1) : 53 – 59.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 2 06/03/20 09:28

Maîtrise des impacts éoliens sur les chauves-souris : actions et stratégie du Groupe Technique éolien de la SFEPM

Yannick BEUCHER

EXEN
Le Coustat, route de Buzeins, 12310 Vimenet
ybeucher@exen.pro

Résumé. - Si l'éolien s'est développé rapidement ces dernières décennies avec la conscience croissante de l'enjeu climatique, les impacts de cette nouvelle activité humaine sur les chiroptères ont été perçus tardivement et restent globalement mal suivis et sous-encadrés à l'échelle nationale et internationale. Les engagements de poursuite de ce développement sont préoccupants pour l'équilibre des espèces les plus sensibles tant que des mesures efficaces de réduction de risque ne sont pas mises en œuvre urgemment et à large échelle. Or ces mesures existent. Mais leur efficacité dépend de la rigueur technique des études d'impacts et suivis d'impacts et notamment de la qualité des suivis d'activité en continu des chauves-souris à hauteur de nacelle, de la pression des suivis de mortalités, du bon dimensionnement et de la mise en œuvre fine et proportionnée des mesures de régulation… Une stratégie globale de maîtrise des risques dépend également d'une véritable prise de conscience de la situation et une responsabilisation des acteurs de l'éolien, avec partage des retours d'expérience. Le Groupe Technique éolien de la SFEPM s'est organisé en sous-groupes thématiques pour œuvrer dans ce sens (aide technique à la valorisation des bonnes pratiques, pression contre les parcs les plus impactants, lobbying pour les intérêts chiroptères à l'échelle nationale, incitation au partage d'expériences, communication). Un appel est lancé aux volontaires pour contribuer à cette dynamique ambitieuse.

Mots-clés. - Développement éolien, types et conditions de risques d'impacts, études et suivis d'impacts, mesures de régulation.

Introduction

Depuis une quinzaine d'années, la SFEPM tente d'intervenir à différents niveaux pour défendre les intérêts des chauves-souris dans un nouveau contexte éolien en émergence. A l'époque, les rapports entre éolien et chiroptères étaient moins évidents qu'ils ne le sont aujourd'hui. Il faut donc rendre hommage aux premiers chiroptérologues (Marie-Jo Dubourg-Savage, Etienne Ouvrard) à incarner cette prise de conscience et qui se sont engagés, parfois un peu seuls, au niveau national et international pour représenter la SFEPM dans ce contexte.

Depuis quelques années, avec des préoccupations grandissantes de l'effet du développement éolien sur les populations de chauves-souris, la SFEPM s'est organisée différemment via la création d'un groupe technique dédié (GT éolien). La première communication des Rencontres Nationales du 17 mars 2018 était l'occasion de présenter cette nouvelle organisation, ses objectifs et sa stratégie d'actions.

Bilan et perspectives du développement éolien en France

L'éolien est au cœur de la politique de transition énergétique nationale pour lutter contre le changement climatique. Il s'agit d'une jeune technologie puisqu'elle ne prend naissance que dans les années 80 en Californie et n'émerge en Europe qu'une dizaine d'années plus tard. L'Allemagne puis l'Espagne sont alors les pionniers. Si la France bénéficie du deuxième potentiel éolien européen, il lui faudra attendre les années 2000 pour voir émerger les premiers projets (Aude, Bretagne…).

Mais avec la prise de conscience croissante de l'enjeu climatique, les politiques nationales et européennes sont de plus en plus ambitieuses pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, via une diversification et une intensification des objectifs de production et de consommation des énergies renouvelables (Loi d'orientation sur l'énergie 2005, Grenelle de l'Environnement 2008, Loi de transition énergétique pour la croissance verte 2015, Plan climat…). Les objectifs de la transition énergétique sont alors de réduire l'émission des gaz à effet de serre de 40% à l'horizon 2030 et de la diviser par quatre d'ici 2050. La part de la production des énergies renouvelables serait ainsi multipliée par deux d'ici 2030.

Une prise de conscience tardive des effets collatéraux du développement éolien sur les chauves-souris

Depuis 30 ans à l'échelle internationale et 20 ans en France, l'éolien prend donc une place prépondérante en parallèle d'une conscience croissante de l'enjeu climatique. Mais si cette évolution rapide se traduit déjà par les premiers projets de renouvellement (« repowering ») des parcs les plus anciens, la prise de conscience des effets de l'éolien sur la biodiversité (et notamment les chiroptères) aura été beaucoup moins rapide. Les premiers effets de l'éolien sur les oiseaux sont apparus très rapidement

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 3 06/03/20 09:28

(Altamont Pass, USA 1989). Mais il faudra attendre plus de 10 ans pour constater les premières mortalités de chauves-souris et au moins 15 ans en France pour reconnaitre la nécessité de prendre en compte ce taxon dans les études et suivis d'impacts [MEDD, 2004 ; André, 2005]. Et ce n'est que 20 ans après l'émergence des premiers parcs éoliens aux USA que la sensibilité particulière des chiroptères aux éoliennes liée au barotraumatisme a été mise en évidence [Baerwald *et al.,* 2008]. Il faudra encore attendre 2010 pour que les premières mesures de régulation des éoliennes en faveur des chauves-souris soient testées en France. Et ce n'est qu'à la fin des années 2010 que les autres types d'effets comme celui de la perte d'habitat autour des éoliennes [Barré *et al.,* 2018] soient évoqués.

Ce manque de réactivité globale de la prise en compte des chauves-souris par le développement éolien peut bien sûr s'expliquer par les difficultés techniques pour étudier efficacement ce groupe d'espèces encore mal connues (développement parallèle de l'écologie acoustique des chauves-souris, adaptations techniques nécessaires pour suivre leur activité à hauteur de rotor, compréhension progressive de la typologie des risques…). Mais les lenteurs ont aussi été renforcées par un contexte administratif, concurrentiel et d'image qui limite le partage et la valorisation des retours d'expériences. C'est d'autant plus regrettable que la concertation et la transparence sont les conditions de base d'une responsabilisation de la filière éolienne vis à vis des chiroptères.

Aujourd'hui, la préoccupation des effets cumulatifs des mortalités de chiroptères liées aux éoliennes (installées et en projet) est globalement partagée à l'échelle internationale. Les estimations des taux de mortalités pour des éoliennes non régulées sont comparables entre l'Europe et l'Amérique du Nord (5-11 chauves-souris / MW / an) ce qui se traduit par plusieurs centaines de milliers d'individus impactés par pays et par an (600-900 000 / an en Amérique du Nord selon Arnett & Baerwald [2013], Hayes [2013] et Thelander *et al.* [2003] ; 200 000 / an en Allemagne selon Berkhout *et al.* [2013] et Voigt *et al.* [2015]). Mais ces perspectives préoccupantes varient selon les espèces, leur sensibilité et l'état de leur population. Les populations sont généralement très mal connues, les espèces plus exposées étant aussi souvent les moins bien connues (espèces arboricoles notamment). Quelques premiers modèles de projections statistiques des effets éoliens sur les populations évoquent même la disparition de certaines espèces à moyen terme en prenant en compte les objectifs de développement si des solutions de réduction de risques ne sont pas mises en œuvre (ex. *Nyctalus noctula* en Suède [Rydell & Wickman, 2015], *Lasiurus cinereus* aux USA [Frick *et al.,* 2017]). En France, le suivi temporel des populations mené par le Muséum national d'Histoire naturelle relate une réduction de 46% des populations de chauves-souris françaises entre 2006 et 2014 [Kerbiriou *et al.,* 2015], notamment pour les deux familles les plus sensibles à la mortalité liée aux éoliennes (pipistrelles, noctules). Mais les liens de cause à effet sont difficilement vérifiables en l'absence de synthèse nationale objective des mortalités constatées ou estimées. Depuis plus de 20 ans que l'éolien se développe en France, l'absence d'outil permettant de fournir des données simples de mortalité de chauves-souris à l'échelle nationale est un symbole d'échec de concertation et de responsabilisation des politiques de développement éolien.

Comment prendre en compte la particularité des chauves-souris dans les projets éoliens ?

La principale limite à la maitrise des mortalités éoliennes des chiroptères est liée à la difficulté pour anticiper ces risques. Au-delà d'une écologie des espèces encore souvent mal connue, l'expérience montre que les conditions de risques de mortalités au niveau des éoliennes sont aussi très hétérogènes aussi bien ;

– dans l'espace : sur le gradient altitudinal, mais aussi

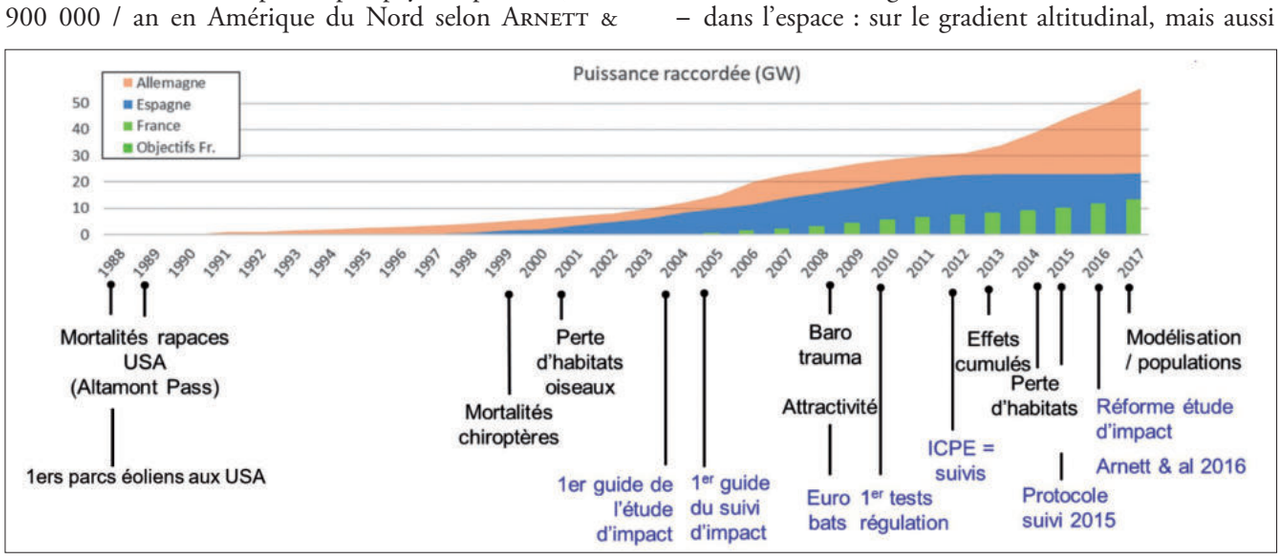


Figure 1. – Chronologie comparée du développement éolien (histogramme), de la conscience de ses effets sur la biodiversité (dates en noir) et de sa prise en compte dans le cadre réglementaire et prescriptions techniques

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 4 06/03/20 09:28

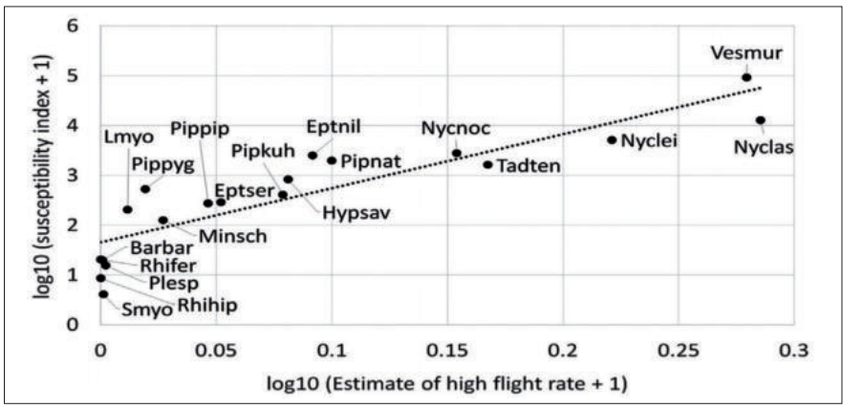


Figure 2. – Ratio of time spent at height in function to susceptibility to WT collision [ROEMER *et al.*, 2017]

d'une éolienne à sa voisine, et pour les différents types de milieux concernés,

– que dans le temps : d'une année à l'autre, mais aussi à l'échelle saisonnière, d'une nuit ou de quelques heures, avec parfois des pics très ponctuels et irréguliers d'activité à risque au sein des rotors.

La sensibilité des espèces est tout aussi variable avec une sensibilité spécifique jugée marquée pour les espèces de haut vol les plus mobiles de types « sérotules » [Roemer *et al.,* 2017].

Sans compter l'influence de phénomènes encore très mal connus qui peuvent générer des impacts particuliers (proximité des rotors avec les corridors de déplacement des espèces de lisières, opportunités alimentaires interspécifiques en hauteur, comportements sociaux, activité migratoire, attractivité des éoliennes…). Le schéma suivant [Beucher *et al.,* 2017] proposé pour représenter cette typologie des risques de mortalités, suggère que ceux-ci dépendent à la fois des groupes d'espèces, de leurs comportements de vols et du contexte environnant du parc éolien. Ainsi, il est assez logique de penser que les éoliennes positionnées proches des corridors de haies / lisières (selon la distance) peuvent générer des impacts pour les espèces qui utilisent régulièrement ces structures comme corridors de déplacements (pipistrelles notamment). Mais Il faut aussi garder à l'esprit que des mortalités peuvent aussi être liées à une activité d'espèces de haut-vol et migratrices en plein ciel dès lors que les éoliennes sont situées au niveau de zones d'activité ou voies de passages (qu'elles soient situées proches ou éloignées des corridors de lisières). Enfin, certaines conditions particulières (essaimages d'insectes, phénomènes d'aérologie, attractivité…) peuvent aussi expliquer des prises ponctuelles d'altitudes opportunistes d'espèces de lisières (pipistrelles) générant des mortalités tout aussi ponctuelles et qui semblent représenter la majorité de l'ensemble des mortalités [Langlois *et al.,* 2017].

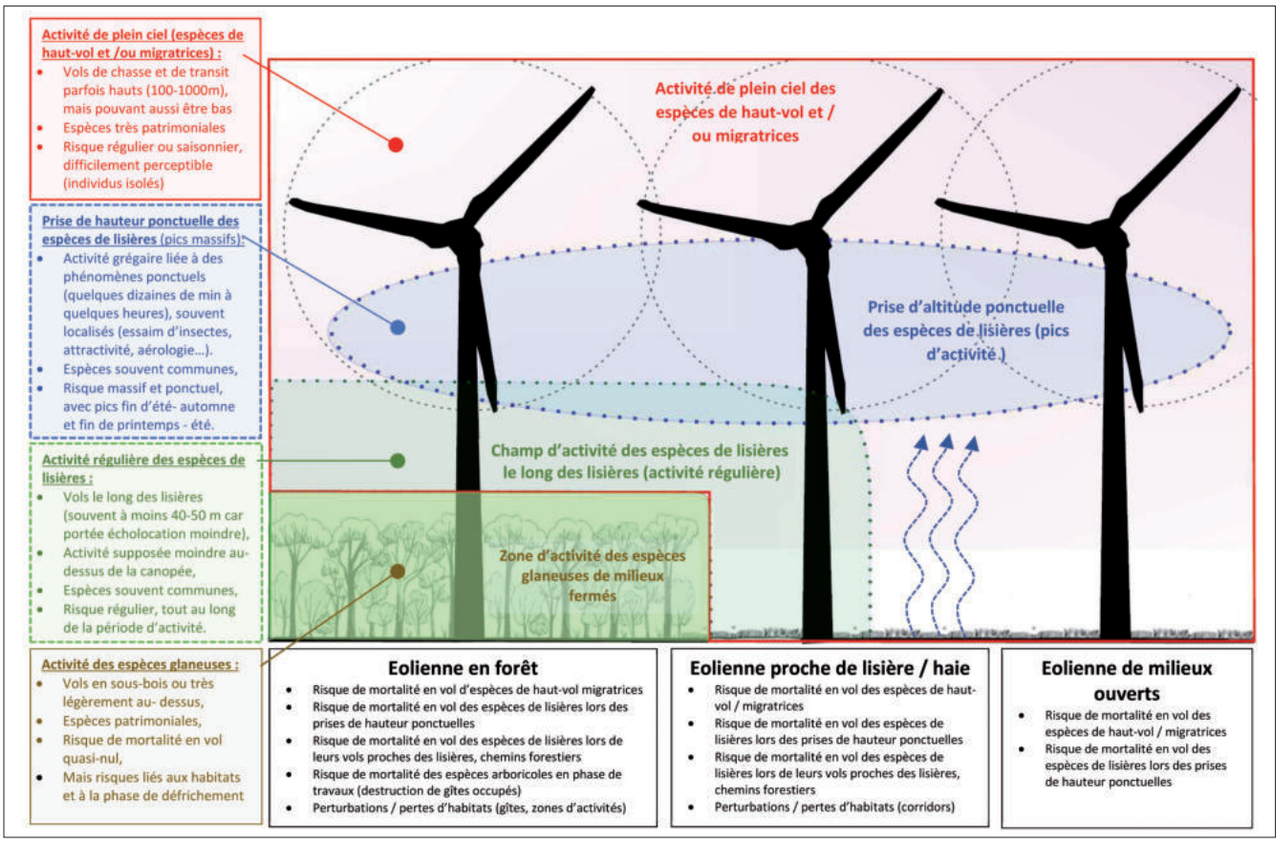


Figure 3. – Schéma des principaux types de risques éoliens sur les chauves-souris [BEUCHER *et al.*, 2017]

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 5 06/03/20 09:28

Stratégie prioritaire du GT éolien de la SFEPM : aider à la maitrise des mortalités par la régulation

Face à l'hétérogénéité de l'activité des chiroptères et cette diversité des types et conditions de risques, les moyens indispensables pour comprendre et maitriser des risques en phase d'études et de suivis d'impacts sont ;

– l'utilisation des enregistreurs à ultrasons en continu et sans échantillonnage à hauteur de rotor, et plus précisément à la base du rotor (zone supposée la plus à risque pour les différents types de vols). En croisant finement cette activité mesurée tout au long de la période d'activité des espèces avec les conditions climatiques, il est possible d'apprécier comment s'exprime cette typologie des risques et les conditions qui y sont associées sur le site étudié. Ce type de suivi en continu est donc essentiel en amont d'un projet (phase étude d'impact) pour anticiper les risques et dimensionner les patterns de régulation à mettre en œuvre (et en déduire l'effet sur la production d'énergie et la viabilité du projet). Mais il l'est aussi en phase de suivi post-implantation pour croiser l'activité à hauteur de nacelle, la mortalité au sol, les conditions climatiques et l'activité des éoliennes et vérifier la bonne mise en œuvre, la pertinence et les limites de la mesure de régulation engagée.

– la régulation systématique (bridage) de tous les parcs éoliens en faveur des chiroptères. Une fois que les conditions de risques locales sont mises en évidence, il s'agit de dimensionner un pattern de régulation proportionné pour faire en sorte que les éoliennes ne tournent pas lorsque les conditions de risques sont les plus fortes. Plusieurs modes de régulation sont possibles selon les sites et la pertinence de l'analyse préalable des conditions de risques. Ainsi, à défaut d'un suivi d'activité en continu en hauteur pour caractériser les conditions de risques, la régulation préventive retient des seuils de régulations conservateurs qui présentent une certaine efficacité sur une diversité de sites éoliens (ex. pas d'activité des éoliennes sous 6 m/s de vent et 10°C pendant toute la période d'activité des chauves-souris et toutes les heures de la nuit). Une analyse fine de l'activité en continu en hauteur pourra elle, permettre la mise en œuvre d'une régulation multicritère proportionnée aux conditions locales (selon la vitesse de vent, la température, la pluviométrie, la saisonnalité ou autres paramètres dont la corrélation avec les conditions de risque auront pu être mis en évidence *in situ*). Dans tous les cas, une régulation sous seuil de production devrait toujours être engagée pour faire en sorte que les éoliennes soient mises en drapeau par très faibles vitesses de vent et éviter donc qu'elles ne génèrent des risques de mortalités tant qu'elles ne produisent pas d'électricité. Il a en effet été démontré que ces très faibles vitesses de vent sous seuil de production pouvaient représenter une majorité des mortalités aux USA [Young *et al.,* 2012]. En France, les phénomènes de prises d'altitude ponctuelles et massives des pipistrelles à hauteur de rotor semblent aussi surtout se produire lors de faibles vitesses de vent [Langlois *et al.,* 2017]. Le perfectionnement et la démocratisation des mesures de régulation peuvent nécessiter une sensibilisation large, le partage et la valorisation des retours d'expériences, et l'établissement progressif de prescriptions ou guides techniques. Mais en attendant, au vu de l'urgence de la situation actuelle pour les populations de certaines espèces, tous les parcs éoliens en activité ou en projet devraient engager des mesures de régulation au moins préventives. Si ces mesures pouvaient être perfectionnées a posteriori à l'aide d'études fines, seule une régulation systématique de tous les parcs éoliens pourrait permettre une réduction sensible des mortalités des chauves-souris.

– Des suivis de mortalités sous les éoliennes menés au plus tôt après mise en exploitation du parc pour croiser les résultats avec l'activité mesurée en hauteur, les conditions climatiques et l'activité des éoliennes. Il s'agit alors de juger de la pertinence du choix du dimensionnement de la régulation et envisager une optimisation au besoin (mesure corrective). Le caractère hétérogène des mortalités et des nombreux biais méthodologiques liés à ce type de suivi imposent alors que le suivi de mortalité respecte un protocole standardisé et précis (avec prise en compte de coefficients correcteurs…) et un échantillonnage de visites suffisamment important pour être statistiquement représentatif. C'est la raison pour laquelle le GT éolien de la SFEPM aura été à l'origine de la démarche de révision du protocole de suivi environnemental 2015 auprès du ministère de l'écologie [MTES, 2018]. Au-delà du simple constat de l'impact généré par le parc éolien, ce suivi apparait alors comme un réel outil de maitrise des risques via l'optimisation raisonnée des patterns de régulation.

Dans ce contexte global de préoccupations sincères des effets de l'éolien sur les chiroptères et des lenteurs et limites techniques pour prendre en compte ces préoccupations, le GT éolien de la SFEPM invite l'ensemble des acteurs du développement éolien à s'engager urgemment vers une démarche vertueuse, responsable et concertée de maitrise des risques orientée autour des trois axes précédents. Il s'engage alors et oriente sa stratégie d'actions à la fois pour accompagner techniquement et valoriser les bonnes pratiques, et dénoncer par ailleurs les mauvais élèves. En 2018, cinq sous-groupes de travail ambitieux ont alors été définis pour mettre en œuvre cette stratégie d'action et mis à disposition de l'ensemble du réseau de chiroptérologues et adhérents volontaires :

– SG 1 : Accompagnement technique, sensibilisation et valorisation des bonnes pratiques. Ce sous-groupe vise à l'édition de prescriptions techniques (ex. bonnes

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 6 06/03/20 09:28

pratiques de suivis en hauteur, référentiels d'activité…), de grilles de lecture des dossiers d'études et de suivis d'impacts à destination des services instructeurs et inspecteurs ICPE. Il permet aussi une veille technique sur l'évolution des pratiques de régulation, mais aussi sur la perception d'autres types d'impacts (comme la perte d'habitats, et comment la prendre en compte dans les études).

– SG 2 : Actions juridiques
  Des actions juridiques peuvent être engagées pour les projets et parcs qui ne prennent clairement pas en compte l'intérêt des chiroptères dans leur activité. Ces actions juridiques pourront également être renforcées par des actions de communication.
– SG 3 : Observatoire des pratiques et des impacts
  Ce sous-groupe cherche à suivre l'évolution globale de la situation des pratiques (nombre de parcs éoliens régulés, modes de régulations, efficacités…) et des impacts éoliens sur les chiroptères en France (synthèses transversales par zones géographiques, par groupes d'espèces, corrélation avec les populations, effets cumulés, espèces patrimoniales…). Ce sous-groupe œuvre en partenariat avec les programmes et projets d'observatoire engagés par ailleurs à l'échelle nationale (MNHN).
– SG4 : Représentation, lobbying à l'échelle nationale et recherche de financements
  Veille sur les nouvelles problématiques (ex. évolutions réglementaires, repowering, évolution des modèles d'éoliennes à large rotor et faible garde au sol…).
– SG 5 : Communication large (grand public)
  Il s'agit ici de maintenir un espace de pression / négociation au service de la stratégie d'action et un plan de communication pour faire valoir la situation et les intérêts des chiroptères dans les politiques de développement éolien locales ou nationales.

Conclusion

La question des impacts du développement éolien sur les chiroptères est symbolique du défi qui consiste à concilier les deux principaux enjeux pour les générations futures que sont le dérèglement climatique et l'érosion de la biodiversité. Les contraintes techniques et les perspectives de développement éolien à venir montrent à quel point il est urgent que les acteurs prennent conscience de la situation et agissent de façon responsable et concertée vers le développement systématique de mesures de régulations pour réduire considérablement l'effet des mortalités sur l'équilibre des populations de chauves-souris. Au-delà de la démocratisation des mesures de régulation et de leur optimisation, concilier éolien et chiroptères repose également sur notre capacité à suivre et partager de façon itérative l'évolution des impacts (par mortalités mais aussi via d'autres types d'effets possibles comme les perturbations et pertes d'habitats), et les mettre en relation avec l'évolution des populations des différentes espèces. A travers sa réorganisation en sous-groupes thématiques, le GT éolien de la SFEPM propose un programme d'actions ambitieux pour concilier autant que possible éolien et chiroptères. Il s'ouvre donc à toutes les bonnes volontés pour contribuer à cet objectif. Merci aux volontaires pour se faire connaitre auprès du secrétariat de la SFEPM.

Remerciements

L'ensemble du GT éolien de la SFEPM remercie chaleureusement les organisateurs des rencontres nationales chiroptères pour avoir permis une tribune d'ouverture le 17 mars 2018 pour faire valoir ce sujet majeur.

Références bibliographiques

André Y., 2005. - *Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune.* LPO, Rochefort, 21 p.

Arnett E. B. & Baerwald E. F., 2013. - Impacts of Wind Energy Development on Bats: Implications for Conservation. In *Bat evolution, ecology, and conservation*. Springer, New York. 435-456.

Baerwald E.F., D'Amours G.H., Klug B.J. & Barclay R.M.R., 2008. - Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology,* 18 (6) : 695-696.

Barré K., Le Viol I., Bas Y., Julliard R. & Kerbiriou C., 2018. - Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: Implications for European siting guidance. *Biological Conservation,* 226 : 205-214.

Berkhout V, Faulstich S, Görg P, Kühn P, Linke K *et al.*, 2013. - *Wind energy 2012*. FraunhoferInstitut für Windenergie und Energiesystemtechnik. IWES, Kassel.

Beucher Y., Richou C. & Albespy F., 2017. – Maîtrise de la mortalité des chiroptères : Analyse comparée de la mise en place de mesures de régulation de trois parcs éoliens. Actes du *Séminaire Eolien & Biodiversité*. Artigues-Près-Bordeaux. 81-87.

Frick W.F., Baerwald E.F., Pollock J.F., Barclay R.M.R., Szymanski J.A., Weller T.J., Russell A.L., Loeb S.C., Medellin R.A. & McGuire L.P., 2017. - Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209 : 172-177.

Hayes M.A., 2013. - Bats killed in large numbers at United States wind energy facilities. *BioScience,* 63 (12) : 975–979.

Kerbiriou C., Julien J.F., Bas Y., Marmet J., Le Viol I., Lorrilliere R., Azam C., Gasc A. & Lois G., 2015. - Vigie-Chiro : 9 ans de suivi des tendances des espèces communes. *Symbioses 2015*, nouvelle série, 34 & 35 : 1-4.

Kerbiriou C., Julien J.F., Monsarrat S., Lustrat P., Haquart A., Robert A., 2015. - Information on population trends and biological constrainst from bat counts in roost cavities: a 22-year case study of a pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber) hibernaculum. *Widllife Research*, 42 (1) : 35-43
< https://doi.org/10.1071/WR14197 >.

Langlois A., Beucher Y., Albespy F. & Mounetou R., 2017. - Les pics d'activité des chauves-souris en plein ciel : vers

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 7 06/03/20 09:28

une nouvelle perception de la typologie des risques d'impacts éoliens. Poster. *Séminaire Eolien Biodiversité*. Artigues-Près-Bordeaux.

Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (MEDD), ADEME, 2004. – *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens*. 125 p.

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (MTES), 2018. - *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres*. Révision 2018. 20 p.

Roemer C., Disca T., Coulon A. & Bas Y., 2017. - Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation*, 215 : 116-122.

Rydell J. & Wickman A., 2015. - Bat activity at a small wind turbine in the Baltic Sea. *Acta Chiropterologica*, 17 (2) : 359-364.

Thelander C.G., Smallwood K.S. & Rugge L., 2003. - *Bird Risk Behaviors and Fatalities at the Altamont Pass Wind Resource Area. Period of Performance: March 1998–December 2000.* National Renewable Energy Lab., Golden, CO.(US), 87 p.

Voigt C. C. & Kingston T., 2016. - *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world*. Springer Science+ Business Media.

Voigt C.C., Lehnert L.S., Petersons G. *et al.,* 2015. - Wildlife and renewable energy: German politics cross migratory bats. *European Journal of Wildlife Research*, 61 (2) : 213–219. doi:10.1007/s10344-015-0903-y

Young D., Nomani S., Tidhar W. L. & Bay K., 2012. - *Nedpower Mount storm wind energy facility post-construction avian and bat monitoring*. 50 p.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 8 06/03/20 09:28

Les chauves-souris, des auxiliaires possibles de la vigne : Wine not ?

Yohan CHARBONNIER*, Daciana PAPURA**, Olivier TOUZOT***,
Noriane RHOUY* & Adrien RUSCH**

* LPO Aquitaine
433 chemin de Leystotte, 33140 Villenave d'Ornon
yohan.charbonnier@lpo.fr

** UMR SAVE INRA/Bordeaux sciences Agro
71, avenue Edouard Bourlaux, 33140 Villenave d'Ornon

*** Eliomys
23 route Mahele, 33240 Saint Genès de Fronsac

Résumé. - Face aux enjeux sanitaires et environnementaux actuels, la viticulture est directement concernée par la nécessité de réduire l'emploi de pesticides. Les services de régulation naturelle fournis par les chiroptères, déjà démontrés sur d'autres cultures, sont régulièrement évoqués comme susceptibles de contribuer à réduire la dépendance aux pesticides. Pour confirmer le rôle fonctionnel des chauves-souris, 23 parcelles de vignes situées dans le bordelais ont fait l'objet simultanément d'écoutes nocturnes et de suivis de la phénologie d'Eudémis (*Lobesia botrana*), principal ravageur de la vigne dans cette région. Parallèlement, l'analyse du régime alimentaire des chiroptères a été réalisée à l'aide d'outils moléculaires type PCR diagnostique. Les résultats démontrent que les pipistrelles et les oreillards intensifient significativement leur activité de chasse lorsque les papillons ravageurs sont présents dans les parcelles de vigne. En complément, l'étude du régime alimentaire apporte une preuve formelle qu'au moins dix espèces de chauves-souris prédatent, plus ou moins régulièrement, 3 espèces de vers de la grappe même lorsque les niveaux d'infestation sont faibles. Si le rôle d'auxiliaire des chauves-souris est désormais prouvé, il reste maintenant à en évaluer l'efficacité et à comprendre comment les chiroptères utilisent les paysages viticoles afin d'accompagner efficacement les viticulteurs dans leurs changements de pratiques.

Mots-clés. - Chiroptères, viticulture, vers de la grappe, ravageurs, vignoble bordelais, guanos, *Lobesia botrana*, centre de soin.

Introduction

Dans les systèmes agricoles actuels, la gestion des populations des bioagresseurs est encore majoritairement dépendante des produits phytosanitaires de synthèse. En France, la viticulture est parmi les productions agricoles ayant le plus recours à ces traitements. Avec un indicateur de fréquence de traitements phytosanitaires (IFT) de 12,5, elle représente 15% de la quantité totale de pesticides employée en agriculture en France pour moins de 4% de la Surface Agricole Utile [Butault *et al.*, 2011]. Face aux enjeux sanitaires et environnementaux actuels, la viticulture est donc directement concernée par la nécessité de réduire l'emploi de pesticides. Le renforcement des régulations biologiques des ravageurs des cultures par les auxiliaires dans les agrosystèmes apparaît comme une des voies prometteuses pour réduire la dépendance aux pesticides [Losey & Vaughan, 2006].

Les services de régulation naturelle fournis par les chiroptères ont d'ores et déjà pu être démontrés sur les ravageurs de plusieurs cultures tels que les carpocapses et les pyrales du pommier [Jay *et al.*, 2012], la Pyrale du riz [Puig-Montserrat *et al.*, 2015] ou encore la Processionnaire du pin [Charbonnier *et al.*, 2014]. Le mode de chasse et le régime alimentaire insectivore des chiroptères européens en font de bons candidats susceptibles d'influencer la dynamique de certains ravageurs de la vigne dont les adultes ont une activité nocturne. Parmi ces insectes ravageurs de la vigne trois espèces de pyrales (tortricidés), le plus souvent regroupées sous le nom de vers de la grappe, causent des niveaux élevés de dégâts aux grappes de raisin. Dans les vignobles fortement attaqués, il est possible qu'il y ait jusqu'à 30 larves par grappe qui chacune peuvent endommager entre 2 et 10 baies [Delbac & Thiéry, 2016]. De plus, la perforation des baies liée à la présence de larves favorise le développement de la pourriture des grappes entraînant ainsi de graves dommages qualitatifs et quantitatifs [Delbac & Thiéry, 2016]. Les travaux publiés à ce jour ont principalement étudié l'effet de la matrice paysagère sur la fréquentation de l'espace viticole par les chiroptères [Froidevaux *et al.*, 2017; Sentenac & Rusch, 2018]. Ainsi, si le rôle des chauves-souris comme auxiliaire de la vigne est souvent mis en avant, la preuve fait encore défaut.

Au regard de l'important questionnement des chiroptérologues et des acteurs de la profession viticole autour de la conservation des chiroptères et de leurs rôles comme auxiliaires de la vigne, il apparaissait urgent de mener une

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 9 06/03/20 09:28

étude visant à caractériser les liens trophiques entre les communautés de chiroptères et les vers de la grappe. Les objectifs de notre étude ont été de démontrer la capacité des chauves-souris à consommer des vers de la grappe par : i) l'étude de l'activité des populations de chiroptères en fonction de la présence des ravageurs du vignoble et ii) la mise en évidence de la présence de ces ravageurs dans le régime alimentaire des chauves-souris.

Matériel et méthode

Les sites d'étude

L'étude a été conduite dans le sud-ouest de la France, dans différentes entités viticoles de la région de Bordeaux (44 ° 81'N, -0 ° 14'W), toutes situées dans le département de la Gironde (33) (*Figure 1*). La zone d'étude est majoritairement composée de vignes (138 000 ha) dont la superficie et la densité au sein des matrices paysagères varient selon les appellations. Dans le cadre de cette étude, 23 parcelles de vignes ont été sélectionnées au sein de 5 appellations viticoles : Médoc, Saint-Emilion, Pessac-Léognan, Côte de Bourg et Côtes de Bordeaux. Le choix de ces parcelles s'est fait de façon à ce qu'elles soient éloignées de plus de 40 mètres de tout élément susceptible de biaiser l'activité des chauves-souris tel que les haies, les points d'eau ou encore les bâtiments.

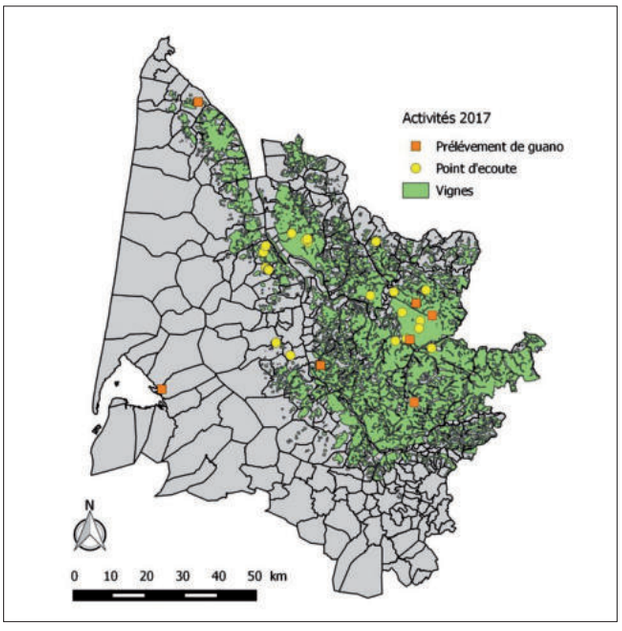


Figure 1. – Localisation des points d'écoute et des prélèvements de guano dans le vignoble bordelais

Les suivis de la phénologie des ravageurs

Trois espèces de pyrales sont présentes dans les vignobles français : Eudémis *Lobesia botrana*, Cochylis *Eupoecilia ambiguella* et la Pyrale de la vigne *Sparganothis pilleriana*. Ces espèces d'hétérocères volent principalement au crépuscule entre 21h00 et 23h00 [Lucchi *et al.*, 2018], ce qui en font des proies potentielles pour les chauves-souris. Les femelles pondent sur les grappes de raisins et les larves se nourrissent des fleurs ou des baies de la vigne. Bien que les larves soient polyphages, *Vitis vinifera* est leur principal hôte dans les zones dominées par les vignobles [Maher & Thiéry, 2006]. Les deux premières espèces de pyrale sont polyvoltines et effectuent deux à trois générations par an tandis que la dernière espèce est univoltine. Les 23 parcelles du dispositif ont fait l'objet d'un suivi de la phénologie des populations d'Eudémis par piégeage phéromonal. Le piégeage à l'aide de phéromones sexuelles de synthèse est considéré comme une méthode efficace pour surveiller la phénologie de *L. botrana* [Loriatti *et al.*, 2011]. Il repose sur une relation positive entre les captures des mâles adultes dans les pièges et la présence locale de papillons nocturnes. L'étude ayant été conduite du 1er mai au 15 septembre 2017, elle a débuté avant la deuxième génération d'adultes et s'est poursuivie au-delà du troisième pic d'émergence de *L. botrana*. Malheureusement, aucune étude n'a démontré de relations statistiques entre les mâles piégés par les leurres phéromonaux et l'abondance de la population de ravageurs. De ce fait, seules les données qualitatives en présence du ravageur, et non les données quantitatives sur son abondance, ont été retenues dans les analyses.

Les suivis de l'activité chiroptérologique

Sur chacune des 23 parcelles de l'étude, des points d'écoutes nocturnes ont été réalisés tous les 15 jours entre le 11 mai et le 04 octobre 2017 à l'aide d'enregistreurs SM2 BAT+. Les enregistreurs étaient paramétrés pour débuter leurs enregistrements 30 minutes avant le coucher du soleil et enregistrer en continu durant 4 heures. Sur la base de répétitions bimensuelles, les dates d'échantillonnage ont été conditionnées par les facteurs météorologiques afin d'éviter les nuits où les conditions climatiques étaient peu propices à l'activité des chiroptères (pluie, vent fort ou températures en dessous de 12° C). Ces enregistrements ont ensuite été analysés, à l'aide du logiciel Batsound 4.1, selon la méthode proposée par Barataud [2012]. Pour les écholocations ne pouvant être attribuées avec certitude à une espèce, nous avons créé des groupes d'espèces acoustiquement proches. De cette façon, nous avons regroupé *Pipistrellus kuhlii / nathusii* sous le groupe pipistrelles KuhlNat, *Eptesicus serotinus* et *Nyctalus leisleri* en groupe nyctaloïdes, *Plecotus auritus* et *Plecotus austriacus* en oreillards indéterminés et toutes les espèces de *Myotis* en murins indéterminés. L'activité chiroptérologique a été quantifiée sur la base du nombre de contacts par nuit. Un contact correspondant ici, à une séquence acoustique de 5 secondes, composée d'au moins 2 cris de chiroptères. En complément, l'activité de chasse a été déterminée par le décompte du nombre de buzz correspondant à la signature acoustique d'une tentative de capture de proies.

Les analyses statistiques

L'effet de la présence de ravageurs sur l'activité des

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 10 06/03/20 09:28

chauves-souris a été testé à l'aide de modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM) avec une distribution d'erreur de type Poisson. Un modèle pour l'activité totale des chauves-souris et des modèles séparés pour chaque espèce de chauves-souris ont été réalisés avec l'évaluation qualitative des niveaux de population de ravageurs comme variable explicative (variable explicative binaire). Dans chaque modèle, nous avons ajouté la date d'échantillonnage et les parcelles comme effets aléatoires croisés. Un effet d'observation a été ajouté dans certains modèles pour corriger la sur-dispersion. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R [R Core Team, 2016] et le package lme4 a été utilisé pour les GLMM [Bates *et al.*, 2014]. La vérification des résidus de tous les modèles a été réalisée à l'aide de graphiques diagnostiques du package DHARMa [Hartig, 2017] et aucun problème n'a été détecté.

Les analyses du régime alimentaire

L'analyse du régime alimentaire des chiroptères a été réalisée à l'aide d'outils moléculaires type PCR diagnostique. Pour ce faire, il a été nécessaire de développer des amorces spécifiques capables d'amplifier des fragments courts d'ADN d'Eudémis, de Cochylis et de la Pyrale de la vigne à partir de l'ADN extrait du guano de chauves-souris. Pour le développement de ces amorces, un fragment d'ADN mitochondrial de 650 paires de bases (région cytochrome oxydase 1, CO1) a été ciblé et amplifié à partir de l'ADN de chacune des trois espèces de pyrales. Suite au séquençage et à l'analyse des fragments amplifiés, plusieurs zones variables interspécifiques, mais conservées au sein de l'espèce, ont été identifiées et ciblées pour le développement des amorces spécifiques. Les couples d'amorces Lb-nb4F/Lb-nb3R et Lb-nb5F/R ont été retenus pour Eudémis (186 pb et 137 pb) et le couple d'amorces Ea-nbF/R qui amplifie spécifiquement un fragment court (175 pb) d'ADN pour Cochylis et aussi Pyrale de la vigne. La spécificité des trois couples d'amorces retenus (Lb-nb4F/Lb-nb3R, Lb-nb5 et Ea-nbF/R) a été testée pour leur capacité à amplifier uniquement l'ADN des tordeuses de la vigne sans qu'ils amplifient d'autres espèces taxonomiquement proches.

La sensibilité des amorces à détecter la présence des traces d'ADN de tordeuses dans le guano a ensuite été estimée à l'aide de tests alimentaires. L'objectif a été de déterminer le temps post-ingestion durant lequel les amorces sont capables de détecter, dans le guano des chauves-souris, la présence d'ADN des ravageurs. Ces tests ont pu être réalisés grâce à des chauves-souris trouvées blessées en Gironde et prises en charge par le centre des soins de la LPO Aquitaine pour être soignées puis relâchées dans leur habitat naturel (*http://lpoaquitaine.org/index.php/centre-de-soin/le-centre*). Trois pipistrelles de Kuhl ont ainsi été nourries en une seule prise avec plusieurs chrysalides d'eudémis. Les fèces, récupérées dans des conditions stériles à des intervalles réguliers post-ingestion (2 h, 4 h, 6 h, 10 h, 24 h et 48 h) ont été analysées par PCR diagnostique en utilisant les trois couples d'amorces retenus.

Enfin, pour mettre en évidence la consommation des vers de la grappe par les chiroptères, des collectes des fèces ont été réalisées *in natura* dans des contextes viticoles girondins. Ces collectes ont eu lieu en 2017, 2018 et 2019 pendant les périodes de vol d'Eudémis et de Cochylis.

Résultats

Au cours des 1020 heures de points d'écoute, ce sont 17062 contacts de chiroptères qui ont été enregistrés. Ces enregistrements ont permis l'identification certaine de 17 des 22 espèces connues actuellement sur le département. Néanmoins, pour limiter les risques d'erreurs d'identification, nous avons favorisé l'utilisation de groupes d'espèces. Ainsi, 8917 contacts (52,2 % des enregistrements) sont ceux de *Pipistrellus kuhlii/nathusii*, 5331 (31,2 %) de *Pipistrellus pipistrellus*, 1678 (9,8 %) de nyctaloïdes et 418 (2,4 %) d'oreillards indéterminés. Les 4,4 % restant correspondent à *Nyctalus noctula* (364 contacts), murin indéterminé (211), *Barbastella barbastellus* (41), *Rhinolophus hipposideros* (41), *Rhinolophus ferrumequinum* (39), *Miniopterus schreibersii* (19) et *Pipistrellus pygmaeus* (3) (*Tableau 1*). Parmi l'ensemble de ces contacts, 668 (3,9%) contenaient des buzzs. Sur l'ensemble de ces espèces, seules cinq ont pu être contactées, au moins une fois, sur les 23 parcelles viticoles (Pipistrelles commune et de Kuhl, Sérotine commune, Noctule de Leisler et l'Oreillard gris), cinq autres ont été contactées sur plus de dix parcelles et enfin 9 autres furent rencontrées de façon plus sporadique.

Espèces ou groupes d'espèces	Nombre de sites où l'espèce a été contactée	Nombre de contacts
Pipistrelles kuhl/nathusius	23	8917
Pipistrelle commune	23	5331
Nyctaloïdes	23	1678
Oreillards indéterminés	23	418
Noctule commune	10	364
Murins indéterminés	21	211
Barbastelle d'Europe	13	41
Petit rhinolophe	13	41
Grand rhinolophe	13	39
Minioptère de Schreibers	8	19
Pipistrelle pygmée	1	3

Tableau 1. – Résultats des points d'écoute nocturnes conduits sur 23 parcelles de vignes bordelaises

Activité chiroptérologique en relation avec le ravageur

La présence des papillons ravageurs dans les parcelles, estimée par piégeage phéromonal, ne présente pas d'effet significatif sur la richesse spécifique (z=1.503, P=0,133). En revanche, sur l'ensemble des parcelles, l'activité chiroptérologique augmente significativement avec la présence de papillons d'eudémis piégés (z=3.387, P<0.001).

A l'image de l'activité globale, celles de *Pipistrellus*

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 11 06/03/20 09:28

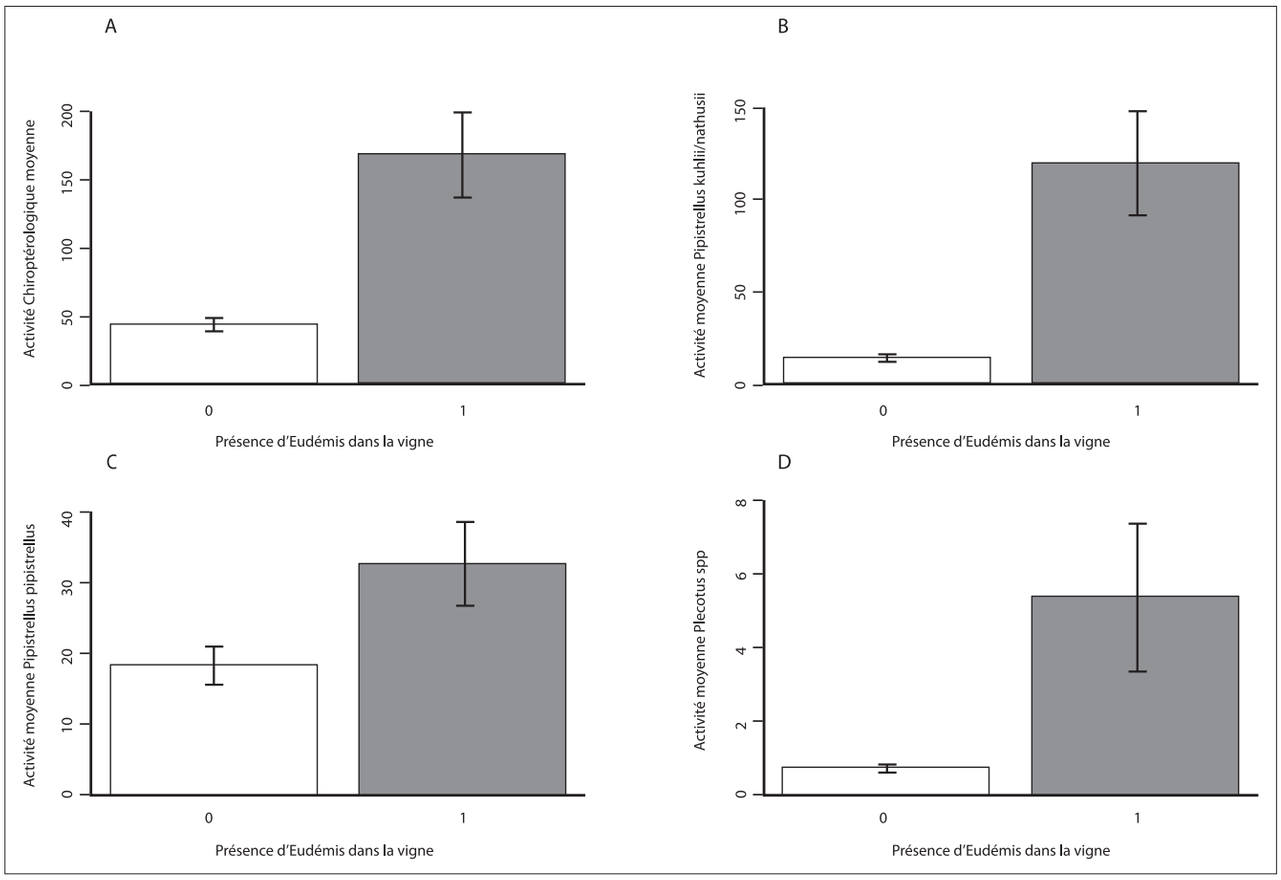


Figure 2. – Comparaison de l'activité moyenne des chauves-souris en fonction de l'absence des papillons du ravageur (barre blanche) ou de leur présence (barre grise) dans les parcelles de vigne pour (A) l'ensemble des espèces, (B) le groupe pipistrelle Kuhl/Nathusius, (C) la Pipistrelle commune ou (D) les oreillards indéterminés.

kuhlii/nathusii (z=2.763 ; P=0.005), des oreillards indéterminés (z=2.154 ; P=0.031*)* et de la Pipistrelle commune (z=2.062 ; P=0.03) augmentent significativement dans les vignes lorsque les papillons ravageurs sont présents dans les parcelles (*Figure 2*). Cette augmentation de l'activité, en relation avec la présence des papillons ravageurs dans les parcelles, est d'autant plus importante que l'espèce ou le groupe d'espèces sont spécialisés. En revanche, dans les mêmes conditions les nyctaloïdes ne semblent pas modifier significativement leur activité (z=0.547 ; P=0.585).

Développement des marqueurs et analyse du guano

Les résultats montrent qu'il est possible de détecter spécifiquement les traces d'ADN digéré d'Eudémis jusqu'à 48 h post-ingestion avec les deux couples d'amorces, Lb-nb4F/Lb-nb3R et Lb-nb5. Les guanos témoins récupérés deux heures après l'ingestion sont positifs à 90%. Ce haut niveau de détectabilité est conservé jusqu'à six heures post-ingestion. Au-delà de cet intervalle, le pourcentage de détection baisse, mais il est encore de l'ordre de 70 % 48 h après ingestion.

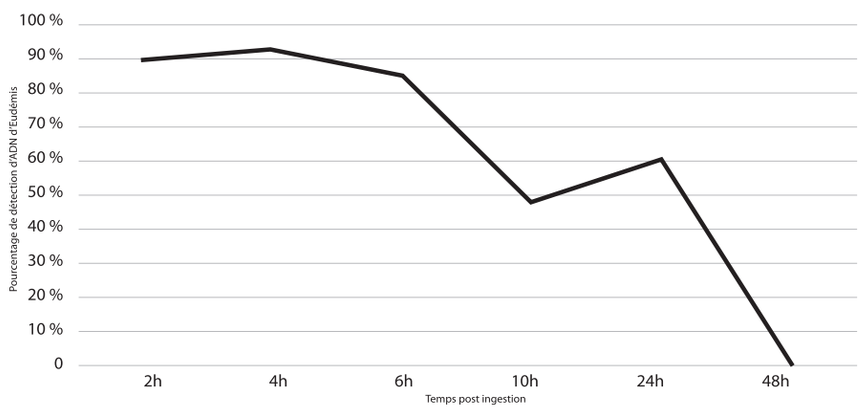


Figure 3. – Les niveaux de détection de l'ADN digéré d'Eudémis dans les fèces des chauves-souris (*P. kuhlii*) obtenus après plusieurs périodes post-ingestion.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 12 06/03/20 09:28

Espèces	Sites	Années	Guanos testés	Guanos positifs	Eudémis	Cochylis	Eudémis + Cochylis
Eptesicus serotinus	Château Corbin	2017	8	8	8	5	5
Eptesicus serotinus	Château Corbin	2018	1	1	1	0	0
Myotis bechsteinii	Château du Courlat	2019	5	4	4	0	0
Myotis daubentonii	Château du Courlat	2019	4	2	2	0	0
Nyctalus leisleri	Château du Courlat	2019	6	1	1	1	1
Pipistrellus kuhlii	Château Brethous	2017	12	11	10	6	5
Pipistrellus pipistrellus	Eglise de Vignonet	2017	5	4	4	2	2
Pipistrellus pipistrellus	Château Corbin	2017	2	0	0	0	0
Pipistrellus pipistrellus	Château du Courlat	2019	4	4	4	0	0
Plecotus auritus	Château du Courlat	2019	6	6	6	2	2
Plecotus austriacus	Château Saint aubin	2017	16	10	10	1	1
Plecotus austriacus	Château Corbin	2017	1	1	1	1	1
Rhinolophus ferrumequinum	Château Caplong	2018	5	3	2	3	2
Rhinolophus hipposideros	Château Caplong	2018	7	6	6	4	3

Tableau 2. – Résultats des analyses moléculaires sur le guano de différentes espèces de chauves-souris pour détecter la présence d'ADN de 3 pyrales ravageuses de la vigne.

Au total, 82 guanos de dix espèces différentes ont été collectés sur six sites (Château Brethous, Château Caplong, Château Corbin, Château du Courlat, Château Saint-Aubin et Vignonet). Dans 75,6% des guanos testés, il a été possible de détecter des traces d'ADN d'au moins une des trois espèces de tordeuse de la vigne. Au vu des résultats, les dix espèces dont le guano a été testé au cours de l'étude, semblent avoir consommé au moins l'un des ravageurs du vignoble (*Tableau 2*).

Discussion

Les vignes bordelaises sont régulièrement survolées par la majorité des 22 espèces connues, à l'heure actuelle, en Gironde. Il est d'ailleurs possible qu'aux 17 espèces contactées dans l'étude viennent ultérieurement s'ajouter d'autres espèces pour lesquelles la discrimination sur des bases acoustiques reste délicate. Parmi les espèces contactées, plusieurs d'entre elles présentent des statuts de conservation défavorables à l'échelle régionale ou nationale et sont susceptibles d'exploiter la vigne comme zone de transit ou comme terrain de chasse. Si la richesse globale est relativement élevée et stable dans le temps et dans l'espace, au cours d'une nuit sur une parcelle, ce sont en moyenne 4 espèces qui fréquentent la vigne. Il apparait donc que si beaucoup d'espèces survolent le vignoble, localement, le cortège d'espèces susceptibles d'exploiter régulièrement la vigne est plus restreint et concernerait essentiellement les pipistrelles, les oreillards et la Sérotine commune.

Contrairement à la richesse spécifique, l'activité chiroptérologique est, avec en moyenne 20 contacts par heure, relativement faible au regard d'autres habitats naturels du département. Cette activité présente d'importantes variations dans l'espace et dans le temps. Ces variations spatiales de l'activité des chauves-souris entre les parcelles sont probablement dépendantes, comme l'ont déjà montrées d'autres études, de facteurs locaux issus des pratiques viticoles [Rodriguez-San Pedro *et al.*, 2018], mais aussi de facteurs plus larges liés à l'organisation des paysages connexes aux parcelles [Froideveaux *et al.*,2017 ; Rodríguez-San Pedro *et al.*, 2019 ; Sentenac & Rusch, 2018]. Les variations temporelles de l'activité des chauves-souris sont quant à elles généralement liées à des modifications de la disponibilité des ressources alimentaires et de la qualité des habitats [Charbonnier *et al.*, 2016].

Dans le cas de notre étude une partie de la variabilité temporelle semble être à rapprocher de la présence des papillons ravageurs au sein des parcelles de vigne. En effet, nos résultats suggèrent qu'au moins trois espèces, ou groupe d'espèces, de chauves-souris accroissent significativement leur activité générale, mais aussi leur activité de chasse au sein du vignoble lorsque les adultes d'Eudémis sont actifs. Ces résultats confirment la capacité des chauves-souris insectivores à adapter leur activité de chasse, dans des contextes de monoculture, à la présence des populations de ravageurs par la mise en place de réponses numériques [Charbonnier *et al.*, 2014]. Si les pipistrelles sont les espèces les plus actives au vignoble, les oreillards, espèces avec des niches trophiques plus spécia-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 13 06/03/20 09:28

lisées [Ashrafi *et al.*, 2011], sont ceux qui augmentent le plus significativement leur activité de chasse dans la vigne quand les papillons ravageurs y sont actifs. Ce comportement pourrait être assez marqué car il a été possible de contacter des oreillards sur l'ensemble des parcelles alors même que ce groupe d'espèces n'est pas si commun dans le département [Charbonnier *et al.*, 2014].

Nos résultats démontrent une fois encore l'intérêt et l'efficacité de l'approche moléculaire pour appréhender le régime alimentaire des chauves-souris [Mc Cracken *et al.*, 2012 ; Puig-Montserrat *et al.*, 2015]. Dans notre cas, la grande sensibilité des marqueurs moléculaires spécifiques développés a permis de valider formellement l'hypothèse selon laquelle les chauves-souris étaient des prédateurs des différentes espèces de vers de la grappe. Si ces résultats positifs étaient prévisibles à dire d'expert, leur confirmation vient renforcer notre hypothèse que l'augmentation de l'activité des chauves-souris est liée à la présence des ravageurs et non pas à une émergence simultanée d'autres proies potentielles. De plus, la diversité d'espèces de chauves-souris dont les guanos ont été testés positifs suggère que même des espèces peu connues pour chasser en milieu ouvert, comme le Murin de Bechstein, profitent de façon opportuniste de la manne de ressource alimentaire lors des émergences de vers de la grappe. Pour les espèces plus communes et actives dans le vignoble, Eudémis semble être une proie privilégiée puisqu'en 2017, alors même qu'après un épisode de gelée tardive les populations de ravageurs étaient au plus bas, l'ensemble des sites de collecte de guano contenait malgré tout des échantillons positifs.

Conclusion

Notre étude démontre de façon formelle que les chiroptères, dans des contextes viticoles, consomment différents papillons ravageurs du vignoble et adaptent leur activité de chasse à la présence de ces ravageurs. Si à ce titre, les chiroptères peuvent être considérés comme des auxiliaires, il reste désormais à évaluer l'efficacité de leur action sur la diminution des dégâts. Enfin, pour accroitre le rôle fonctionnel des chiroptères dans les vignobles et permettre un accompagnement efficace de la filière viticole, il est indispensable de conduire de nouvelles études visant à une meilleure compréhension de l'effet des pratiques et de l'organisation de l'espace viticole sur les communautés de chiroptères.

Remerciements

Les auteurs de l'étude souhaitent vivement remercier pour son soutien financier et technique le Conseil Interprofessionnel du Vin de Bordeaux (CIVB). Nous souhaitons également remercier pour nous avoir mis à disposition des parcelles les châteaux Annereaux, Brethous, Caplong, Corbin, Courlat, Coteau, Figeac, Labegorce, Lapelletrie, Luchey Halde, Mercier, Piney, Puybarbe, La rivière, Saint Aubin, du Tertre, l'Union des Producteurs de Saint Emilion, la Cave coopérative de Puisseguin - Lussac Saint-Emilion et la Cave Louis Vallon. Enfin, la réalisation de cette étude a été grandement facilitée grâce à l'aide technique d'Antoine Verpy, du GDON du Libournais, des salariés et bénévoles du Centre de soin de la Faune sauvage de la LPO à Audenge, du GCA, d'Amandine Theillout, de Yannig Bernard et d'Olivier Fabreguette.

Références bibliographiques

Ashrafi S., Beck A., Rutishauser M., Arlettaz R. & Bontadina F., 2011. - Trophic niche partitioning of cryptic species of long-eared bats in Switzerland: implications for conservation. *European Journal of Wildlife Research,* 57 (4) : 843–849. <https://doi.org/10.1007/s10344-011-0496-z>

Barataud M., 2012. - *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope Edition, Muséum national d'Histoire naturelle, Mèze, Paris, 344 p.

Bates D., Eigen C. & Rcpp L., 2014. - Package 'lme4'.

Butault J.-P., Delame N., Jacquet F. & Zardet G., 2011. - L'utilisation des pesticides en France : état des lieux et perspectives de réduction. *Notes et études socio-économiques*, 35, 24 p.

Charbonnier Y., Barbaro L., Theillout A. & Jactel H., 2014. - Numerical and Functional Responses of Forest Bats to a Major Insect Pest in Pine Plantations. *PLoS ONE*, 9 (10) : e109488. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109488>

Charbonnier Y., Gaüzère P., van Halder I., Nezan J., Barnagaud J.-Y., Jactel H. & Barbaro L., 2016. - Deciduous trees increase bat diversity at stand and landscape scales in mosaic pine plantations. *Landscape Ecology*, 31 : 291–300. <https://doi.org/10.1007/s10980-015-0242-0>

Delbac L. & Thiéry D., 2016. - Damage to grape flowers and berries by *L obesia botrana* larvae (Denis & Schiffernüller) (Lepidoptera: Tortricidae), and relation to larval age: Larval age and damages by *Lobesia botrana*. *Australian journal of grape and wine research*, 22 : 256–261. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12204>

Froidevaux J.S.P., Louboutin B. & Jones G., 2017. - Does organic farming enhance biodiversity in Mediterranean vineyards? A case study with bats and arachnids. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249 : 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.012>

Hartig F., 2017. – DHARMa: residual diagnostics for hierarchical (multi-level/mixed) regression models. *R Package Version 01*, 5.

Jay M., Boreau C., Ricard J.-M., Garcin A., Mandrin J.-F., Lavigne C., Bouvier J.-C., Tupinier Y. & Puechmaille S.J., 2012. - Les chauves-souris consomment-elles des ravageurs? *Infos CTIFL*, 28–34.

Loriatti C., Anfora G., Tasin M., De Cristofaro A., Witzgall P. & Lucchi A., 2011. - Chemical Ecology and Management of Lobesia botrana (Lepidoptera: Tortrici-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 14 06/03/20 09:28

dae). *Journal of Economic Entomology*, 104 : 1125–1137. <https://doi.org/10.1603/EC10443>

Losey J. E. & Vaughan M., 2006. - The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56 (4) : 311-323.

Lucchi A., Sambado P., Juan Royo A.B., Bagnoli B., Conte G. & Benelli G., 2018. - Disrupting mating of Lobesia botrana using sex pheromone aerosol devices. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 : 22196–22204. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2341-3>

Maher N. & Thiéry D., 2006. - Daphne gnidium, a possible native host plant of the European grapevine moth Lobesia botrana, stimulates its oviposition. Is a host shift relevant? *Chemoecology*, 16 (3) : 135–144. <https://doi.org/10.1007/s00049-006-0339-7>

McCracken G.F., Westbrook J.K., Brown V.A., Eldridge M., Federico P. & Kunz T.H., 2012. - Bats track and exploit changes in insect pest populations. *PLoS ONE,* 7 : e43839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043839>

Puig-Montserrat X., Torre I., López-Baucells A., Guerrieri E., Monti M.M., Ràfols-García R., Ferrer X., Gisbert D. & Flaquer C., 2015. - Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology*, 80 : 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.03.008>

Rodríguez-San Pedro A., Chaperon P.N., Beltrán C.A., Allendes J.L., Ávila F.I. & Grez A.A., 2018. - Influence of agricultural management on bat activity and species richness in vineyards of central Chile. *Journal of Mammalogy*, 99 (6) : 1495-1502. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy121>

Rodríguez-San Pedro A., Rodríguez-Herbach C., Allendes J.L., Chaperon P.N., Beltrán C.A. & Grez A.A., 2019. - Responses of aerial insectivorous bats to landscape composition and heterogeneity in organic vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 277 : 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.03.009>

Sentenac G. & Rusch A., 2018. - Effets de l'environnement paysager sur les chiroptères. *Phytoma*, 33–44.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 15 06/03/20 09:28

Étude sur les Sérotines nordiques dans les Hautes-Vosges. Bilan de trois années d'étude (2015-2017)

Hélène Chauvin * & Giacomo Jimenez **

* Groupe d'Étude et de Protection des Mammifères d'Alsace (GEPMA)
8 rue Adèle Riton, 67000 Strasbourg
contact@gepma.org

** Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement,
du Sous-sol et des Chiroptères (CPEPESC) de Lorraine
240 rue de Cumène, 54230 Neuves-Maisons
contact@cpepesc-lorraine.fr

Résumé. - Une étude a été réalisée par la CPEPESC Lorraine et le GEPMA dans le massif vosgien, entre 2015 et 2017, dans le but d'améliorer les connaissances sur les Sérotines nordiques (*Eptesicus nilssonii* et *Vespertilio murinus*). Les techniques de recherche acoustique active et passive, de capture temporaire et de radiopistage ont été utilisées pour cette étude. Sept gîtes d'estivage de mâles de Sérotine bicolore et un gîte de transit de cette espèce ont été découverts. La population estimée de cette espèce dans ce secteur est d'environ 210 mâles (comptages simultanés en sortie de gîte). Par ailleurs, 33 places de chants automnales ont été découvertes dans la zone d'étude. Enfin, une colonie de parturition de Sérotine de Nilsson a été découverte côté lorrain (huit individus comptabilisés). Cette étude a permis d'améliorer considérablement les connaissances sur ces deux espèces dans le massif vosgien, qui accueillent les seules colonies françaises connues à l'heure actuelle.

Mots-clés. - Chiroptères, Sérotine bicolore, Sérotine de Nilsson, gîte, territoire de chasse.

Introduction

Le massif vosgien est une zone montagneuse partagée entre les territoires alsacien, lorrain et franc-comtois. Un plus faible effort de recherche dans ce secteur explique une méconnaissance des communautés de chiroptères. La présence de colonies de deux espèces de chiroptères nordiques, la Sérotine de Nilsson (*Eptesicus nilssonii*) et la Sérotine bicolore (*Vespertilio murinus*) y était suspectée jusqu'en 2015.

C'est pourquoi une étude a été initiée par la CPEPESC Lorraine en 2015 dans le secteur des Hautes Vosges et plus précisément au niveau de Gérardmer, La Bresse ainsi que des communes adjacentes. Cette étude s'est poursuivie en 2016 ainsi qu'en 2017 conjointement avec le Groupe d'Étude et de Protection des Mammifères d'Alsace (GEPMA). L'objectif de ces trois années d'étude est d'améliorer les connaissances sur les statuts de la Sérotine de Nilsson et de la Sérotine bicolore, deux espèces en limite d'aire de répartition dans notre région.

Cette action s'inscrit dans le cadre du Plan Régional d'Actions en faveur des Chiroptères (PRAC), dans le volet amélioration des connaissances. Les résultats de cette étude multidisciplinaire mêlant acoustique, capture et suivi par radiopistage sont présentés dans cet article.

Synthèse bibliographique

La Sérotine bicolore

a/ Présentation de l'espèce

Bien que plus petite en taille que la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*), elle est tout de même plus massive que la Sérotine de Nilsson. La Sérotine bicolore est souvent qualifiée de robuste. C'est une chauve-souris de taille moyenne avec un avant-bras mesurant entre 40,8 et 50,5 mm (léger recouvrement avec la Sérotine de Nilsson). Elle est facilement reconnaissable grâce à la couleur caractéristique de son pelage. Les poils de son ventre sont de couleur beige-blanchâtre et son dos est brun parsemé de mèches argentées à blanches [Arthur & Lemaire, 2015 ; Dietz & Kiefer, 2015].

b/ Aire de répartition

À l'échelle européenne, la répartition des populations est hétérogène avec une ségrégation bien distincte des mâles et des femelles [Mattei-Roesli *et al.*, 2011; Dietz & Kiefer, 2015]. La répartition des individus mâles serait légèrement décalée vers le sud-ouest [Safi *et al.*, 2007]. De grands rassemblements de mâles ont lieu en été (plus de 200 individus observés) [Rydell & Baagøe, 1994]. Des

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 17 06/03/20 09:28

individus mâles erratiques sont également observés loin de l'aire de répartition en été et en automne en Europe de l'Ouest (au nord de la Suède, au centre de l'Angleterre et dans les îles Féroé). De telles observations ont déjà été constatées en France dans le Massif Central. Les dernières colonies de mise bas recensées dans la limite occidentale d'aire de répartition se situent en Suisse, aux abords du lac de Neuchâtel. Cette espèce est également connue pour ses migrations sur de longues distances avec un déplacement maximum observé de 1 787 km entre la France et la Russie. D'autres mouvements migratoires dépassant les 1 000 km ont également été enregistrés [Hutterer *et al.*, 2005]. Les observations de Sérotine bicolore en Lorraine sont anecdotiques. Quinze données seulement étaient comptabilisées en 2014 avec une première observation datant de 1984. Aucune colonie de mise bas n'est connue en Alsace-Lorraine [CPEPESC Lorraine, 2009 ; Hommay, 2014a].

c/ Ecologie et localisation des gîtes

Les investigations les plus poussées concernant l'étude de *V. murinus* ont été entreprises par des chiroptérologues suisses [Jaberg & Blant, 2003 ; Safi *et al.*, 2007 ; van Toor *et al.*, 2011 ; Blant & Bohnenstengel, 2017]. Ils mettent en évidence la forte influence des lacs sur l'installation des colonies de mise bas. En effet, pour neuf colonies de femelles, la moyenne des distances au lac de Neuchâtel est de 6 km seulement. Les terrains de chasse sont principalement situés vers la rive sud du lac, constituée de grands herbiers, de marais non boisés, de forêts alluviales ainsi que de pinèdes [Jaberg, 1998 ; Jaberg & Blant, 2003]. Les mâles, quant à eux, sont moins spécialistes des milieux humides, leur niche écologique est décalée au profit des milieux forestiers. Leurs domaines vitaux sont cinq fois plus grands en moyenne que ceux des femelles [Safi *et al.*, 2007].

Les colonies de mise bas s'installent majoritairement sous les tuiles des toitures et en fissures en bâti et en falaise [Arthur & Lemaire, 2015 ; Dietz & Kiefer, 2015]. Pour les colonies suisses près du lac de Neuchâtel, les gîtes se situent dans des secteurs modérément urbanisés. L'utilisation d'arbres-gîtes à proximité des terrains de chasse a été observée et s'effectuerait pour des raisons d'allocation énergétique. Ils sont abandonnés en cas d'intempéries au profit d'habitations humaines [Jaberg & Blant, 2003].

Les mâles de *V. murinus* effectuent très régulièrement de grands rassemblements de plusieurs centaines d'individus. La fréquence de ces rassemblements est quasi-unique parmi les espèces européennes. Les groupes de mâles se formeraient plus spécialement durant les périodes de parturition et d'allaitement des jeunes par les femelles. Ces regroupements ne dureraient donc que quelques semaines durant la période estivale. L'éclatement des colonies de mâles serait corrélé à une augmentation de la taille des individus ainsi qu'à l'atteinte de la maturité sexuelle [Safi, 2008]. Les mâles de Sérotine bicolore utilisent jusqu'à six ou sept gîtes différents au cours de la saison estivale. Les femelles quant à elles, sont plus sédentaires [Dietz & Kiefer, 2015 ; Arthur & Lemaire, 2015 ; van Toor *et al.*, 2011].

d/ Le phénomène de parade chez Vespertilio murinus

Les mâles de *V. murinus* sont réputés pour rejoindre leurs places de chant dès le mois d'août, les femelles les rejoignant un mois et demi plus tard [Rydell & Baagøe, 1994 ; Zagmajster, 2003 ; Kravchenko *et al.*, 2017]. Les mâles paradent en plein vol en émettant des cris sociaux très caractéristiques de l'espèce, audibles à plus de 200 m. Ce phénomène s'accentue au cours de l'hiver ; seules des températures inférieures à 0°C, une forte pluie ainsi que le vent peuvent y mettre un terme [Šuba *et al.*, 2010].

La nature des places de chant peut être très variée. Les structures épigées telles que de grands immeubles de plus de neuf étages ou encore des cathédrales et des châteaux [Dietz, com. pers.] mais aussi les falaises reviennent assez couramment dans la bibliographie [Ahlén, 1990 ; Benda *et al.*, 2003 ; Baranauskas *et al.*, 2006 ; Bogdarina, 2006 ; Šuba *et al.*, 2010 ; Godlevska, 2013]. Des parades au-dessus de forêts ont également été observées en Grèce, en Slovénie ainsi qu'en Lituanie [Zagmajster, 2003 ; Petrov & Helversen, 2011 ; Presetnik *et al.*, 2013].

Une étude acoustique menée en automne en Slovénie a permis de classer les différents habitats utilisés par la Sérotine bicolore. À cette période, les nombreux cris sociaux émis par les mâles permettent une meilleure détection et identification de l'espèce. Il en ressort une préférence nette pour les zones faiblement urbanisées à proximité de zones forestières. Les mâles sont très fidèles à leurs places de chant avec notamment des observations à plus de 11 ans d'intervalle entre 2002 et 2013 en Slovénie au niveau d'une clairière forestière [Presetnik *et al.*, 2013].

Certains auteurs émettent l'hypothèse d'une grande proximité entre les places de chant et les sites d'hibernation afin de maximiser les chances d'accouplement durant l'hiver. En effet, des parades ont été observées en plein hiver et des individus hibernants ont été retrouvés à proximité de ces sites [Ahlén & Baagøe, 1999].

La Sérotine de Nilsson

a/ Présentation de l'espèce

Avec un poids moyen situé entre 9 et 13 g, la Sérotine de Nilsson est une espèce de taille moyenne. Outre le faciès « canin » propre à la famille des Sérotines, elle se distingue par un pelage dorsal brun ayant la particularité d'être parsemé de mèches dorées. La couleur de sa peau au niveau de la face, des oreilles et de ses membranes alaires est noir anthracite. La mesure de l'avant-bras est un très bon critère pour la distinguer de la Sérotine commune, cette dernière étant beaucoup plus massive (48,0 à 58,0 mm pour la Sérotine commune et 37,1 à 44,2 mm pour la Sérotine de Nilsson). La forme du pénis (ovale et large) est également caractéristique pour les mâles de cette espèce [Dietz & Kiefer, 2015].

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 18 06/03/20 09:28

b/ Aire de répartition

La présence de la Sérotine de Nilsson est liée au climat montagnard, sa répartition mondiale est large mais morcelée en fonction des différents reliefs. Cette espèce est bien établie dans les pays du centre et de l'est de l'Europe. C'est la seule espèce de chauve-souris à atteindre 70° Nord au-dessus du cercle polaire, ce qui lui a valu son surnom de «Sérotine boréale». En France, elle atteint sa limite occidentale d'aire de répartition. Comme l'attestent non moins de 170 données acoustiques et visuelles, l'espèce est bien présente sur la majorité du massif des Vosges. La première observation française a été réalisée à Nancy en 1932 par Heim de Balzac. Cependant, les différentes données chiroptérologiques ne dénombrent aucune preuve de reproduction. Seulement trois gîtes d'estivage sont connus en Alsace-Lorraine pour un total de trois individus. Onze gîtes d'hibernation ont été recensés [Heim de Balzac, 1932 ; CPEPESC Lorraine, 2009 ; Hommay, 2014b].

c/ Ecologie et localisation des gîtes

Dans la bibliographie, l'espèce est décrite comme étant principalement anthropophile dans le choix de ses gîtes d'estivage. Elle s'installe préférentiellement dans les toitures ainsi que dans des fissures en bâti et en falaise ou encore dans les cheminées. On la retrouve fréquemment entre les planches disjointes de bâtiments en bois de type chalet. De rares colonies sont arboricoles [Arthur & Lemaire, 2015]. Durant la période de gestation, de mise bas et jusqu'à l'émancipation des jeunes, il a été observé que les femelles s'éloignent rarement à plus de 4 km des nurseries, avec une distance de 2 km en moyenne [Haupt & Schmidt, 2007]. L'emplacement des gîtes de mise bas est donc stratégique pour cette espèce. On observe l'installation des nurseries près des zones de chasse les plus rentables, soit à proximité des zones d'influence des lacs, des zones peu profondes où prolifèrent les herbiers aquatiques ou encore près de tourbières et de zones bocagères entourées de forêts de conifères ou mixtes [Kaňuch *et al.*, 2008 ; Arthur & Lemaire, 2015 ; Dietz & Kiefer, 2015].

Zone d'étude

C'est le secteur des Hautes-Vosges qui a été étudié entre 2015 et 2017. Ce secteur s'étend de Gérardmer en passant par la Bresse jusqu'au Ventron (88) pour le territoire lorrain et d'Orbey en passant par Soultzeren jusqu'à Kruth (68) pour le territoire alsacien (*Figure 1*).

Le massif montagneux des Vosges se situe à cheval entre trois régions, l'Alsace, la Lorraine et la Franche-Comté dont le point culminant est le Grand Ballon qui atteint l'altitude de 1 424 m. Le site d'étude est traversé par une ligne de crêtes allant du Grand Ballon jusqu'au Donon. De nombreux lacs perchés d'origine artificielle ou naturelle sont présents. Bon nombre recèle des phénomènes tourbeux, comme par exemple la tourbière de Mâchais ou celle du Lispach.

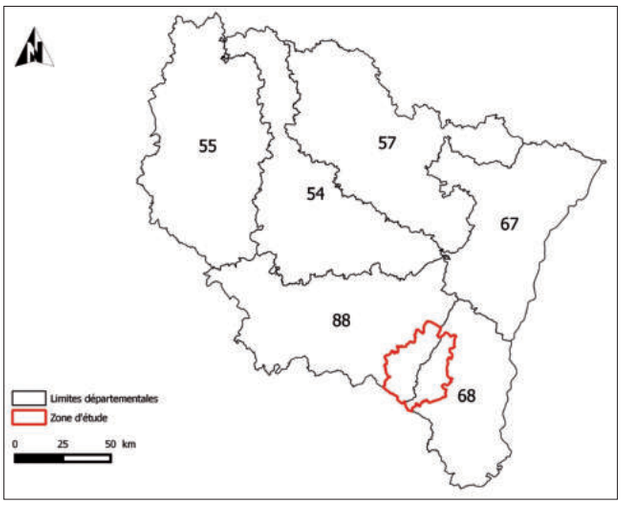


Figure 1. – Localisation de la zone d'étude 2015-2017 à l'échelle des anciennes régions Alsace et Lorraine

Méthodologie

Étude estivale

a/ Recherche acoustique active

Des points d'écoutes ont été réalisés durant l'étude. Il s'agit d'écoute active à l'aide de détecteurs d'ultrasons de modèles D240X et D980 (Pettersson Elektronik AB) et d'écoute passive à l'aide d'enregistreurs automatiques de type BATLOGGER M (Elekon AG), Song Meter SM2Bat+ (Wildlife Acoustics) ainsi que des Anabat SD1 (Titley). Ces recherches acoustiques réalisées au niveau de pièces d'eau, de chemins forestiers ou encore aux abords de villages ont pour but de confirmer la présence des espèces et de repérer les sites de captures.

b/ Capture temporaire

Lorsque la présence des espèces cibles est confirmée, des captures sont réalisées à l'aide de filets japonais disposés. Ce sont principalement les grandes pièces d'eau d'altitude qui ont été ciblées. Chaque soir, une à deux équipes ont installé des dispositifs autour de ces points d'eau en altitude afin de tenter de capturer les deux espèces étudiées.

Dans le cas d'une capture d'une femelle gestante ou allaitante des espèces ciblées, un suivi par radiopistage est effectué afin de découvrir d'éventuelles colonies de mise bas. Les captures contribuent également à l'amélioration des connaissances de la chiroptérofaune dans les Hautes Vosges. Étant donné la réputation des mâles de Sérotine bicolore à effectuer des regroupements de plusieurs centaines d'individus [van Toor *et al.*, 2011], un suivi par radiopistage est également effectué en cas de capture d'un mâle de cette espèce.

c/ Recherche par radiopistage

Le radiopistage débute avec la fixation d'un radio-émetteur au niveau du dos de la chauve-souris, à l'aide

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 19 06/03/20 09:28

d'une colle chirurgicale « skin adhesive » de la marque Sauer-Hautkleber GmbH. Cette manipulation est effectuée par des personnes habilitées, formées à cette technique et disposant de la dérogation nécessaire. Chaque radio-émetteur possède une fréquence qui lui est propre. Le poids du dispositif ne doit pas dépasser 5% du poids de la chauve-souris afin de ne pas la gêner dans ses mouvements et surtout durant le vol [Kenward, 1987]. Les émetteurs utilisés sont de la marque Holohil ou Biotrack.

Une fois équipé, le chiroptère est relâché sur le lieu de capture. Chaque équipe est munie de récepteurs Yaesu VR500, d'antennes deux ou trois éléments, d'un GPS, de plusieurs cartes IGN au 1/25 000e, d'une boussole ainsi que d'une fiche pour les relevés. Les communications s'effectuent par des talkies walkies, par Citizen Band (CB) ou encore par téléphones portables en fonction de la réception et des réseaux de communication.

L'antenne réceptrice va capter la fréquence émise par l'émetteur et déterminer la direction du signal. Des azimuts pris simultanément permettent de trianguler l'émetteur et de localiser la source de l'émission. Lors de cette étude, la technique du radiopistage est utilisée afin de découvrir le réseau de gîtes diurnes et nocturnes utilisé par les espèces cibles.

Recherche de places de chant automnales de Sérotine bicolore

Afin de rechercher la présence de Sérotines nordiques et notamment de la Sérotine bicolore en période automnale, des transects acoustiques en voiture sont effectués entre fin septembre et fin octobre afin de recenser d'éventuelles places de chant sur l'ensemble de la zone d'étude. Les sorties ont lieu lorsque la température ne descend pas en dessous de 0° C, lors de périodes de faible vent, en dehors des périodes de plein lune et avec un taux d'hygrométrie inférieur à 90 % (les soirées de brouillard sont donc proscrites) [Šuba *et al.*, 2010 ; Godlevska, 2013].

Les transects ont été réalisés en voiture, à une vitesse comprise entre 15 et 20 km/h au maximum. Un détecteur de type Magenta Bat5 est fixé au niveau de la portière du conducteur et réglé sur 14 KHz. Pour les opérateurs inexpérimentés un enregistreur passif est utilisé en complément avec un traceur GPS. Ce sont principalement les habitations isolées et les points d'eau au niveau des crêtes ou des secteurs supérieurs à 600 m d'altitude qui ont été priorisés pour les recherches.

Résultats

Effort de prospection

1273 observations ont été réalisées durant la période 2015 - 2017 toutes techniques confondues (*Figure 2*). 82,4% des données recueillies correspondent à des données acoustiques (recherche active et passive), 8,9% à des données de capture, 5% à des données visuelles issues des comptages à l'envol et 3,5% à des données de radiopistage.

Cette étude a mobilisé des moyens humains importants avec la participation de 37 bénévoles pour 259 nuits Homme réalisées sur trois années.

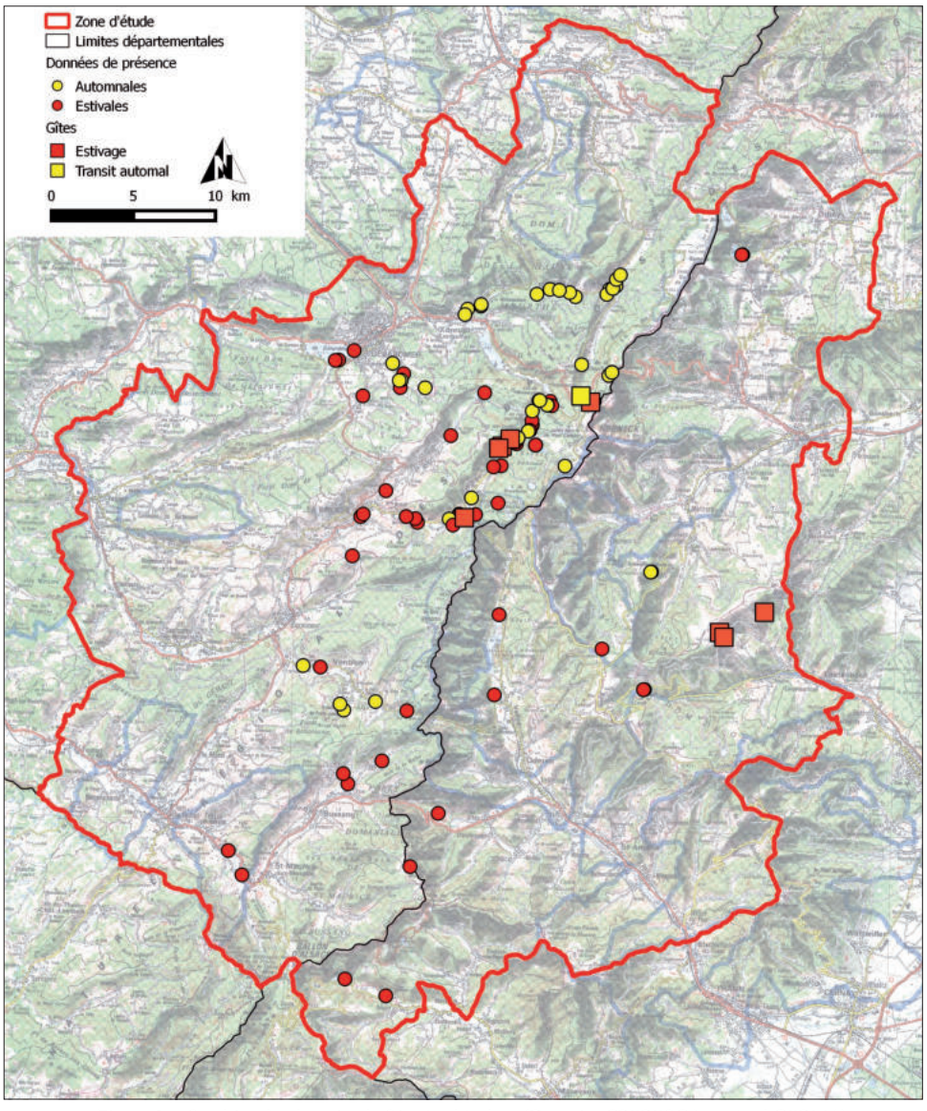


Figure 2. – Synthèse des données de Sérotine bicolore (Données CPEPESC Lorraine/ GEPMA)

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 20 06/03/20 09:28

Vespertilio murinus

a/ Étude estivale

Au total, 179 observations de Sérotine bicolore ont été réalisées sur une période de trois ans. Au niveau du territoire lorrain, un réseau de quatre gîtes d'estivage ainsi qu'un gîte de transit ont été découverts et au niveau du territoire alsacien un réseau de trois gîtes d'estivage a été découvert (*Tableau I*). Des captures menées au niveau de deux gîtes démontrent que les colonies découvertes correspondent à des regroupements de mâles [Jimenez, 2015, 2016, 2017 ; Chauvin, 2017, 2018].

La typologie des gîtes utilisés correspond à des bardages en bois (n=4), des volets (n=2) ainsi qu'une bâche goudronnée d'isolation d'une terrasse (n=1) (*Tableau I*). Les gîtes se situent entre 590 et 1252 m d'altitude.

Le nombre d'individus comptabilisés simultanément a atteint un maximum de 210 individus le 30/06/2016 au niveau de trois gîtes (*Figure 3*).

Territoires	Date de découverte	Typologie du gîte	Effectif maximum observé	Date de l'observation
Lorraine	27/06/2015	Bardage d'un immeuble de 4 étages	199	24/06/2016
	26/06/2016	Volet d'une habitation	1	25 et 26/06/2016
	26/06/2016	Bâche goudronnée d'isolation d'une terrasse	58	22/07/2017
	29/06/2016	Caisson derrière un chéneau d'une habitation	22	29/07/2016
	25/10/2017	Bardage d'une auberge	5	25/10/2017
Alsace	23/06/2017	Volet d'une maison	1	23/06/2017
	24/06/2017	Bardage d'une maison	1	24/06/2017
	25/06/2017	Bardage d'une maison	53	25/06/2017

Tableau 1. Typologie des gîtes découverts entre 2015 et 2017 (données CPEPESC Lorraine–GEPMA).

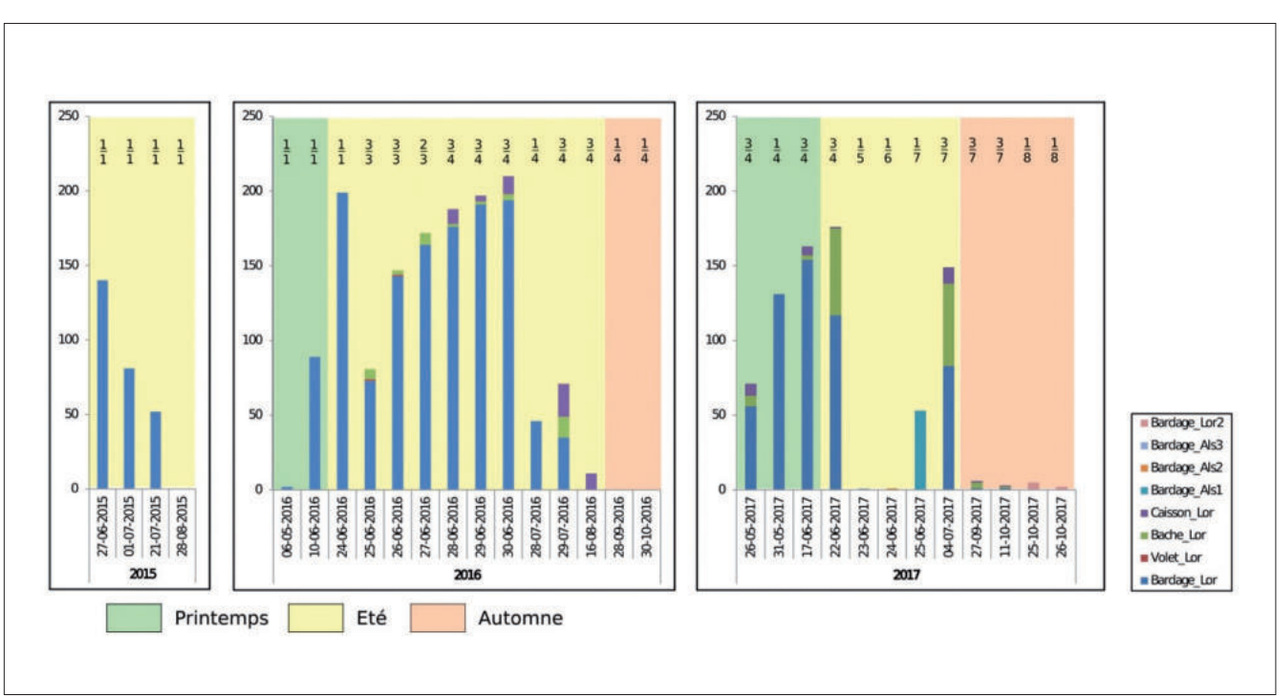


Figure 3. – Résultats des comptages en sortie de gîte (données CPEPESC Lorraine–GEPMA)

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 21 06/03/20 09:28

b/ Étude automnale

Au total, 1150 km de transects acoustiques ont été parcourus à la recherche de cris sociaux de Sérotine bicolore entre 2015 et 2017.

50 observations de parades nuptiales ont été comptabilisées, correspondant à 33 places de chants identifiées (32 côté lorrain et une côté alsacien). Un gîte de transit a été découvert grâce à cette méthodologie (*Figure 4*).

Au niveau de ces places, un à deux individus ont été observés émettant des cris sociaux très caractéristiques en vol. Ces places de chant sont localisées aussi bien en milieu urbain lâche comme à La Bresse, Plainfaing ou encore Ventron mais également au niveau des lignes de crêtes vosgiennes comme au niveau du col de la Schlucht, des pistes de ski de Gérardmer ou au niveau d'une station de ski au Schnepfenried. Toutefois, la proximité avec au minimum une habitation semble être un dénominateur commun propre à de nombreuses places de chant identifiées.

Cette activité de parade nuptiale a pu être observée dans les Vosges à partir du 24 septembre et au plus tard le 30 octobre. La pression d'observation reste cependant assez faible durant la saison automnale et le début d'hiver avec seulement huit nuits de recherche active réalisées sur les trois années d'étude.

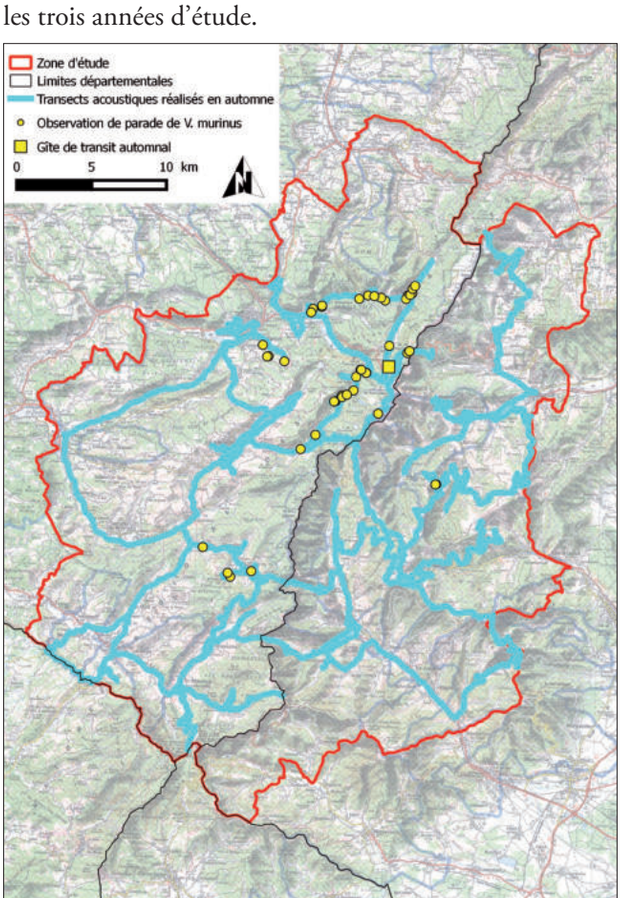


Figure 4. – Représentation des transects acoustiques automnaux et des places de chantde *Vespertilio murinus* identifiées en période automnale entre 2015 et 2017 (données CPEPESC Lorraine–GEPMA)

Eptesicus nilssonii

307 observations de Sérotine de Nilsson ont été réalisées durant la période d'étude 2015 – 2017 (*Figure 5*). Des prospections lors de l'étude ont permis de découvrir un gîte d'estivage de Sérotine de Nilsson au niveau de la commune de Xonrupt-Longemer. La capture d'une femelle gestante et son suivi par radiopistage a permis de découvrir un gîte abritant une colonie de parturition de huit individus à Bussang (88). Au niveau de ce gîte, les Sérotines de Nilsson sont localisées entre les lattis au niveau des tuiles faitières ainsi qu'à l'intérieur de parpaings dans les combles d'une habitation. C'est la seule colonie de mise bas actuellement connue à l'échelle nationale.

Discussion – Conclusion

Les résultats de cette étude nous ont permis d'améliorer nos connaissances sur la répartition des chiroptères au niveau du massif vosgien. Deux observations d'envergure nationale ont été réalisées : la découverte de la plus grande population de Sérotines bicolores connue en France et celle de la seule colonie de parturition de Sérotines de Nilsson actuellement connue à l'échelle nationale. Les enjeux sont importants pour les deux espèces de Sérotines nordiques dans ce secteur. 33 sites de parade nuptiale de Sérotine bicolore ont été découverts entre 2015 et 2017.

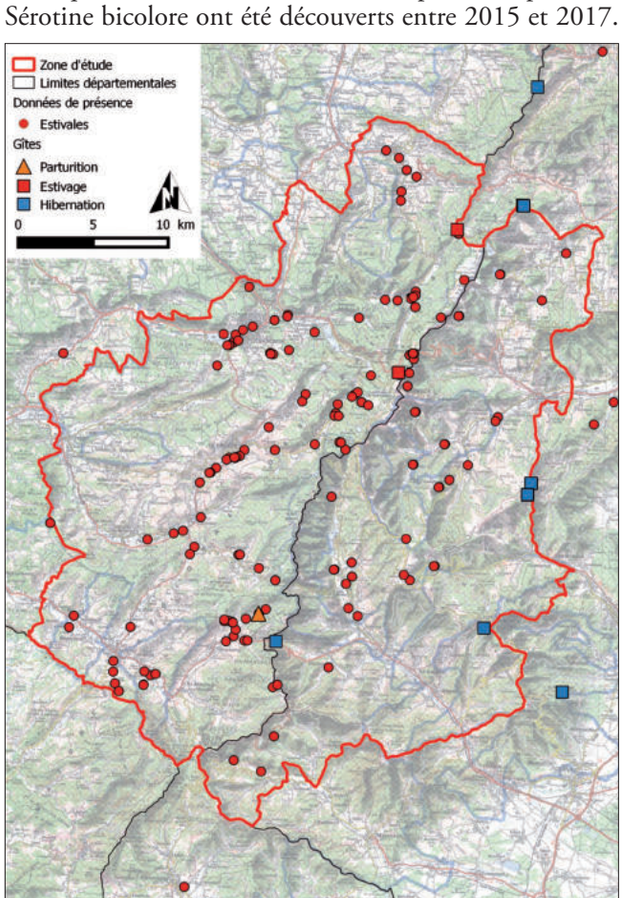


Figure 5. – Synthèse des données de Sérotines de Nilsson (données CPEPESC Lorraine–GEPMA)

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 22 06/03/20 09:28

L'une des places de chant découverte a été mise en relation avec l'occupation d'un gîte diurne. L'étude de ce phénomène doit se poursuivre et la relation entre les sites de parade nuptiale, les gites d'estivage et d'hibernation doit être étudiée plus finement. Une réflexion sur la mise en place d'un monitoring pour cette espèce est en cours.

Grâce à cette étude, la reproduction de la Sérotine de Nilsson au niveau du massif vosgien a été prouvée. C'est également la seule preuve de reproduction de cette espèce à l'échelle nationale. Concernant la Sérotine bicolore, la présence d'une population de mâles a été mise en évidence, les colonies de mâles les plus proches se situent au niveau du Val-de-Travers en Suisse. Aucune autre colonie de mâles n'est actuellement connue en France.

La mutualisation des moyens humains et techniques, par le travail collaboratif des deux associations, a permis d'étudier des espèces migratrices sur un territoire géographique plus proche de leur écologie, non lié aux délimitations administratives. C'est un travail qu'il faut poursuivre et encourager pour des espèces à fort rayon d'action.

Remerciements

La CPEPESC Lorraine et le GEPMA tiennent à remercier tous les bénévoles qui sont venus nous prêter main forte. Sans eux, cette étude de longue haleine n'aurait pu voir le jour, qu'ils en soient chaudement remerciés :

Thomas Armand, Didier Arseguel, Estelle Aubertin, Jean-Pierre Barbier, Manon Batista, Alba Bezard, Audrey Beche, Christelle Brand, Cyril Breton, Alain Chardonneau, Arthur Colliot, Arnaud Couval, Sophie Declercq, Fanny Dens, Kate Derrick, Bruno Discours, Marie-Claire Gégout, Thibaut Gritti, Valentin Henniaux, Gérard Hommay, Amélie Humbert, Suzel Hurstel, Eric Jaegly, Laurie Jeandel, Christian Jousset, Florian Kletty, Jérémy La Motte, Silvin Lauret, Léopold Martin, Nicolas Mokuenko, Etienne Ouvrard, Stephane Oger, Othilie Pernot, Michel Renner, Camille Rostan, Bruno Ulrich, Adrien Valette.

Merci aussi à Valéry Uldry, Thierry Bohnenstengel, Jean-Daniel Blant, Christophe Jaberg et aux autres chiroptérologues suisses pour avoir partagé leurs connaissances avec nous.

Références bibliographiques

Ahlén I., 1990. - *Identification of bats in flight*. Stockholm: Swedish Society for Conservation of Nature and The Swedish Youth Association for Environmental Studies and Conservation, 50 p.

Ahlén I. & Baagøe H. J., 1999. - Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica,* 1 (2) : 137–150.

Arthur L. & Lemaire M., 2015. - *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. 2e édition. Mèze, Biotope / Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.

Baranauskas K., Grikienienė J. & Masing M., 2006. - Particoloured bat *Vespertilio murinus* (Chiroptera) found hibernating in Lithuania for the first time. *Ekologia*, (4) : 31–33.

Benda P. *et al.*, 2003. - Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part 3. Review of bat distribution in Bulgaria. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 67 (4) : 245–357.

Blant J.-D. & Bohnenstengel T., 2017. - Recensement des colonies de Pipistrelles communes, Sérotines boréales, Sérotines communes et Sérotines bicolores du Val-de-Travers et estimation de la taille des populations. *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, 136 : 23–36.

Bogdarina S. V., 2006. - K voprosu o zimovke dvucvetnych kožanov (*Vespertilio murinus*) v severnych oblastjach ich areala. = About hibernation of *Vespertilio murinus* in the northern parts of its range. *Plecotus et al.*, 9 : 38–39.

Chauvin H., 2017. - *Étude des sérotines nordiques dans le massif des Hautes-Vosges (Haut-Rhin) – Secteur de Soultzeren – juin-juillet 2016*. GEPMA, rapport mars 2017, 18 p.

Chauvin H., 2018. - *Étude des sérotines nordiques dans le massif des Hautes-Vosges (Haut-Rhin) – Secteur de Soultzeren – juin-septembre 2017.* GEPMA, rapport février 2018, 37 p.

CPEPESC Lorraine, 2009. - *Connaître et Protéger les Chauves-souris de Lorraine*. Ciconia, 33 (n.sp.), 562 p.

Dietz C. & Kiefer A., 2015. - *Chauves-souris d'Europe. Connaître, identifier, protéger.* Delachaux et Niestlé (Guide Delachaux). 400 p.

Godlevska L. V., 2013. - New *Vespertilio Murinus* (Chiroptera) Winter Records. an Indication of Expansion of the Species' Winter Range?. *Vestnik zoologii*, 47 (3) : 239–244. doi: 10.2478/vzoo-2013-0023.

Haupt M. & Schmidt S., 2007. - Small scale activity patterns of Eptesicus nilssonii – an indication of habitat preference or interspecific processes. *Acta Chiropterologica*, 9 (2) : 503–516. doi: 10.3161/1733-5329(2007)9[503:SSAPOE]2.0.CO;2.

Heim de Balzac H., 1932. - Découverte aux environs de Nancy d'une espèce de chauve-souris nouvelle pour la faune française : le Vespérien boréal ou de Nilsson, *Eptesicus nilssoni*. *Mémoires de la société des sciences de Nancy*, 5 (1) : 27 -31.

Hommay G., 2014a. - La Sérotine de Nilsson *Eptesicus nilssonii* (Keyserling & Blasius, 1839). In André A., Brand C. & Capber F. (coord.), *Atlas de répartition des mammifères d'Alsace*. Collection Atlas de la Faune d'Alsace. Strasbourg, GEPMA, 284-289.

Hommay G., 2014b. - La Sérotine bicolore *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758. In André A., Brand C. & Capber F. (coord.), *Atlas de répartition des mammifères d'Alsace*. Collection Atlas de la Faune d'Alsace. Strasbourg, GEPMA, 442-447 p.

Hutterer R. *et al.,* 2005. - *Bat Migrations in Europe: A Review of Banding Data and Literature*. Bonn, Germany: Federal Agency for Nature Conservation (Naturschutz und Bi-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 23 06/03/20 09:28

ologische Vielfalt), 28.

Jaberg C., 1998. - Influence de la distribution des ressources alimentaires sur le comportement de chasse et la sélection de l'habitat d'une chauve-souris insectivore aérienne, *Vespertilio murinus* (L.). *Le Rhinolophe*, 13 : 1–15.

Jaberg C. & Blant J.-D., 2003. - Spatio-temporal utilisation of roosts by the parti-coloured bat *Vespertilio murinus* L., 1758 in Switzerland. *Mammalian Biology*, 68 (6) : 341–350. doi: 10.1078/1616-5047-00103.

Jimenez G., 2015. - *Amélioration des connaissances sur la répartition et le statut de la Sérotine de Nilsson et la Sérotine bicolore dans les Hautes Vosges - Action n°5 du PACL*. Rapport d'étude. Neuves-Maisons, CPEPESC Lorraine, p. 40.

Jimenez G., 2016. - *Amélioration des connaissances sur la répartition et le statut de la Sérotine de Nilsson et la Sérotine bicolore dans les Hautes Vosges - Bilan de deux années d'étude.* Rapport d'étude. Neuves-Maisons, CPEPESC Lorraine, p. 55.

Jimenez G., 2017. - *Amélioration des connaissances sur la répartition et le statut de la Sérotine de Nilsson et de la Sérotine bicolore dans les Hautes Vosges – Bilan de trois années d'étude.* Neuves-Maisons, CPEPESC Lorraine, p. 59.

Kaňuch P., Dank, Š., Celuch M., Krištín A., Pjenčák P., Matis Š., & Šmídt J., 2008. - Relating bat species presence to habitat features in natural forests of Slovakia (Central Europe). *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, 73 (2) : 147–155. doi: 10.1016/j.mambio.2006.12.001.

Kenward R., 1987. - *Wildlife radio tagging: equipment, field techniques and data analysis*. London: Academic Press.

Kravchenko K., Vlaschenko A., Prylutska A., Rodenko O., Hukov V. & Shuvaev V., 2017. - Year-round monitoring of bat records in an urban area: Kharkiv (NE Ukraine), 2013, as a case study. *Turkish Journal of Zoology*, 41 (3) : 530 - 548. doi: 10.3906/zoo-1602-51.

Mattei-Roesli M., Zingg P. E., Zbinden K., Obrist M. K. & Sattler T., 2011. - *Vespertilio murinus* – una nuova specie di pipistrello per il Cantone Ticino. *Bollettino della Società ticinese di Scienze naturali*, 99 : 117–119.

Petrov B. P. & Helversen O. V., 2011. - Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Western Rhodopes Mountain (Bulgaria and Greece). In Beron, P. (ed.) *Biodiversity of Bulgaria 4. Biodiversity of Western Rhodopes (Bulgaria and Greece) II.* Sofia: Pensoft & Nat. Mus. Natur. Hist., 525–581. Available at: <http://hinko.org/hinko/Dowloads/11/2/XI-2-34.pdf>.

Presetnik P., Podgorelec M. & Petrinjak A., 2013. - Is the parti-coloured bat Linnaeus, 1758 a common bat species in Slovenia?. *Natura Sloveniae*, 15 (2) : 39–50.

Rydell J. & Baagøe H. J., 1994. - Vespertilio murinus. *Mammalian species*, (467) : 1–6.

Safi K., 2008. - Social bats: the males' perspective. *Journal of Mammalogy*, 89 (6) : 1342–1350. doi: 10.1644/08-MAMM-S-058.1.

Safi K., König B. & Kerth G., 2007. - Sex differences in population genetics, home range size and habitat use of the parti-colored bat (*Vespertilio murinus*, Linnaeus 1758) in Switzerland and their consequences for conservation. *Biological Conservation*, 137 (1) : 28–36. doi: 10.1016/j.biocon.2007.01.011.

Šuba J., Vietniece D. & Pētersons G., 2010. - The parti-coloured bat *Vespertilio murinus* in Rīga (Latvia) during autumn and winter. *Environmental and Experimental Biology*, 8 : 93–96.

van Toor M. L., Jaberg C. & Safi K., 2011. - Integrating sex-specific habitat use for conservation using habitat suitability models. *Animal Conservation*. doi: 10.1111/j.1469-1795.2011.00454.x.

Zagmajster M., 2003. - Display song of parti-coloured bat *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758 (Chiroptera, Mammalia) in southern Slovenia and preliminary study of its variability. *Natura Sloveniae*, 5 (1) : 27–41.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 24 06/03/20 09:28

Déplacement des colonies de mise-bas d'espèces anthropophiles de chiroptères sur de courtes distances ou fidélité à un même gîte sur le long terme

Amélie CHRETIEN, Laurent ARTHUR & Michèle LEMAIRE

Muséum d'Histoire naturelle de Bourges
Les Rives d'Auron, Allée René Ménard, 18000 Bourges
amelie.chretien@ville-bourges.fr / laurent.arthur@ville-bourges.fr

Résumé. - En 30 ans, près de 1450 colonies de mise-bas de Chiroptères, toutes espèces confondues, ont été recensées dans le département du Cher par le Muséum de Bourges. Depuis 2014, pour chaque nouvelle colonie découverte, une recherche dans la base de données est faite systématiquement afin de déterminer si une colonie de la même espèce a déjà été localisée à proximité et si cette dernière est toujours active à l'adresse initiale. Ces vérifications permettent d'éviter les doublons et une augmentation artificielle du nombre de colonies dans le département. En 2018, une cartographie de l'ensemble des données récoltées a été réalisée, permettant ainsi (1) d'appliquer sur les données plus anciennes cette méthode d'analyse basée sur la spatialisation, la temporalité et les effectifs, (2) de déterminer le nombre total de colonies et (3) de dénombrer les cas de déplacements avérés de colonies de mise-bas. D'autre part, il a été constaté au fil de ces recensements que les espèces ne montrent pas la même fidélité à leur gîte et qu'en cas de départ, elles s'installent plus ou moins loin de leur premier lieu d'occupation, révélant des tendances différentes en termes de distance de déplacement. L'étude s'est portée sur les quatre taxons comptabilisant le plus de colonies dans le département et considérés comme fortement anthropophiles : le Grand murin (*Myotis myotis*), le Murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*), les pipistrelles (*Pipistrellus sp.*) et la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) dans le but de déterminer leurs habitudes comportementales.

Mots-clés. - Colonie de parturition, changement de gîte, distance de déplacement, fidélité, *Eptesicus serotinus*, *Myotis emarginatus*, *Myotis myotis*, *Pipistrellus sp*.

Introduction

Recenser les colonies de chiroptères est l'une des premières étapes indispensables pour une meilleure connaissance de l'occupation d'un territoire par les chauves-souris et d'agir ainsi au mieux pour leur conservation. Dans le département du Cher, toutes les données concernant les sites de mise-bas, estivaux, de regroupements automnaux et d'hibernation sont inventoriées depuis plusieurs décennies, permettant de discerner des comportements propres à chaque espèce et de déterminer les tendances d'évolution des effectifs sur du long terme. Cette présente étude s'est portée sur l'analyse des colonies de parturition de différentes espèces afin de déterminer les distances que peuvent parcourir certaines colonies pour changer de gîte, de comprendre les raisons de ces changements mais également d'étudier leur fidélité à leur site, c'est-à-dire leur retour d'année en année au même lieu pour la parturition. L'exploitation de ces données peut se révéler particulièrement utile pour anticiper les actions qui peuvent être mises en place pour conserver les colonies.

Matériel et méthodes

Site et espèces étudiées

La zone d'étude correspond aux limites du département du Cher, en région Centre-Val-de-Loire, permettant ainsi d'exploiter la totalité des données disponibles. Les colonies de mise-bas sont découvertes de différentes manières :

- directement par le Muséum lors de prospections;
- à partir des signalements d'individus en difficulté, en sachant qu'un juvénile trouvé indique la présence d'une colonie à proximité et oriente les recherches;
- grâce aux occupants des lieux qui signalent spontanément leur colonie suite à des observations directes d'individus ou d'indices de présence tels que le guano, les cris sociaux ou des grattements au niveau des combles;
- suite à des médiations / animations.

Un suivi d'une partie des colonies est réalisé sur le long terme lors de comptages organisés ou grâce aux observations régulières des propriétaires ou locataires des lieux.

En janvier 2020, 1447 colonies de mise-bas de 16 espèces différentes sont connues dans le Cher. Le choix s'est porté sur quatre espèces présentant des profils adéquats pour l'étude, faciles à localiser et à observer. En l'occurrence, la pipistrelle est le premier taxon choisi, étant la plus commune sur la zone d'étude, avec 916 colonies recensées (63%). De par sa forte présence en France, elle est souvent négligée dans les suivis et les études scientifiques, mais les multiples menaces pesant sur elle justifient l'attention particulière qui doit lui être portée. A partir des effectifs des colonies connues et du nombre de

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 25 06/03/20 09:28

nouvelles données découvertes chaque année, le nombre total de pipistrelles présentes dans le Cher est estimé entre 30 000 et 60 000 individus, pour les colonies de mise-bas.

La deuxième espèce retenue pour l'étude est la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*). Comme la pipistrelle, la sérotine est une espèce anthropophile, commune dans les zones rurales et urbaines, facile à observer grâce à son envol crépusculaire. De plus les nuisances sonore et olfactive que peut générer une colonie populeuse de sérotines participent à un signalement souvent rapide par les propriétaires. Avec 156 colonies actives, la Sérotine commune est la deuxième espèce la plus présente sur le département (11%). Elle fait l'objet de plusieurs programmes d'étude, permettant de disposer d'une très bonne connaissance des colonies grâce à des retours nombreux et réguliers. Des comptages annuels d'une cinquantaine de colonies sont réalisés par une centaine de bénévoles en mai, ce qui fait de cette espèce la plus suivie du département du Cher. En appliquant la même méthode de calcul que pour les pipistrelles, environ 9 000 femelles reproductrices sont estimées dans le département.

Le Grand murin (*Myotis myotis)* a également été retenu pour cette étude. Avec des colonies de plusieurs centaines d'individus, les sites de mise-bas sont plus faciles à localiser, d'où une bonne connaissance de l'occupation de la zone d'étude par cette espèce. 27 colonies sont connues à ce jour (2% des colonies toutes espèces confondues), avec une estimation à 4 000 femelles reproductrices environ dans le Cher.

Enfin, la dernière espèce est le Murin à oreilles échancrées *(Myotis emarginatus)*, dont 15 colonies sont recensées, représentant environ 2 500 individus sur la zone d'étude.

L'étude a donc été menée sur un total de 1 114 colonies connues pour ces quatre espèces.

Certaines espèces ont été volontairement exclues car elles ne représentent qu'un faible nombre de colonies recensées comme le Murin de Natterer, ou celles arboricoles changeant fréquemment de gîtes comme les Noctules communes. Pour des questions d'efficacité dans le contrôle de présence des colonies, celles qui sont discrètes et plus difficiles à localiser comme la Barbastelle ou les oreillards n'ont pas été choisies non plus. Pour le Murin de Daubenton qui compte une soixantaine de regroupements, il n'a pas été retenu car sa fidélité au gîte est avant tout liée au mode de gestion des ouvrages d'art et non au comportement de l'espèce. Le choix s'est donc naturellement orienté vers celles qui étaient anthropophiles, populeuses et bruyantes et dont la présence ne laisse guère de doute quand elles occupent un bâtiment. Ces dernières caractéristiques étant essentielles quand il s'agit de contacter les propriétaires pour attester ou non de la présence d'une colonie.

Analyse spatiale des données

A partir de la géolocalisation de chaque donnée, une cartographie à l'échelle du département a pu être réalisée apportant une vue d'ensemble des colonies et permettant d'identifier celles susceptibles d'avoir effectué un déplacement. La distance en mètres est alors mesurée pour les données proches. En l'occurrence, pour les espèces parcourant de grandes distances (Grand murin et Murin à oreilles échancrées), l'attention s'est portée sur les données distantes de moins de 5000 m. Pour la Sérotine commune et les pipistrelles, dont le rayon d'action est plus petit, les données espacées de moins de 700 m et de 500 m respectivement ont été analysées. Au-delà, les colonies sont considérées comme devant être distinctes.

Méthode de classification

Afin d'étudier les déplacements mais aussi la fidélité des chauves-souris à leur gîte de mise-bas, chaque colonie a été classée dans différentes catégories :

- « En place », la colonie est active en 2019 ;
- « Déplacée », une nouvelle colonie est découverte à proximité d'une ancienne donnée. Dans ce cas, les propriétaires/locataires du site initial sont contactés. S'il s'avère que les chauves-souris ne sont plus présentes dans ce gîte, que la chronologie entre la date de départ du gîte initial et celle d'arrivée sur le nouveau site coïncide ainsi que les effectifs, un déplacement est considéré. Les raisons sont alors recherchées. En cas de doute, le déplacement n'est pas pris en compte. Plusieurs données de déplacements peuvent concerner une même colonie ;
- « Perdue », la colonie n'est plus présente sur le site (partie spontanément, chassée ou site détruit) et aucune nouvelle colonie n'est découverte à proximité ;
- « Inconnu », de par le nombre important de colonies, il est impossible d'avoir connaissance pour chacune d'entre elles de leur présence ou non, lors d'une même année. De plus il arrive régulièrement d'avoir des changements de propriétaires suite à des décès ou des déménagements et de ne plus avoir de contact avec les habitants de la maison.

Il s'agit d'une méthode non invasive pour les chauves-souris qui repose sur un réseau de personnes bénévoles, et en particulier grâce au contact avec les habitants et leurs retours d'observations. Un important travail d'investigation et d'actualisation a été nécessaire. Une participation active des propriétaires ou locataires a été essentielle à la récolte des informations. Si ces personnes ne sont pas des chiroptérologues confirmés, beaucoup sont sensibilisées et ont reçu suffisamment d'informations sur « leurs » chauves-souris pour être attentifs aux dates de départ et d'arrivée des colonies, aux apparitions de guano ou de cris sociaux, ou aux sorties et entrées des animaux au crépuscule ou à l'aurore. Les plus motivés participent aux comptages, c'est surtout le cas pour les suivis annuels des colonies de Sérotines communes ou ceux plus ponctuels de pipistrelles. Quelques-uns comptent juste pour le plaisir, toute la difficulté réside alors dans les récupérations des informations.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 26 06/03/20 09:28

Résultats

Etat des connaissances actuelles

Les résultats de la classification des données selon le statut de présence des colonies sont présentés dans la *Figure 1*. Il est à noter que le nombre total de données utilisées diffère du nombre de colonies actives citées dans la partie « Matériel et méthodes ». En effet, une colonie qui s'est déplacée une fois et qui est chassée de son second gîte représente deux données : une dans la catégorie « Déplacée » et une seconde dans « Perdue ».

Les recherches et les prises de contact avec les propriétaires ont mis en évidence la présence de plusieurs colonies actives de la même espèce sur le même secteur, à quelques centaines de mètres les unes des autres. C'est le cas des pipistrelles et des Sérotines communes, pour lesquelles certaines colonies actives en même temps sont seulement distantes de 200 à 300 m (*Figure 2*). En effet, sur une même commune, de nombreuses colonies de pipistrelles peuvent être recensées (cas de Bourges avec plus de 60 colonies à faible effectif recensées), et jusqu'à quatre colonies de Sérotines. Au contraire, dans le cas du Murin à oreilles échancrées et du Grand murin, les colonies actives en même temps sont distantes de plusieurs kilomètres. Le nombre de colonies connues étant également plus faible (n=15 et n=27 respectivement), les cas de déplacements sont plus faciles à déterminer.

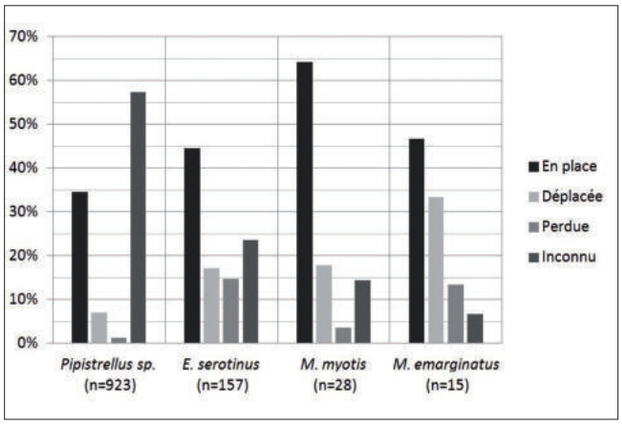


Figure 1. – Répartition des différentes données pour chacune des quatre espèces selon leur statut de présence

Comportements de déplacement

Parmi les colonies classées comme « déplacées », certaines ont effectué un seul déplacement tandis que d'autres ont changé de gîte plusieurs fois au cours des 30 années d'études. Il s'agit soit de déplacements réguliers entre deux gîtes d'une année sur l'autre, soit de déplacements au cours de la même année, soit de déplacements d'une partie seulement de la colonie. En voici quelques exemples :

– une colonie de pipistrelles, présente sur la commune de Cours-les-Barres, était initialement localisée dans les combles d'une maison. L'année suivante, la colonie s'est déplacée dans un garage situé en face, à 24 m.



Figure 2. – Exemples de colonies de pipistrelles et de Sérotines communes actives en même temps sur une même commune

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 27 06/03/20 09:28

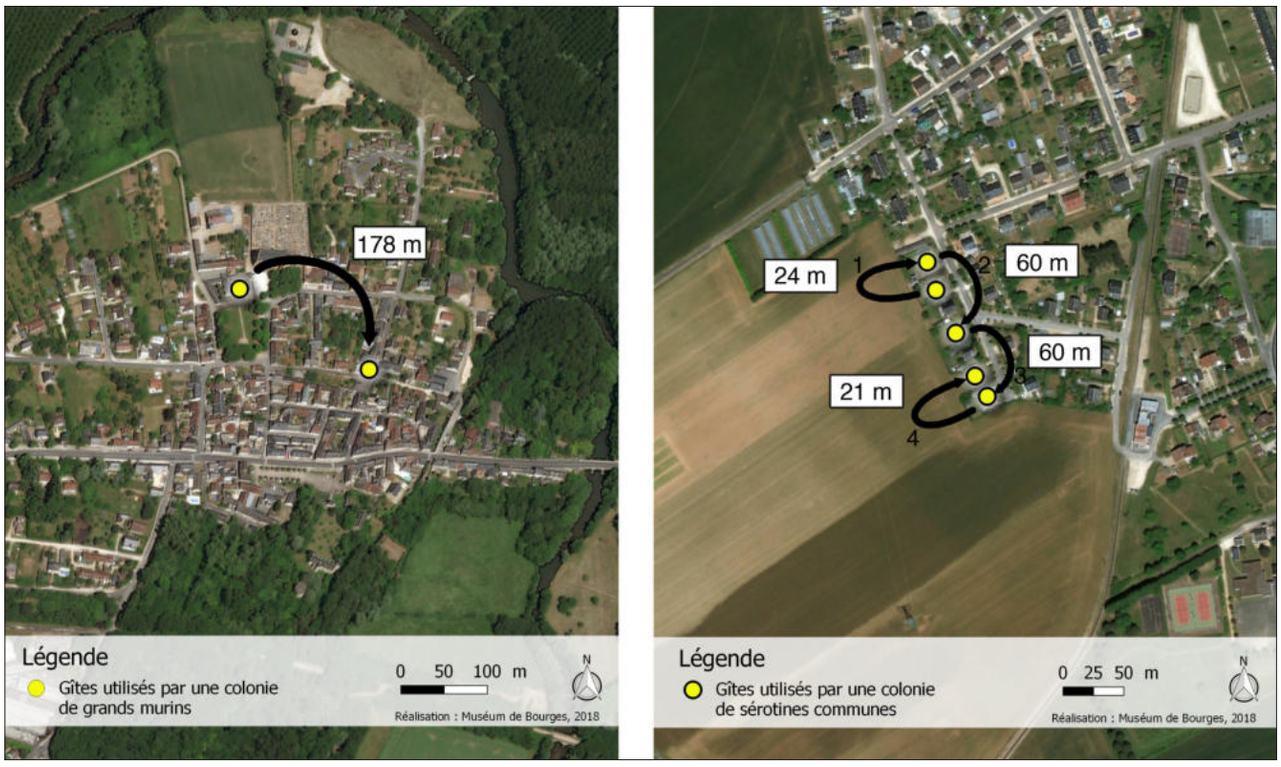


Figure 3. – Exemples de déplacements simple (Charost) et multiple (Lunery)

Puis la même année, la totalité des individus s'est délocalisée dans l'école située à 51 m. Au cours de ces trois déplacements, l'effectif est resté stable ;

– un cas particulièrement étonnant de changement de gîte a été observé sur Lunery pour les Sérotines communes. Une colonie a réalisé en moins de 10 ans, quatre déplacements de maison en maison sur une même rue, correspondant à des distances de 21 à 60 m (*Figure 3*) ;
– la colonie de Grands murins de La Guerche-sur-l'Aubois effectue chaque année des déplacements entre l'ancienne Tuilerie Sauvard dont une partie est aménagée pour les chiroptères et les combles du préau de l'école, deux sites favorables distants de 185 m. La colonie se scinde entre ces deux gîtes, et une bascule des effectifs s'observe chaque année.
– à Charost, une colonie de 500 à 600 Grands murins était présente initialement dans le grenier de l'école en 1988. Un transfert de la totalité de la colonie a été observé jusqu'à la mairie à 178 m, puis la colonie s'est divisée en deux entre ces sites. En 2019, le gîte de l'école a de nouveau été abandonné et la totalité de la colonie était présente dans la mairie ;
– une colonie de Murin à oreilles échancrées a effectué deux déplacements sur la commune de Sancoins de 144 m et 39 m, en restant toutefois plusieurs années sur les mêmes sites avant de changer de lieu, suite à des travaux pour le premier et spontanément pour le second.

Comparaison inter-espèces des distances de déplacements

L'étude a révélé un nombre important de colonies ayant effectué des déplacements (*Tableau I*), constituant ainsi une bonne base de travail pour évaluer un ordre de grandeur des distances moyennes parcourues par espèce.

	Pipistrellus sp.	***E. serotinus***	***M. myotis***	*M. emarginatus*
Nombre de colonies déplacées	65	26	5	5
Nombre de déplacements	69	32	5	6
Moyenne des distances (m)	96	126	249	152

Tableau I. – Bilan des déplacements des colonies de mise-bas par espèce [plusieurs déplacements ont parfois été observés pour une même colonie]

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 28 06/03/20 09:28

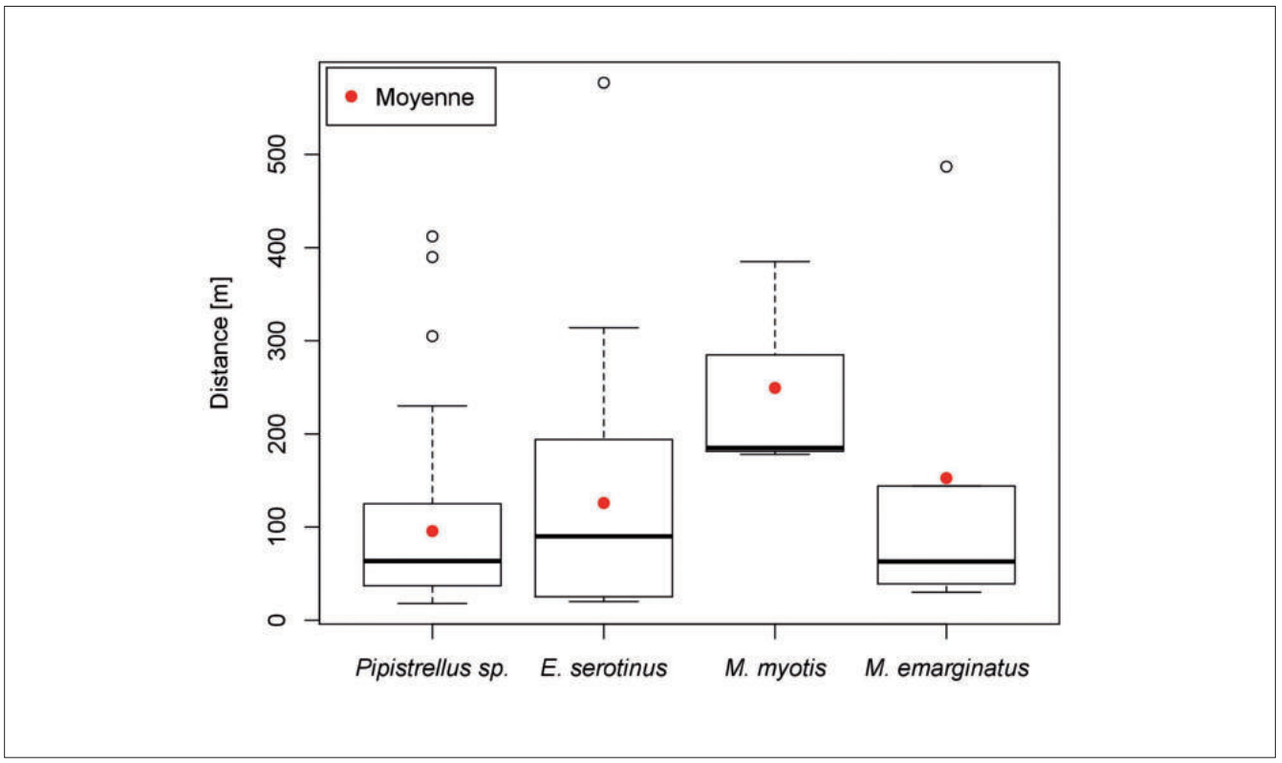


Figure 4. – Comparaison inter-espèces des distances de déplacement

Les statistiques descriptives mettent en évidence une forte dispersion des distances parcourues par les colonies d'une même espèce (*Figure 4*).

Les résultats des investigations montrent que les colonies à faible rayon d'action peuvent toutefois parcourir plusieurs centaines de mètres pour se déplacer. A titre d'exemple, une colonie de pipistrelles connue dans un secteur où la densité de bâtiments disponibles est faible a parcouru une distance de 412 m pour changer de gîte.

Discussion

Déplacements

Seuls les déplacements les plus courts ont pu être jugés objectivement. Il est possible que pour les pipistrelles, il puisse y avoir une colonisation de gîtes éloignés de plusieurs kilomètres mais la récurrence des confirmations de colonisation de proximité tendrait à faire des cas éloignés, des cas d'exception. L'autre biais pour les colonies de pipistrelles est que la majorité d'entre elles n'ont pas été séparées entre Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) et Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*). Les résultats des diverses études menées par le Muséum suggèrent que la seconde espèce est nettement minoritaire, représentant seulement 10 à 20% des colonies et qu'elle est moins populeuse que la Pipistrelle commune. Des confusions entre des colonies des deux espèces sont ainsi à prendre en compte dans la détermination des cas de déplacements. Des tests acoustiques sont envisagés sur les colonies référentes de pipistrelles à partir de 2020.

De plus, au-delà d'une distance de plusieurs kilomètres, il devient difficile sans marquage, ou pose d'émetteurs, de s'assurer qu'il s'agisse d'une colonie déplacée ou d'une nouvelle colonie non répertoriée. Et plus la distance croît entre la nouvelle découverte et l'ancienne, plus les risques d'une erreur d'interprétation augmentent.

Distance de déplacements

Une première analyse des résultats présentés dans la *Figure 4* met en évidence le fait que les Grands murins se distingueraient des trois autres espèces par leur capacité à parcourir de plus grandes distances entre les gîtes de mise-bas. Toutefois, plusieurs biais sont à prendre en compte dans l'interprétation des résultats :

- le nombre de déplacements étudiés fortement différent d'une espèce à une autre (*Tableau I*), ce qui peut être expliqué par l'abondance différente des espèces sur le département ;
- la forte dispersion des données de distance (*Figure 4*) ;
- le nombre de colonies classé au début de l'étude dans la catégorie « Inconnu » : plus de la moitié (57%) des colonies pour les pipistrelles, 24% pour la Sérotine commune, 14% pour le Grand murin et 7% pour le Murin à oreilles échancrées. Une connaissance absolue du statut de l'ensemble des colonies permettrait de déterminer si celles-ci sont toujours en place, si elles sont passées d'un gîte à un autre ou si la donnée est perdue (colonie partie). Cette connaissance est donc fortement liée au réseau de contacts (propriétaires, locataires des lieux etc.) et aux actions de médiation.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 29 06/03/20 09:28

Les résultats pourraient ainsi s'avérer différents en termes de distances, mais tout laisse à penser que les espèces à grand rayon d'action (Grand murin et Murin à oreilles échancrées) réalisent des changements de gîte sur de plus grandes distances que les pipistrelles et les Sérotines communes.

Les causes des déplacements

Pour chaque donnée de déplacements, les raisons des transferts de colonies sont recherchées, en observant la configuration et les paramètres internes du gîte initial et en les comparant au second gîte, en vérifiant si les accès au premier gîte sont toujours en place ou en analysant l'acceptation de la colonie par les habitants du site. Plusieurs catégories ont ainsi pu être déterminées.

Colonie mobile

De nombreuses colonies changent de site de manière spontanée. C'est le cas de 46% des déplacements des pipistrelles et de 50% de ceux des Sérotines communes. Ces mouvements peuvent être expliqués par :

- l'évolution des conditions internes des gîtes (thermique et/ou hygrométrique), à l'origine de changements de gîte d'une année sur l'autre mais également au cours de la même année lorsqu'il y a des variations climatiques. Des cas de colonies de pipistrelles abandonnant leur gîte en cas de canicule ou de chute de température ont été observés, même pendant l'élevage des juvéniles. Elles se réfugient parfois temporairement derrière des volets de la maison dont elles occupent initialement les combles, voire derrière ceux de la maison mitoyenne. Ces déplacements de masse se font souvent sur une à deux nuits. Quant aux colonies de Grands murins ou de Murins à oreilles échancrées, si les températures s'élèvent trop et qu'il n'existe pas de zone plus fraiche de replis au sein du gîte, les colonies déménagent le plus souvent jusqu'à la fin de la saison ;
- la recherche d'une zone de chasse plus favorable pour les jeunes une fois volants ;
- la découverte d'un gîte offrant de meilleures conditions à proximité, sans cause humaine directe. C'est le cas par exemple des colonies de Murins à oreilles échancrées qui se déplacent dans leur intégralité en quelques nuits et peuvent tester année après année, sur un même hameau, voire une même rue la fonctionnalité de différents combles. Ces sauts de puce annuels ne s'achèvent que lorsqu'une toiture s'avère posséder les qualités recherchées. Elle doit avant tout offrir un gradient de température important permettant de compenser les canicules comme les chutes de température, d'où l'importance des bâtiments à étages ;
- l'installation de prédateurs dans le site ou leur présence régulière en sortie de gîte tels que les chouettes et les chats ;
- un retour à un gîte initial suite à la découverte de nouveaux passages après travaux ou à la réouverture des accès.

Déplacements suite à un aménagement

Certaines colonies, pourtant bien acceptées par les propriétaires / locataires, ont changé de gîte suite à un aménagement initialement prévu pour optimiser leur espace, tel que la modification des accès, la mise en place de cloisonnements etc. Les caractéristiques du gîte (surface, hauteur, matériaux…) sont alors modifiées, engendrant un changement des conditions thermiques et hygrométriques du gîte.

Colonie perturbée

Une modification de l'environnement peut provoquer le départ de colonies (éclairage artificiel nocturne, bruit etc.). Les perturbations lumineuses qui donnent directement sur les accès au gîte sont à l'origine du transfert de certaines colonies étudiées. La fidélité au gîte ainsi que la mémoire de la colonie sont aisées à vérifier car une fois la lumière supprimée, même un an après, le retour au gîte est probable.

Destruction des sites

La disparition de gîtes dans le cas de sites détruits oblige les chiroptères à recoloniser un nouvel endroit à proximité. Sauf évènement exceptionnel, les colonies anthropophiles ne sont jamais intégralement détruites, même si le bâtiment peut l'être. La saisonnalité de la destruction, et le fait que ce sont des sites d'estivage où les chauves-souris sont actives limitent les risques et dans les cas les plus extrêmes ce sont surtout les juvéniles qui meurent. Sur les 923 données de pipistrelles, un seul cas d'une colonie en partie détruite suite à un incendie a été recensé.

Déplacement volontaire de colonies par le Muséum

Sur l'ensemble des données, deux colonies ont été déplacées volontairement par le Muséum pour des raisons d'hygiène. Elles étaient installées chaque fois dans des restaurants et ont bénéficié d'un gîte de substitution sur la même propriété. Ce genre de cas reste toutefois exceptionnel, le travail de médiation permettant généralement l'acceptation des colonies par les habitants, avec parfois la mise en place d'aménagements en cas de conflits d'usage.

Colonie chassée

Il arrive cependant que malgré les échanges avec les propriétaires des lieux et les propositions d'aménagements simples pour diminuer des nuisances (odeur, guano, bruit), certains ne les appliquent pas et choisissent de boucher les accès au gîte, option qui leur semble être de facilité. Autre cas de figure, il a été constaté que malgré la bonne volonté de certains propriétaires pour conserver leur colonie en place lors de travaux, les accès au gîte ont parfois été condamnés suite à un non respect des consignes de la part des artisans.

Raison inconnue

Enfin, lorsque les déplacements sont découverts plusieurs années après, les raisons du transfert des colonies ne sont parfois pas connues.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 30 06/03/20 09:28

La mémoire des colonies

Parmi les cas de déplacement, certains montrent que les colonies peuvent revenir à leur gîte initial après plusieurs années, voire une décennie. L'hypothèse d'une « mémoire de la colonie » peut être émise, quelques individus se souvenant de l'ancien gîte favorable. Des recolonisations sur des pas de temps importants peuvent ainsi se produire, peut-être équivalents à la survie des plus vieux individus ayant une fois fréquenté le lieu initial.

La fidélité au gîte

Lorsque les colonies ne sont pas perturbées et que les conditions internes de leur gîte leur conviennent, elles peuvent faire preuve d'une grande fidélité à leur site de mise-bas. C'est le cas par exemple des colonies de Grands murins. Les propriétaires de grandes demeures familiales témoignent de leur présence sur plusieurs décennies, voire sur plus d'un siècle. Cette espèce est également fidèle à un nombre restreint de gîtes d'estivage de substitution lorsque le groupe se divise temporairement en sous-essaims sur des gîtes proches avant de fusionner de nouveau l'année suivante sur le site initial. La mémoire de la colonie mère semble profondément ancrée.

En ce qui concerne le Murin à oreilles échancrées, s'il peut se montrer fidèle sur plusieurs décennies à un même site particulièrement favorable, les colonies se délocalisent le plus souvent au bout de quelques années. Des retours au gîte initial sur des temps longs, allant jusqu'à une décennie sont possibles, témoignant d'une bonne mémorisation des gîtes initiaux.

Les pipistrelles quant à elles montrent une fidélité bien plus faible à leur gîte de mise-bas, changeant régulièrement de site pour trouver de meilleures conditions selon les variations climatiques. Les cas documentés de fidélité à une même habitation sur toute la période d'étude restent exceptionnels, contrairement aux Sérotines communes. En effet des cas de colonisation par cette espèce d'une même charpente sur plus de trois décennies sont réguliers avec quelques cas documentés sur plus d'un demi-siècle. Pour la sérotine, les changements de gîte sont souvent sans retours même si quelques sites fondateurs ont pu être recolonisés.

La disparition de colonies de Sérotines communes

Depuis 2010, des disparitions de colonies sont observées. Il ne s'agit pas de déplacements mais d'une érosion rapide des effectifs entrainant en quelques années la disparition totale de la colonie. Ce facteur alarmant, que rien ne vient expliquer, ne touche dans le département du Cher que la Sérotine commune.

Exploitation des données sur le terrain

Les résultats obtenus au cours de cette étude peuvent être utilisés sur le terrain afin de rechercher des colonies disparues à partir des distances de déplacement moyennes, en particulier pour les espèces à court rayon d'action (pipistrelles et Sérotine commune). La première étape consiste à définir autour du site où se trouvait la colonie une surface de rayon égal à la distance moyenne de déplacement (*Tableau I*). Puis un repérage des bâtiments offrant des charpentes favorables peut être réalisé à partir d'images aériennes suivi d'une confirmation sur le terrain. Plusieurs personnes peuvent être réparties à proximité des noyaux de potentialité repérés pour ensuite appliquer le protocole habituel de recherche de colonies à l'affût, au crépuscule, et en remontant la piste jusqu'à la colonie lorsque plusieurs individus sont observés en vol et semblant provenir de la même direction.

Conclusions

La Sérotine commune et les pipistrelles montrent des tendances colonisatrices assez proches en termes de bâtiments occupés. Les couvertures doivent concentrer la chaleur au maximum, bien plus que pour les Myotis ou les Rhinolophidés. Elles accèdent à leur gîte par des étroitures essentiellement situées au niveau du faîtage du toit ou des premières poutres de rive. Elles montrent également une nette tendance à s'infiltrer entre les isolations et le Placoplatre, d'où des conflits d'usage récurrents avec les propriétaires. Elles sont lucifuges au sein des combles qu'elles préfèrent très sombres. Au-delà de ces convergences, il apparait pourtant une fidélité moindre des pipistrelles à leur gîte de mise-bas. Même si le très grand nombre de colonies actives de pipistrelles (n=916) empêche un suivi régulier des colonies et que le nombre de colonies dont le statut de présence est inconnu en 2019 est très élevé, les déplacements pour les sites suivis sont plus réguliers chez la pipistrelle que chez la Sérotine commune. Elles se déplacent soit en début de saison, soit au cours de l'été en fonction des mise-bas ou de l'état de maturité des jeunes de la colonie, soit pour des raisons climatiques. La colonie se réfugiera le plus souvent dans une charpente très proche, le plus souvent dans une maison mitoyenne ou à quelques dizaines de mètres, alors que les sérotines ont tendance à s'accrocher à leur comble initial même lors des pics caniculaires. Dans le cas de conflits d'usage où les propriétaires ont tenté de chasser des colonies en occultant les trous d'envol ou lors de changement de couverture, les sérotines, passant par des ouvertures plus larges, sont bien plus impactées par ce type d'intervention ou de travaux que les pipistrelles et ce sont les deux raisons principales de l'abandon d'une charpente pour cette espèce. Les pipistrelles, bien plus petites, réussissent le plus souvent à s'infiltrer par un autre accès lié à un défaut d'étanchéité dans la couverture. Mais pour les deux espèces, si une nouvelle charpente est colonisée, elle sera souvent très proche, dans la maison mitoyenne, dans le quartier voire le hameau. On peut se demander comment la transmission des gîtes potentiels se fait entre individus issus d'une même colonie : swarming matinal, échanges d'informations entre la femelle et son jeune, et surtout qui donne « l'ordre » de quitter les lieux. Individus leader ou échanges collectifs ?

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 31 06/03/20 09:28

Les recolonisations récurrentes à une faible distance tendraient à démontrer que la notion d'un « quartier » où les chauves-souris ont leurs habitudes, connu et référencé par tous les individus de la colonie est un facteur essentiel pour ces animaux fidèles, grégaires et sociaux. Les recoupements établis lors de cette étude témoignent d'une fidélité plus ou moins forte à un ou plusieurs gîtes mais toutes nos analyses convergent vers une volonté de ne pas s'éloigner d'un territoire restreint où elles ont leurs habitudes. Ce comportement, additionné au fait que les colonies d'espèces anthropophiles ne disparaissent quasiment jamais suite à une destruction volontaire, conforte tout l'intérêt de rechercher des nurseries dans le cas d'études environnementales comme celles liées aux parcs éoliens ou aux infrastructures routières.

Non seulement connaitre une colonie est important pour la protection locale de l'espèce mais une fois localisée, elle pourra être retrouvée des décennies plus tard. Si ce n'est pas dans la même maison ce sera à quelques dizaines de mètres de l'endroit initial. D'autre part les médiations auprès des propriétaires ou locataires sont essentielles car elles limitent les conflits d'usage éventuels, ancrent la colonie dans les « familles » et cela permet quand une appropriation idéale se fait d'être prévenu en cas de déménagement des occupants initiaux et d'anticiper une médiation rapide avec les nouveaux occupants humains du site. Cibler les colonies s'avère aussi très utile en cas de travaux, liés au Plan Climat ou à des travaux de charpentes. Le facteur déménagement, voire décès des humains propriétaires ou locataires a considérablement compliqué les recherches, d'autant plus que les données étaient anciennes, les premières colonies du Cher ayant été identifiées en 1987. Le retour d'informations est toujours facilité avec les personnes déjà sensibilisées et se souvenant de nos interventions précédentes. Ce « suivi de clientèle » est d'ailleurs l'une des bases de notre démarche et des retours positifs lors des appels à informations. La comptabilisation précise lors de l'envol crépusculaire de chaque nouvelle colonie estivale est également essentielle pour pouvoir analyser l'évolution des populations locales, même sur un temps très long.

Remerciements. – Nous tenons à remercier tous les observateurs et compteurs bénévoles pour leurs participations aux suivis des colonies, ainsi que les propriétaires et locataires des maisons qui nous apportent régulièrement des nouvelles de leurs chauves-souris.

Références bibliographiques

Arthur L. & Lemaire M., 2009. – *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.

Dietz C. & Kiefer A., 2015. - *Chauves-souris d'Europe. Connaître, identifier, protéger.* Delachaux et Niestlé (Guide Delachaux), 400 p.

Jodet M. & Arthur L., 2019. – *Sérotines, pipistrelles…Les chauves-souris anthropophiles du Cher.* Rapport de stage, Master II, Université de Poitiers, Muséum de Bourges, 57 p.

Kerbiriou C., Arthur L. & Lemaire M., 2020. – Suivis de gîtes de chauves-souris anthropophiles. *Symbioses n°38. Actes des XVII^e Rencontres nationales Chauves-souris de la SFEPM*, Bourges, mars 2018, 67-74.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 32 06/03/20 09:28

La trajectographie des chauves-souris Quelles sont les nouvelles avancées ? Et pour quelles applications ?

Fabien CLAIREAU *, Charlotte ROEMER ** & Julie PAUWELS ***

* Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204 CESCO)
Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)
43 rue Buffon, CP 135, 75231 Paris cedex 05
Institute of Zoology and Museum
Ernst Moritz Arndt University, 17489 Greifswald, Germany
Naturalia Environnement
Site AGROPARC, 20 rue Lawrence Durrell, BP 31285, 84911 Avignon Cedex 9
f.claireau@naturalia-environnement.fr

** Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204 CESCO)
Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)
43 rue Buffon, CP 135, 75231 Paris cedex 05
Biotope
22 boulevard du Maréchal Foch, 34140 Mèze
croemer@biotope.fr

*** Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204 CESCO)
Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)
43 rue Buffon, CP 135, 75231 Paris cedex 05
Auddicé – Airèle
5 rue des Molettes, 59286 Roost-Warendin
jul.pauwels@hotmail.com

Résumé. - Les chauves-souris étant des animaux petits, volants et nocturnes, leur suivi est parfois particulièrement difficile sur des questions écologiques précises. Depuis plusieurs années, il est apparu que le suivi des chauves-souris doit aller au-delà des indices d'activités, c'est-à-dire, comprendre leur comportement à une échelle spatiale plus fine que le radiotrack par exemple. Récemment, plusieurs axes de développement se sont ouverts tels que la trajectographie en une ou plusieurs dimensions, ainsi que le suivi par caméra thermique. Nous présentons ici l'avancée des recherches réalisées sur ces deux sujets ainsi que des exemples de cas d'études.

Mots-clés. - Acoustique, AFPR, caméra, méthodes, pollution lumineuse, routes, TOAD.

Introduction

La trajectographie des chauves-souris présente un énorme potentiel dans l'étude non-invasive du comportement de vol. C'est Aubauer, qui, en 1994, en fait la première application chez les Chiroptères. La trajectographie permet d'étudier les comportements individuels, par espèce et par objet d'étude. Cet outil pourrait aider à répondre à des questions telles que celle-ci : quel est le comportement de vol des chauves-souris sous et à proximité d'un réverbère en fonction de l'intensité lumineuse ?

Ainsi, la trajectographie a trouvé son sens pour divers types d'étude tels que pour les problématiques de collisions routières, ferroviaires et éoliennes ; pour évaluer le franchissement d'individus au-dessus et en dessous d'une infrastructure linéaire de transport ; et pour évaluer l'impact de l'éclairage artificiel.

Méthodologie des différents types de trajectographie

Trajectographie acoustique

Le concept de la trajectographie repose sur la possibilité de localiser les chauves-souris grâce aux cris d'écholocation qu'elles émettent. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser *a minima* deux micros. Plus il sera ajouté de micros, plus il y aura de dimensions et plus les trajectoires de vol des chauves-souris seront précises. Avec deux micros, on peut déterminer la direction de vol d'un individu. Avec trois micros, on peut recréer la trajectoire d'un individu dans un plan, c'est-à-dire sans information sur l'altitude de vol. A partir de quatre micros, on peut calculer la trajectoire de l'individu dans l'espace. Le principe repose sur le calcul de différence d'heure arrivée (Time Difference Of Arrival (TDOA) ou Time Of Arrival Difference (TOAD) dans la

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 33 06/03/20 09:28

littérature scientifique [Koblitz, 2018]) sur chacun des micros, cris par cris.

Pour deux micros, il est possible en fonction de la valeur négative ou positive du TDOA/TOAD de savoir de quel côté est arrivée la chauve-souris (*Figure 1*). En effet si le cri est enregistré au temps T1 par le micro 1 puis au temps T2 par le micro 2, la différence T2 – T1, qui correspond au TDOA/TOAD, sera positive et on pourra en déduire que la chauve-souris volait du micro 1 vers le micro 2. Cette méthode avec deux micros peut être appliquée pour étudier des problématiques de rupture de connectivités entre habitats (*Figure 1*) [Claireau *et al.*, 2019a, 2019b] et/ou de collisions avec des éoliennes [Roemer *et al.*, 2017].

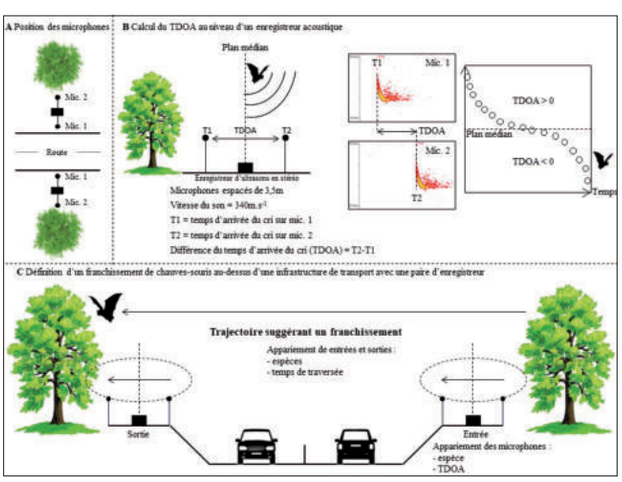


Figure 1. – Concept de la trajectographie (avec deux microphones par enregistreur) pour évaluer la connectivité entre habitats. A. Position des microphones : micro 1 sur le canal gauche (côté route) et micro 2 sur le canal droit (côté habitat) et selon un axe perpendiculaire à la route. B. Calcul du temps d'arrivée des cris d'écholocations sur les micros (TDOA). C. Il est défini un franchissement de chauves-souris quand une chauve-souris entre sur la route d'un côté et détectée comme sortant de la route de l'autre côté [CLAIREAU *et al.*, 2019a].

En utilisant quatre micros, il est possible d'avoir des trajectoires de chauves-souris en trois dimensions. Cette méthode peut s'appliquer aussi bien aux risques de collisions éoliens, routiers et aux problématiques d'éclairage artificiel. Le principe du calcul du TDOA/TOAD est le même mais avec quatre micros (*Figure 2*).

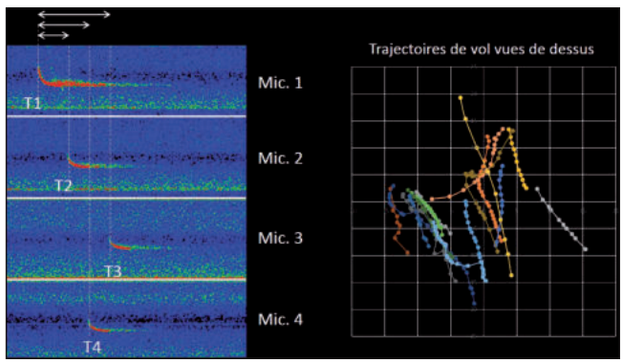


Figure 2. – Concept de la trajectographie et du calcul du TDOA/TOAD (avec quatre microphones). A gauche, un même cri de chauve-souris enregistré sur chacun des quatre micros de l'antenne de trajectographie. Le décalage dans le temps de l'arrivée du cri sur chaque micro permet de retrouver la position de l'individu dans l'espace par triangulation. A droite, un ensemble de trajectoire de chauves-souris vu du dessus.

Trajectographie à partir d'images thermiques

Cette méthodologie a un fort potentiel mais est pour l'instant en phase de développement. Plus chronophage et plus coûteuse (terrain et visionnage manuel), cette méthode ne s'applique qu'à des questions pour lesquelles on ne peut pas utiliser la trajectographie acoustique. Un travail est à faire pour mieux maîtriser et automatiser cette méthodologie afin qu'elle soit moins chronophage, moins coûteuse et pour minimiser les biais observateurs. Pour se faire, une série d'algorithmes a été développée pour détecter les contours des chauves-souris, lier ces contours entre eux pour en faire une trajectoire, extraire des caractéristiques précises, pour enfin les classifier (*Figure 3*) (cf. pages 273 à 284 [Claireau, 2018]).

Résultats obtenus grâce à cette méthodologie

Trajectographie acoustique

La trajectographie acoustique à deux micros a été utilisée pour évaluer l'apport des chiroptéroducs (ouvrages dédiés pour permettre le franchissement des chauves-souris au-dessus d'une route) à la connectivité des habitats de part et d'autre d'une route. L'étude a montré que lorsqu'ils sont placés sur un corridor écologique préalablement identifié (ici des boisements), ils ne sont

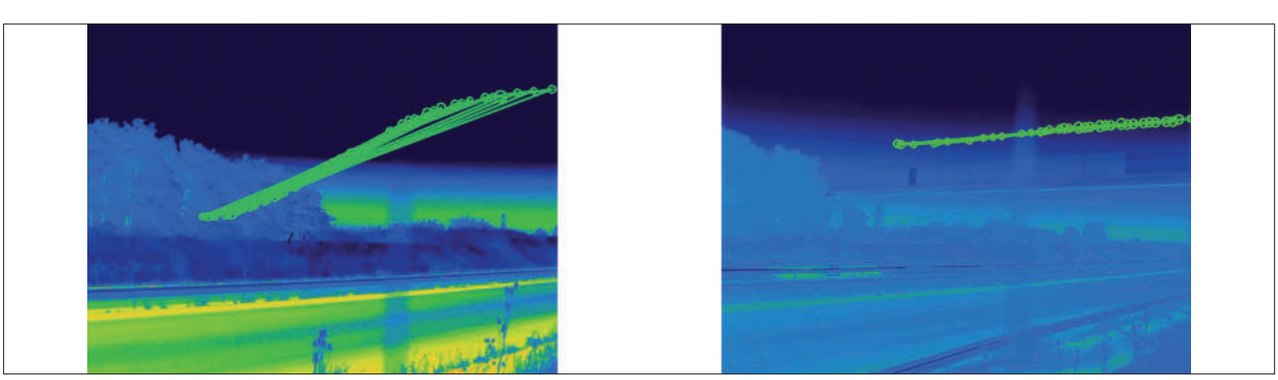


Figure 3. – Trajectoires de chauves-souris issues d'imagerie thermique [CLAIREAU, 2018].

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 34 06/03/20 09:28

utilisés pour traverser la route qu'au mieux par 50% des chauves-souris. De plus, lorsque les chiroptéroducs sont placés hors d'un corridor écologique, ils sont inefficaces [Claireau *et al.*, 2019b]. Une récente étude a démontré que lorsque ces ouvrages dédiés étaient placés au niveau d'une haie rompue par une infrastructure de transport, ils amélioraient significativement la connectivité entre les habitats [Claireau *et al.*, 2019a].

Concernant l'évaluation du risque de collision avec des éoliennes, cette technique, toujours à deux micros, a permis de démontrer que plus une chauves-souris vole haut, plus elle est sujette à risque de collision (*Figure 4*) [Roemer *et al.*, 2017].

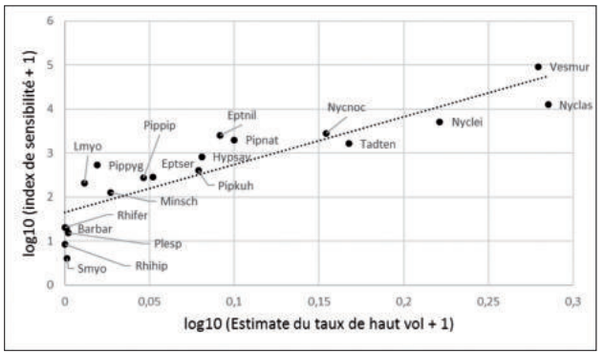


Figure 4. – Ratio du temps passé en hauteur en fonction de la susceptibilité d'être sujet à des collisions avec des éoliennes. [ROEMER *et al.*, 2017]

Trajectographie à partir d'images thermiques

Cette méthodologie a été appliquée pour déterminer si les chiroptéroducs permettent de surélever la hauteur de vol des chauves-souris. L'outil étant tout juste fini en 2018, l'analyse des images est en cours.

Discussion

Le choix entre trajectographie à deux ou quatre micros ou par imagerie thermique dépend de la question écologique que l'on pose et du cas d'étude. Par exemple pour une même thématique de travail, la rupture de connectivité par une route, suivant la question on sélectionnera une technique différente. L'utilisation de deux micros sera adaptée pour un contexte autoroutier. En effet la largeur d'une autoroute ne permet pas l'utilisation de la trajectographie à quatre micros. On peut aussi utiliser l'imagerie thermique, qui à terme, pourrait permettre d'avoir plus d'information sur la trajectoire que la simple information de la directionnalité donnée par la trajectographie à deux micros. Dans le contexte d'une 2x1 voie, la trajectographie a quatre micros est préférable car elle permet d'obtenir de l'information sur la directionnalité mais aussi sur la hauteur de vol. En recréant les trajectoires en entier on pourra de plus déterminer si les individus font demi-tour devant l'obstacle.

Références bibliographiques

Claireau F., 2018. - *Évaluation des impacts de la fragmentation du paysage par une autoroute sur les chauves-souris à différentes échelles spatio-temporelles.* Thèse de Doctorat. Muséum national d'Histoire naturelle, Greifswald University, Paris, 355 p.

Claireau F., Bas Y., Julien J.-F., Machon N., Allegrini B., Puechmaille S.J. & Kerbiriou C., 2019a. - Bat overpasses as an alternative solution to restore habitat connectivity in the context of road requalification. *Ecological engineering*, 131 : 34–38. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.02.011

Claireau F., Bas Y., Puechmaille S.J., Julien J.-F., Allegrini B. & Kerbiriou C., 2019b. - Bat overpasses: An insufficient solution to restore habitat connectivity across roads. *Journal of Applied Ecology*, 56 : 573–584. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13288

Koblitz J.C., 2018. - Arrayvolution: using microphone arrays to study bats in the field. *Canadian Journal of Zoology*, 96 : 933–938. https://doi.org/10.1139/cjz-2017-0187

Roemer C., Disca T., Coulon A. & Bas Y., 2017. - Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological conservation*, 215 : 116–122. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.002

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 35 06/03/20 09:28

Pourquoi la Barbastelle (*Barbastella barbastellus*) se plaît-elle en Bretagne ? …et autres questions étudiées grâce au référencement des enregistrements acoustiques passifs.

Thomas DUBOS

Groupe Mammalogique Breton
Maison de la rivière, 29450 Sizun
thomas.dubos@gmb.bzh

Résumé. - Pourquoi donc, la Barbastelle se plaît-elle en Bretagne ? Eh bien, non pas parce qu'il ne pleut que sur les minioptères, mais plus probablement parce qu'il y fait beau plusieurs fois par nuit !
La standardisation et l'archivage des enregistrements passifs d'ultrasons de chauves-souris, engagés depuis 2013 par le GMB, permettent de disposer d'une collection de plusieurs millions de séquences attribuées à des espèces ou groupes d'espèces (selon les types acoustiques), correspondant à près de 2000 nuits entières échantillonnées. Les circonstances stationnelles, météorologiques ou saisonnières de ces enregistrements sont suffisamment variées et représentatives des conditions bretonnes pour que des analyses des déterminants de l'activité et des référentiels d'activité acoustique puissent être réalisés avec une certaine robustesse. Par exemple, nos travaux montrent que si la Barbastelle se plait effectivement en Bretagne, c'est parce que son activité n'est que très peu affectée par des conditions météorologiques médiocres mais, à l'inverse, largement favorisée par des habitats et paysages mixtes, comme le bocage breton, qui offrent une multitude de bois, haies, allées, lisières et autres ripisylves. Par ailleurs, des référentiels d'activité ont pu être construits pour la Pipistrelle commune, la Barbastelle ainsi que pour l'ensemble du cortège des chauves-souris divisé en groupes selon des types acoustiques. Ils permettent de mesurer, dans l'absolu et de manière relativement fiable, la qualité chiroptérologique d'un site et la capacité d'accueil du milieu en Bretagne, et devront désormais servir une meilleure prise en compte des chauves-souris par les gestionnaires d'espaces naturels, les services instructeurs ou les bureaux d'étude.

Mots-clés. - Chauves-souris, chiroptères, Barbastelle d'Europe, Pipistrelle commune, enregistrements passifs, activité acoustique, référentiel d'activité.

Abstract. - How is it that the Barbastelle bat is so at home in Brittany? Well, it's not that it rains only on the Schreiber's bat but it could be because the weather is fine several times a night! The standardization and archiving of passive ultrasound recordings of bats, initiated in 2013 by the GMB, provides a collection of millions of sequences attributed to species or groups of species (according to acoustic types), corresponding to nearly 2000 whole nights sampled. The stationary, meteorological or seasonal circumstances are sufficiently varied and representative of Breton conditions, so that analyses of the determinants of the activity or acoustic benchmarks can be provided with a certain robustness. For example, our work shows that if Barbastelle does indeed enjoy itself in Brittany, it is because its activity is only slightly affected by poor weather conditions but, on the contrary, largely favoured by mixed habitats and landscapes, such as the Breton bocage, offering a multitude of woods, hedges, paths, edges and other riparian woodlands. In addition, activity benchmarks could be built for the common Pipistrelle, the Barbastelle bat or for the whole panoply of acoustic bat groups. They allow the measurement, in an absolute and relatively reliable way, of the chiropterological quality of a site and the suitability of the environment, and should in future be used in Brittany by managers of natural areas, the government's monitoring services or consultancy firms, to take bats better into account.

Keywords. - Bats, Western Barbastelle, Common Pipistrelle, passive recordings, acoustic activity, activity benchmark.

Introduction

Comme bon nombre de structures chiroptérologiques au début des années 2010, le Groupe Mammalogique Breton (GMB) s'est lancé dans la détection passive des chiroptères avec l'acquisition de plusieurs enregistreurs SM2 BAT+ (Wildlife Acoustics, USA). Rapidement, frustrés de n'archiver dans notre base de données que la seule mention d'espèces contactées alors que des nuits entières d'activité et des dizaines de milliers de séquences étaient collectées, nous avons décidé de standardiser nos relevés d'enregistrement passifs et d'archiver l'ensemble des informations au sein d'une base de données dédiée.

Les informations accumulées sont désormais suffisantes pour que des analyses robustes puissent en être tirées et que des résultats sur l'activité acoustique régionale des chauves-souris en soient déduits.

Le travail présenté ici illustre par quelques exemples les résultats que nous pouvons obtenir des analyses des enregistrements passifs ainsi archivés : comment se dis-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 37 06/03/20 09:28

tribue spatio-temporellement l'activité nocturne de la Barbastelle d'Europe *Barbastella barbastellus*, et comment établir des référentiels d'activité, que ce soit pour la Barbastelle, pour la Pipistrelle commune *Pipistrellus pipistrellus* ou pour l'ensemble du cortège chiroptérologique.

Matériel et méthodes

1. – Enregistrements

L'enregistrement de l'activité nocturne des chauves-souris est réalisé depuis 2013 à l'aide de détecteurs SM2 BAT+, équipés de micro SMX-US déportés du boitier par un câble de 5 à 25 m de long. Les enregistreurs sont équipés de 1 à 4 cartes SD class 10 de 32 Go, alimentés par batterie externe de 60 ou 90 Ah ou par 4 accumulateurs de type D de 10 000 mAh et configurés grâce au logiciel Song Meter Configuration Utility (© Wildlife Acoustics) avec les réglages suivants :

- échantillonnage audio : 384 kHz en mono ou 192 kHz en stéréo,
- format de fichier : WAC0, boucles de 30 minutes,
- filtre passe haut : 8 ou 12 kHz,
- trig win : 5,0 secondes,
- trigger : 4 ou 6 dB,
- gain de 36 dB ou 48 dB.

Bien qu'envisagé dès la construction de la base de données, nous n'avons jusqu'à maintenant pas eu recours à d'autres matériels et d'autres réglages (définis par des tests en 2013 comme ceux offrant le meilleur compromis entre quantité et qualité des séquences enregistrées) que ceux mentionnés ci-dessus pour les enregistrements.

Les micros SMX-US sont testés avant et durant la saison d'enregistrement afin de vérifier leur sensibilité à l'aide d'un calibreur ultrasonore (© Wildlife Acoustics, USA), et sont renouvelés en cas de nécessité.

Les enregistrements sont conduits durant des nuits entières, de 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après son lever, en général pour des déploiements de trois nuits consécutives, quelquefois plus, rarement moins, autant que possible lorsque les conditions météorologiques sont clémentes (température nocturne supérieure à 8 °C, pluie et vent faibles ou nuls). En cas de problèmes techniques ou d'autonomie, ayant empêché l'enregistrement jusqu'au bout de la période prévue, seuls les résultats des nuits complètes sont versés dans la base de données.

Chaque session d'enregistrement sur un ou plusieurs postes, fait l'objet d'un relevé des informations suivantes compilées au sein d'un tableau de relevé (*Figure 1*) :

- programme d'étude ;
- localisation (commune, INSEE, lieu-dit) du site ;
- observateur (pose / relevé des SM2) et validateur des identifications acoustiques ;
- date de début et date de fin (date du début de la nuit) de l'enregistrement ;
- par poste d'enregistrement au sein d'un même site : coordonnées en Lambert II étendu, situation du micro[1] ; habitats principal et secondaire[2] ; contexte paysager[3] ;
- matériel et réglages (enregistreur, échantillonnage, canaux d'enregistrement, type de fichier, gain, trigger, filtre passe haut) et hauteur du micro (0-3 m ; 3-6 m ; 6-12 m ; 12-24 m ; plus de 24 m) ;
- logiciel, version et date du traitement automatique des enregistrements ;
- météo quotidienne (température minimale en °C et pluviométrie cumulée en mm de la nuit – entre 18H00 et 8H00, température maximale en °C et ensoleillement en heures du jour précédent – entre 8H00 et 18H00, direction et force du vent en km/h à 23H00) relevée à priori à la commune (site www.meteo60.fr) pour les déploiements de trois nuits ou moins, ou relevée à posteriori (site www.meteo.bzh) au niveau de la station météorologique la plus proche pour les déploiements plus longs (et dans ce cas indication de la station de référence et de la distance de cette dernière du site d'enregistrement : moins de 5 km ; 5-10 km ; 10-20 km ; 20-40 km ; plus de 40 km).

La collecte des enregistrements nocturnes de l'activité des chauves-souris a été réalisée depuis 2013 au sein du territoire d'action du GMB, à savoir la Bretagne administrative et la Loire-Atlantique. Ces relevés répondent à une méthode standardisée de relevé mais non à un plan d'échantillonnage. C'est-à-dire que l'ensemble des enregistrements passifs standardisés réalisés par le GMB, et occasionnellement par ses partenaires comme Bretagne Vivante [Dubos, 2016], pour différents objets et dans différents cadres (inventaires, suivis, programmes de recherche…) alimente la base de données de manière opportuniste.

1 Alignements d'arbres (allée parc/château) ; Arbuste/petit arbre isolé ; Berge herbacée ; Cavité souterraine/tunnel ; Combles/intérieur bâtiment ; Gros arbre isolé ; Haie favorable (haute, double, large...) ; Haie peu favorable (basse/arbustive/étroite…) ; Lisière ; Point haut (clocher, mat éolienne, phare…) ; Promontoire rocheux, col, haut de falaise ; Ripisylve ; Routes/ponts ; Sous-bois ; Zone ouverte.

2 Boisement feuillus 'pauvres' ; Boisement feuillus 'riche' (âgé avec bois mort) ; Boisement principalement résineux ; Centre urbain ; Cultures ; Dunes ; Falaises/carrières/côte rocheuse ; Fourrés/ronciers ; Jardin ; Lande humide ; Lande sèche ; Mare/lagune/bassins ; Mégaphorbiaie (ZH à végétation haute) ; Mer/estran ; Parc ; Plan d'eau/estuaire/rivière (>10m de large) ; Prairie humide ; Prairie 'sèche' ; Rivière (3 à 10m de large)/canal ; Roselière ; Ruisseau (<3m de large) ; Zone industrielle/commerciale/artisanale ; Zone périurbaine (pavillonnaire, hameaux, petits bourgs).

3 Bocage ; Forêt/complexe boisé ; Littoral ; Marais (grand marais ou complexe de ZH) ; Vallée boisée ; Zone agricole intensive (bocage absent, lâche ou résiduel) ; Zone urbaine.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 38 06/03/20 09:28

Fiche de relevé - Suivi Passif de l'Activité des Chiroptères

Numsession :	35IFFVALL20160623	Programme d'Etude :	Assistance ENS35			
Observ. :	Thomas Le Campion			Validateur :	Thomas Le Campion	
Commune :	Iffendic	INSE :	35133	Lieu-dit :	La chambre aux loups	
				Numsite* :	103059	

* : **INDISPENSABLE** : saisir le code Numsite correspondant au lieu-dit en utilisant le fichier Access "Utilitaire Numsite"

Postes d'enregistrement *(coordonnées en Lambert II étendu si plusieurs détecteurs déployés sur site et/ou si localisation plus précise que Lieu-dit)*

Désignation	CoordObsX	CoordObsY	Situation	Habitat principal	Habitat secondaire	Contexte
35IFFVALL-1	272748	2352133	Lisière	Lande sèche	Boisement feuillus	Bocage
35IFFVALL-2	272819	2352909	Ripisylve	Plan d'eau/estuaire/rivière (>10m de large)	Boisement feuillus	Bocage
35IFFVALL-3	272873	2352611	Sous-bois	Boisement feuillus 'pauvres'	Ruisseau (<3m de l	Bocage

Période de suivi :	du :	23/06/2016	au :	25/06/2016	
Réglages : Détecteur :	SM2BAT+	Fichier :	WAC0		
Echantillonnage :	384 kHz	Canaux :	Mono-R		
Gain Left :		Gain Right :	36 dB		
Trig Left :		Trig Right :	4		
HPF Left :		HPF Right :	FS/48		
Haut.Mic Left :		Haut.Mic Right :	0 - 3 m		
Date analyse :	13/09/2016		Logiciel de traitement :	Sonochiro Biotope	
			Version *(si info dispo, sinon on retrouvera avec la date)* :	3.3.3.	
DONNEES METEOROLOGIQUES		Type relevé :	Prévision à la commune		
pour les périodes courtes quotidiennement à la commune :			http://www.meteo60.fr/		
pour les périodes longues au niveau de la station de référence la plus proche à postérior :			http://www.meteo-bretagne.fr/		
Si archive, station de réf. :			si sta° ref, distance du site		

Date	t°C min nocturne	t°C max diurne	Pluvio Nocturne	Force vent	Direction vent	Ensoleillement
(Date du jour)	(Température minimale nocturne prise entre 18h UTC du jour et 18h UTC du lendemain)	(Température maximale diurne prise entre 6h UTC du jour et 6h UTC du lendemain)	(Cumul de la pluviométrie sur 12h entre 18h UTC du jour et 6h UTC le lendemain)	(Force du vent à 2h UTC de la nuit)	(Direction du vent à 2h UTC de la nuit)	(Nombre d'heures cumulées d'ensoleillement entre 6h UTC du jour et 6h UTC du lendemain)
23/06/2016	13,0	25,0	0,0	15,0	NNO	*NA*
24/06/2016	9,0	20,0	0,0	10,0	N	*NA*
25/06/2016	8,0	18,0	0,0	10,0	NO	*NA*

Figure 1. – Tableau de relevé d'informations pour les enregistrements passifs

2. – Traitement et archivage des enregistrements ultrasonores

Les fichiers WAC recueillis sont décompressés et découpés en séquences de 5 secondes au format WAV à l'aide du logiciel WAC2WAV 3.2.7 (© Wildlife Acoustics).

Les séquences WAV de chaque session d'enregistrement sont ensuite traitées par analyse semi-automatique à l'aide du logiciel Sonochiro ® (Biotope, France), avec le référentiel géographique Nord tempéré.

Une validation manuelle de l'identification est réalisée selon la méthode de Michel Barataud [2012 & 2018] à l'aide du logiciel Batsound ® (Pettersson Elektronik, Sweden) pour une sélection de séquences (en général celles de meilleure qualité et avec les plus forts taux de confiance dans l'identification automatique) afin d'établir la liste fiable des espèces contactées dans chaque site.

L'ensemble des validations manuelles du groupe acoustique et de l'espèce, compilées dans la base permet de déterminer le taux d'erreur par classe d'indice de confiance donné par le logiciel Sonochiro ®. Le cumul croissant des erreurs de chaque classe d'indice de confiance permet ainsi de déterminer à partir de quel indice une fiabilité acceptable (moins de 5 ou moins de 10 % d'erreur suivant les cas) est obtenue par ce traitement automatique (*Figure 2*). Pour la suite, les analyses porteront donc sur le dénombrement de l'ensemble des

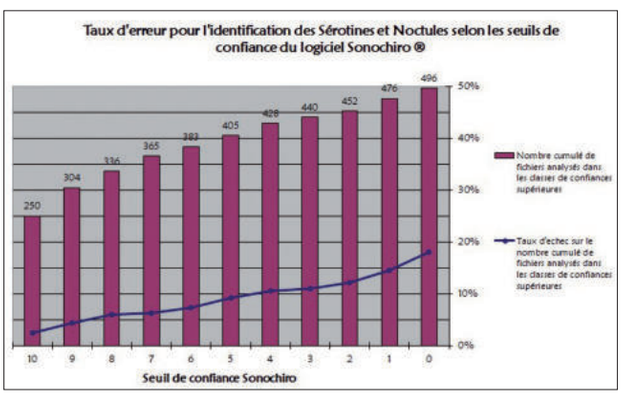


Figure 2. – Graphique de détermination du taux d'erreur cumulé des identifications automatiques Sonochiro ®, exemple des Sérotines et Noctules.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 39 06/03/20 09:28

séquences de la nuit d'enregistrement avec un taux de fiabilité de 90 ou 95 % et non plus sur les seules ayant fait l'objet d'une validation manuelle.

Pour chaque session d'enregistrement, la table du résultat de l'analyse automatique Sonochiro ®, complétée de champs de validations manuelles est enregistrée dans un tableau de données et injectée, avec son tableau de relevé correspondant, dans une base de données construite sous ACCESS (© Microsoft Office).

3. – Analyses des données

Deux types d'analyses ont été menés : des analyses visant à expliquer la distribution spatio-temporelle de l'activité acoustique d'espèces et des analyses visant à la constitution de référentiels d'activité qui ne soient pas biaisés par d'autres facteurs que la capacité d'accueil du site.

Pour chaque type d'analyses, l'unité de mesure de l'activité acoustique est le nombre total de minutes positives [Haquart, 2013] d'une nuit complète d'enregistrement. Les déterminants spatiaux et temporels de cette activité acoustique pour la Barbastelle d'Europe et la Pipistrelle commune sont explorés et traités par des modèles linéaires généralisés (GLM) de loi négative binomiale réalisés à l'aide du logiciel R © [R Core Team, 2017].

Pour les analyses d'activité acoustique, 19 variables explicatives parmi celles relevées lors des enregistrements (cf. précédemment) ont été explorées au total :

- des facteurs spatiaux : le département (DEP), la longitude (X) et la latitude (Y) en Lambert II étendu réduites à des valeurs comprises entre 0 et 100 (X / 10 000 et Y / 100 000)
- des facteurs de milieux : le contexte paysager (PAYSAGE), la situation du micro (SITUATION), l'habitat principal (HABSIMP1) et l'habitat secondaire (HABSIMP2) rapportés à des classes simplifiées (boisements, étendues d'eau, zones ouvertes herbacées, parcs et jardins, littoral, zones urbanisées, zones humides)
- des facteurs de réglage du matériel : niveau de trig (TRIG), le gain (en dB) (GAIN), la hauteur du micro (0 à 3 m, 3 à 6 m, 6 à 12 m, 12 à 24 m, plus de 24 m) (HAUTMIC)
- des facteurs temporels : l'année (ANNEE), la saison « chiroptérologique » (PRTPS du 01/04-15/06 : gestation, ÉTÉ du 16/06-31/08 : mise-bas et élevage des jeunes, AUT du 01/09-15/11 : swarming et migration) (SAISON), le mois (MOIS), le jour de l'année (J365), et la durée de la nuit (en heure) (DURNUIT)
- des facteurs météorologiques : température minimale en °C (TMIN) et pluviométrie cumulée en mm (PLUIE) de la nuit – entre 18H00 et 8H00, température maximale en °C (TMAX) du jour précédent
- entre 8H00 et 18H00, force du vent en km/h à 23H00 (VENTFOR)

Les interactions entre variables ont été explorées par le coefficient de corrélation de Spearman de manière à exclure des modèles les variables corrélées avec les effets les moins marqués.

Les modèles sont réduits et simplifiés en utilisant le critère d'information d'Akaike (AIC).

Pour l'élaboration des référentiels d'activité chiroptérologique, nous avons utilisé la méthode des centiles selon les seuils présentés dans le *Tableau I* : pour chaque groupe acoustique, l'activité sera définie selon les classes bornées par les valeurs de centiles d'un lot de nuits d'enregistrement de référence. La classe inférieure sera précisée pour la Pipistrelle commune selon les seuils suivants : activité faible en deçà de 10 % et activité assez faible entre 10 et 25 %.

Centiles des valeurs des nuits de référence	Classe d'activité
< 25%	activité nulle à faible
25 % ≤ < 75%	activité moyenne
75 % ≤ < 90%	activité assez forte
90 % ≤ < 97,5%	activité forte
≥ 97,5%	activité très forte

Tableau I. – Seuils de classes d'activité selon les centiles des valeurs des nuits d'enregistrement de référence

Résultats

1. – Description du jeu de données

Au cours des cinq premières années (2013 à 2017) de collecte de données, 1929 nuits complètes d'enregistrements, réalisées dans 233 sites, ont pu être archivées dans la base de données. Ce total correspond à 1 725 622 séquences ultrasonores de cinq secondes issues du traitement automatique par Sonochiro ®, dont 2 869 ont fait l'objet d'une validation ou invalidation manuelle.

1.a. – Représentativité des enregistrements

La répartition géographique des enregistrements est assez satisfaisante : la localisation des différents sites couvre assez bien la région malgré quelques agrégats et des lacunes en Loire-Atlantique (*Figure 3*).

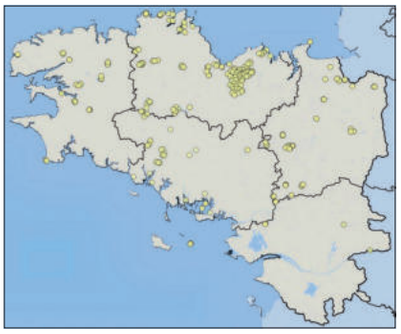


Figure 3. – Localisation des enregistrements réalisés de 2013 à 2017

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 40 06/03/20 09:28

L'échantillonnage des différents contextes paysagers est également satisfaisant avec au minimum 90 nuits collectées en contexte de plateau de grande culture et au plus 441 nuits en forêt (*Figure 4*).

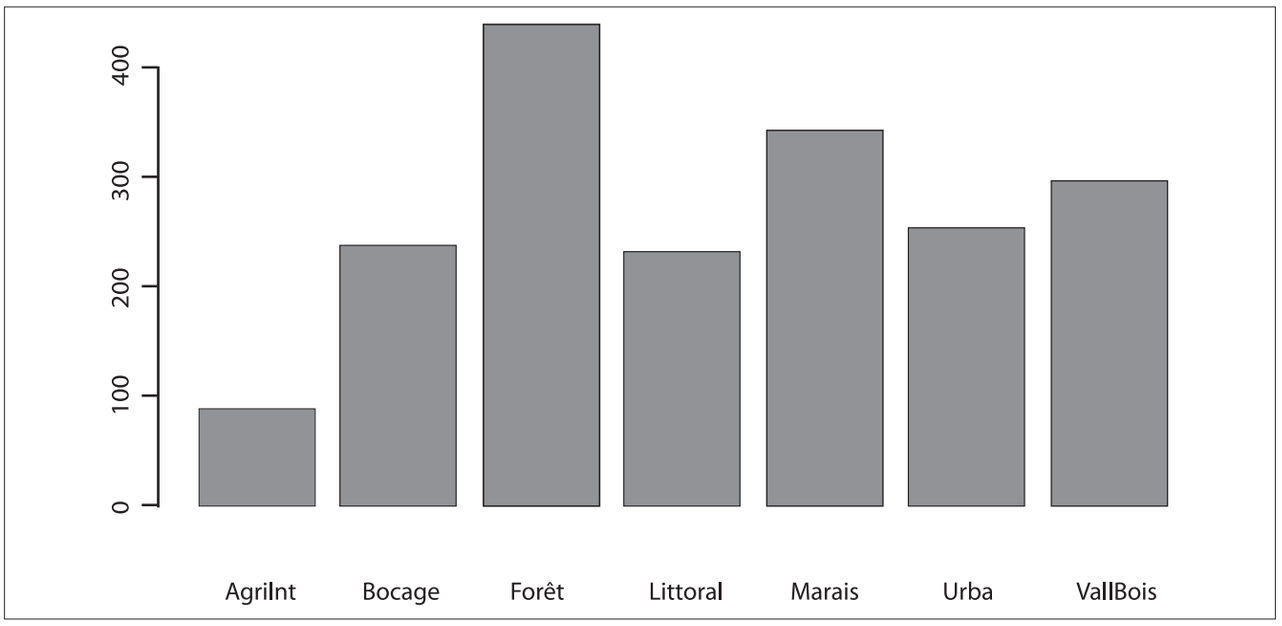


Figure 4. – Distribution des enregistrements réalisés selon les classes de contexte paysager

La distribution des situations d'enregistrements est plus déséquilibrée notamment du fait de deux programmes, l'un sur les chauves-souris migratrices et l'autre sur le suivi de l'activité en forêt, qui ont multiplié les nuits collectées depuis des points hauts, ou en sous-bois. Ainsi, pour l'analyse de l'activité de la Barbastelle, les modalités ont été regroupées en 6 classes afin que les situations les moins fréquentes représentent un nombre de nuits non-négligeable, 73 nuits pour les arbres isolés et 75 nuits pour les lisières (*Figure 5*).

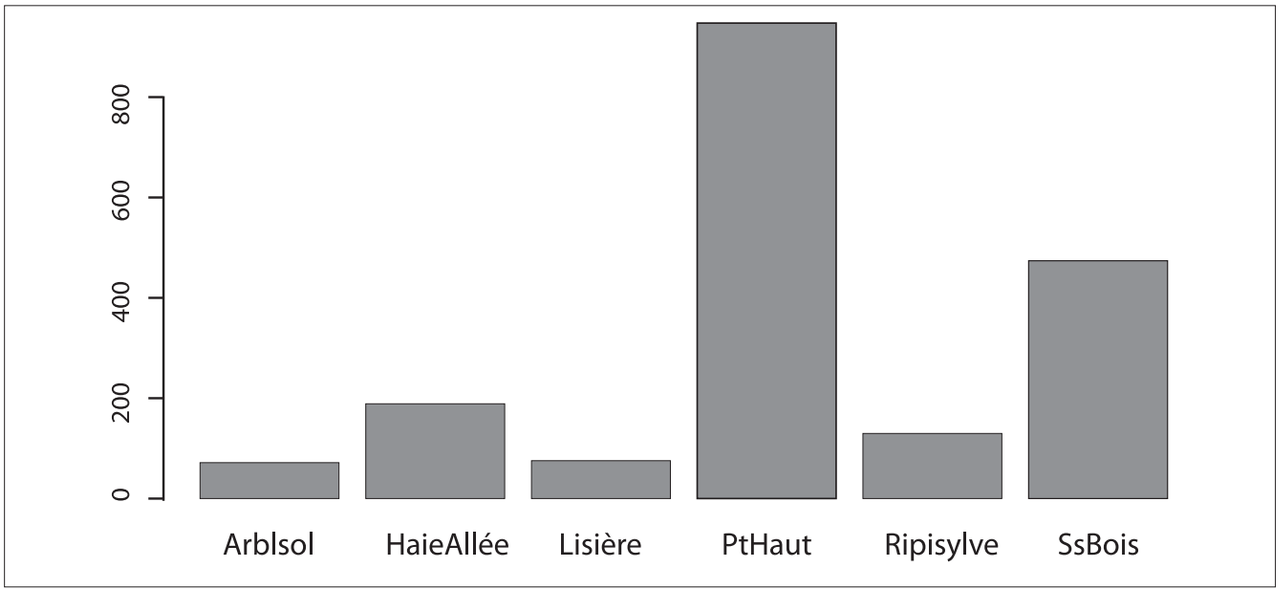


Figure 5. – Distribution des enregistrements réalisés selon les situations du micro[4]

4 ArbIsol = « Arbuste/petit arbre isolé » + « Gros arbre isolé » ; HaieAllee = « Alignements d'arbres » + « Haie favorable » + « Haie peu favorable » ; Lisiere = « Lisière » ; PtHaut = « Point haut » + « Promontoire rocheux, col, haut de falaise » ; Ripisylve = « Ripisylve » + ; SsBois = « Sous-bois ».

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 41 06/03/20 09:28

Les 23 modalités des habitats d'enregistrements, particulièrement dispersées, ont également été regroupées en 6 classes (*Figure 6*) qui restent assez hétérogènes du point de vue de la pression d'échantillonnage, mais permettent de disposer au minimum de 87 nuits d'enregistrement (pour les habitats de zones humides).

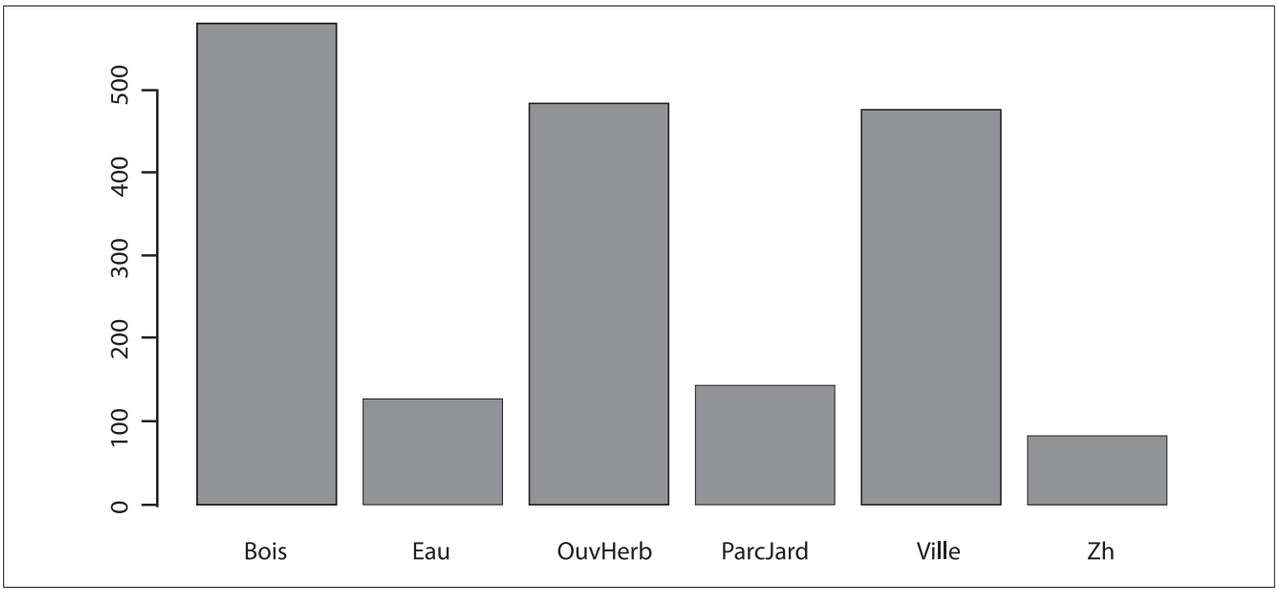


Figure 6. – Distribution des enregistrements réalisés selon les classes d'habitat principal simplifié[5]

Du point de vue temporel, le jeu de données est relativement bien distribué tout au long de la période d'activité des chauves-souris, que ce soit selon les « saisons chiroptérologiques » (*Figure 7*), les mois (*Figure 8*) ou les jours de l'année. Les années sont plus déséquilibrées en défaveur de 2013 qui a fait l'objet de beaucoup moins d'enregistrements (30) que les 4 suivantes (390 à 559 nuits).

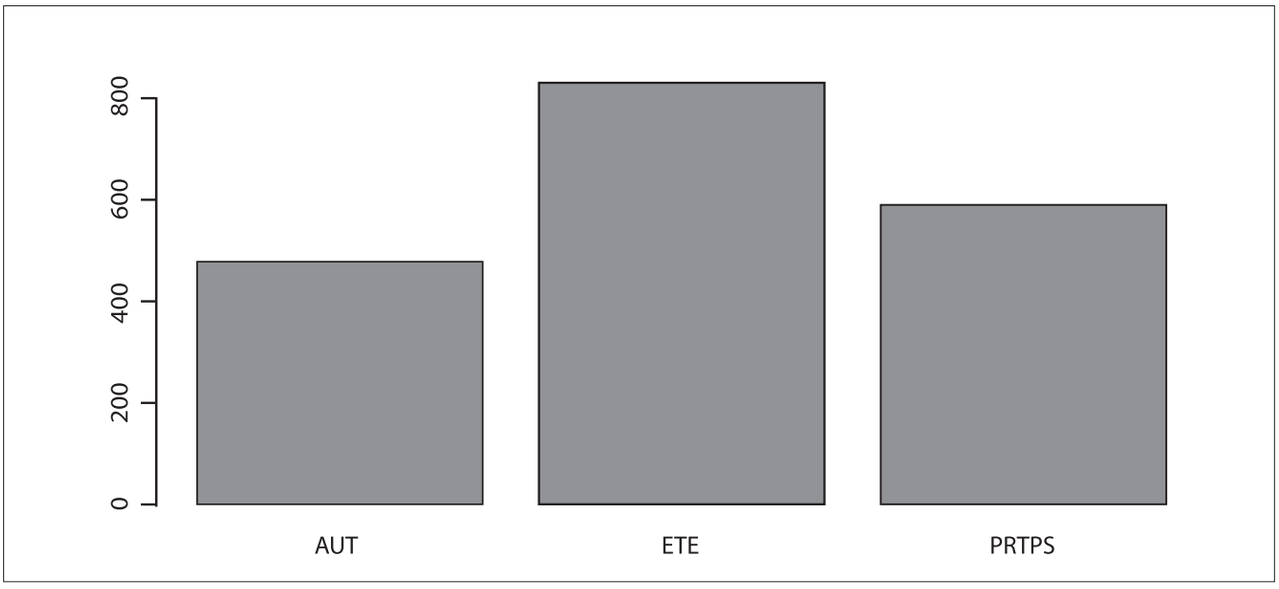


Figure 7. – Distribution des enregistrements réalisés selon les « saisons chiroptérologiques »

5 Bois = « Boisement feuillus pauvres » + « Boisement feuillus riche » + « Boisement principalement résineux » ; Eau = « Mare/lagune/bassins » + « Mer/estran » + « Plan d'eau/estuaire/rivière » + « Rivière/canal » + « Ruisseau » ; OuvHerb = « Cultures » + « Dunes » + « Fourrés/ronciers» + « Lande sèche » + « Prairie sèche » ; ParcJardin = « Jardin » + « Parc » ; Ville = « Centre urbain » + « Zone industrielle/commerciale/artisanale » + « Zone périurbaine » ; ZH = « Lande humide » + « Mégaphorbiaie » + « Prairie humide » + « Roselière ».

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 42 06/03/20 09:28

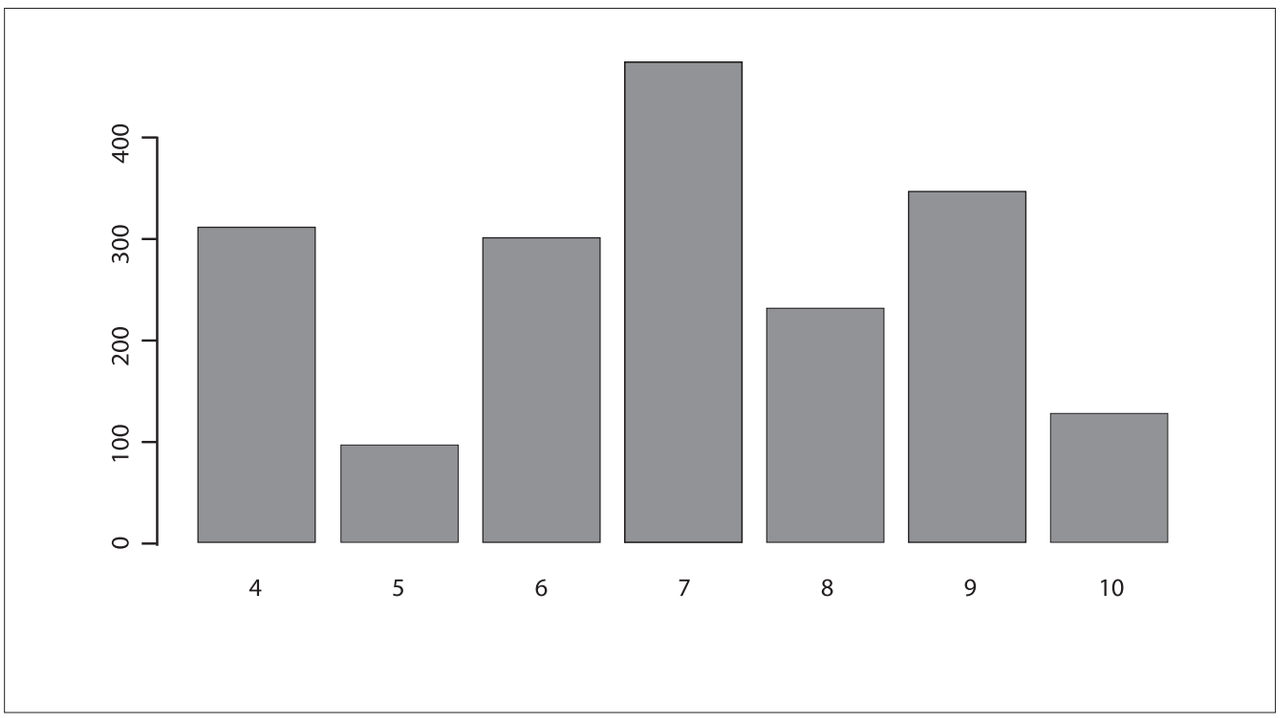


Figure 8. – Distribution des enregistrements réalisés selon les mois de l'année

Concernant les conditions météorologiques, grâce à quelques protocoles d'enregistrements longs (étude des chauves-souris migratrices par exemple) non ciblés sur les plus « belles » nuits, le spectre des conditions météorologiques de la période d'activité des chauves-souris a été relativement bien échantillonné (voir *Figure 9* pour les températures minimales nocturnes par exemple).

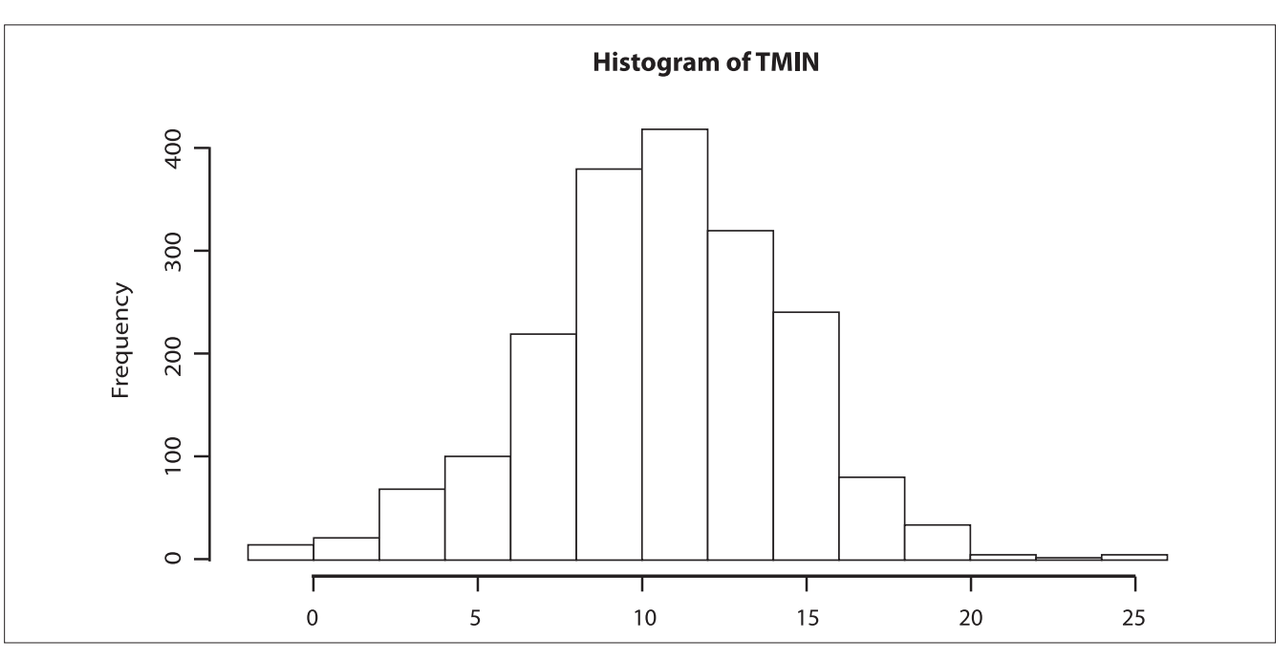


Figure 9. – Distribution des enregistrements réalisés selon la température minimale de la nuit

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 43 06/03/20 09:28

1.b. – Détermination des seuils de fiabilité des identifications automatiques

Pour la Pipistrelle commune, la détermination des seuils de confiance basée sur 146 séquences validées entre 2013 et 2016 permet d'établir que le lot contenant l'ensemble des séquences identifiées comme Pipistrelle commune par Sonochiro ®, jusqu'au seuil de confiance 0, peut être considéré comme fiable à 90 % (*Figure 10*).

De la même manière, les seuils de fiabilité pour les groupes acoustiques (dont la Barbastelle seule espèce de son groupe acoustique) ont été calculés à partir des 2 869 séquences vérifiées manuellement. Les groupes acoustiques « valides » sont donc établis pour nos analyses selon ces seuils présentés dans le tableau II.

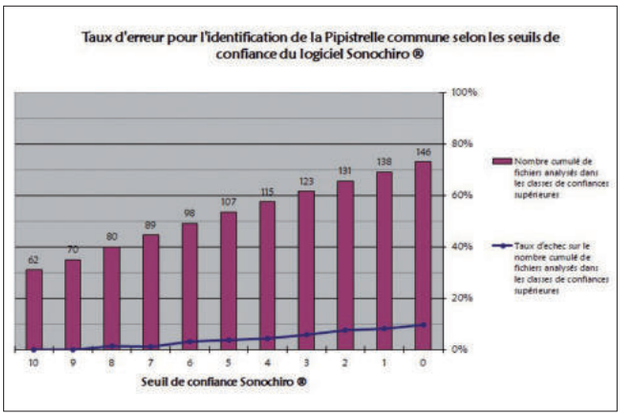


Figure 10. – Taux d'erreur cumulé des identifications automatiques pour la Pipistrelle commune selon l'indice de confiance Sonochiro ®.

1.c. – Effets des réglages et de la durée de la nuit sur la mesure de l'activité acoustique

Les effets des deux réglages de gain et de niveau de trigger sur l'activité de la Barbastelle, de la Pipistrelle commune, ou de l'ensemble des espèces ont été testés par des GLM de loi de Poisson. Dans tous les cas, l'activité ne montre pas d'augmentation significative quand le gain ou la sensibilité augmentent (dans la limite de nos réglages de 36 à 48 dB de gain ou de 6 à 4 de trigger). Nous pourrons donc traiter de manière confondue l'ensemble des données d'activité collectées avec ces deux réglages. A l'inverse, la hauteur du micro, elle, montre un effet défavorable significatif (GLM de loi négative binomiale), au-delà de 6 mètres, sur la Pipistrelle commune ($\alpha < 0{,}001$), et sur la Barbastelle ($\alpha < 0{,}001$). Il faudra donc, soit exclure de l'analyse les enregistrements à plus de 6 mètres de hauteur, soit intégrer l'effet de la hauteur du micro aux modèles.

L'effet de la durée de la nuit sur l'activité de la Barbastelle, de la Pipistrelle commune ou de l'ensemble des espèces a été testé par des GLM de loi négative binomiale. Dans tous les cas, l'activité ne montre pas d'augmentation significative lorsque la durée de la nuit augmente. Cette information nous permet donc de traiter l'activité des chauves-souris en nombre brut de minutes positives dans nos analyses, sans nécessité de corriger ce chiffre par la durée de la nuit.

Groupe acoustique	Indice de confiance du logiciel Sonochiro ®											Nombre de séquences validées pour évaluation de fiabilité
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Barbastelle d'Europe (moins de 5 % d'erreur)	Barbastelle d'Europe											147
Sérotines et Noctules (moins de 10 % d'erreur)	Chauve-souris sp.					Sérotines et Noctules						496
Murins spp. (moins de 10 % d'erreur)	Chauve-souris sp.					Murins						711
Pipistrelles basses (moins de 5 % d'erreur)	Pipistrelles basses											753
Pipistrelles hautes (moins de 10 % d'erreur)	Pipistrelles hautes											289
Oreillards spp. (moins de 10 % d'erreur)	Oreillards											187
Rhinolophes spp. (moins de 20 % d'erreur)	Chauve-souris sp. ou parasites acoustiques							Rhinolophes				286

Tableau II. – Seuils de fiabilité des groupes acoustiques selon les indices de confiance du logiciel Sonochiro ®

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 44 06/03/20 09:28

2. – Activité de la Barbastelle en Bretagne

2.a. – Exploration du jeu de données

Quinze variables explicatives de l'activité de la Barbastelle ont été explorées. Parmi celles-ci, certaines sont corrélées (coefficient de Spearman supérieur ou proche de |0,7|), et donc exclues de l'analyse :

- la température maximale diurne est exclue au bénéfice de la température minimale nocturne qui présente un effet à priori plus linéaire sur l'activité de la Barbastelle ;
- le mois et le jour de l'année sont exclus au bénéfice de la « saison chiroptérologique » qui est un paramètre moins dispersé que les deux autres (3 modalités seulement) ;
- les habitats simplifiés principaux et secondaires sont exclus au bénéfice de la situation du micro qui n'est pas corrélée avec le contexte paysager, ni avec la hauteur du micro ;
- la hauteur du micro est corrélée avec la longitude, la latitude, et le contexte paysager (corrélations liées à des enregistrements en « altitude » uniquement sur 5 sites suivis pour la migration des chauves-souris). Il nous a semblé pertinent, dans ce cas précis, de réaliser deux analyses, l'une en excluant HAUTMIC au bénéfice de X, Y, et PAYSAGE, et à l'inverse la seconde avec HAUTMIC mais sans X, Y et PAYSAGE.

Prises une à une, les variables conservées (X, Y, SITUATION, PAYSAGE, TMIN, PLUIE, SAISON, HAUTMIC, ANNEE) présentent toutes des effets significatifs sur l'activité de la Barbastelle ($\alpha < 0,01$), en dehors de la force du vent (VENTFOR) qui n'est que peu significative ($\alpha < 0,1$) mais sera néanmoins testée dans les modèles. L'effet de l'année, est toutefois particulier puisqu'il semble n'être significatif (positivement) que pour l'année 2013, dont on sait qu'elle ne comporte que très peu de nuits d'enregistrement en comparaison des suivantes. Nous faisons donc le choix, pour supprimer cet effet de l'année, d'exclure les 30 nuits de l'année 2013 des analyses pour la suite.

2.b. – Analyse sans effet de la hauteur du micro

Cette première analyse (GLM, loi négative binomiale) porte sur 1899 nuits d'enregistrement réalisées entre 2014 et 2017. Le modèle initial construit avec les 8 variables sélectionnées (X, Y, SITUATION, PAYSAGE, TMIN, PLUIE, VENTFOR, SAISON) est réduit selon la procédure de minimisation du critère d'AIC. Le modèle minimal retenu ne contient plus que les 5 variables suivantes : la longitude, la latitude, la situation du micro, le contexte paysager, et la saison.

Cette première étape est déjà essentielle puisqu'elle illustre que les effets des conditions météorologiques (PLUIE, TMIN, VENTFOR) sur l'activité de la Barbastelle en Bretagne sont négligeables en comparaison de ceux des paramètres saisonniers ou spatiaux (géographie, milieux et paysages).

En définitive l'expression du modèle minimal permet d'identifier les effets exercés par les paramètres suivants sur l'activité de la Barbastelle :

- la longitude a un effet légèrement positif (un peu plus d'activité vers l'Est) très significatif ($\alpha < 0,001$) ;
- la latitude a un effet très positif (plus d'activité vers le nord) très significatif ($\alpha < 0,001$) ;
- la saison a un effet très significatif ($\alpha < 0,001$), la Barbastelle semblant être plus active en période d'élevage des jeunes, qu'au printemps ou en automne ;
- la situation du micro a un effet très significatif ($\alpha < 0,001$) : forte activité sur les lisières, allées, haies et faible activité sur les points hauts ;
- le contexte paysager a un effet très significatif ($\alpha < 0,001$) : positif dans les paysages boisés et forestiers et négatif dans les paysages littoraux, palustres et urbanisés.

2.c. – Analyse avec effet de la hauteur du micro

La seconde analyse (GLM, loi négative binomiale) porte sur 1899 nuits d'enregistrement réalisées entre 2014 et 2017. Le modèle initial construit avec les 6 variables sélectionnées (HAUTMIC, SITUATION, TMIN, PLUIE, VENTFOR, SAISON) est réduit selon la procédure de minimisation du critère d'AIC. Le modèle minimal retenu ne contient plus que les 3 variables suivantes : la hauteur et la situation du micro, et la saison.

A nouveau, cette étape confirme que les effets des conditions météorologiques sur l'activité de la Barbastelle en Bretagne sont négligeables en comparaison de ceux de paramètres saisonniers ou situationnels (emplacement et hauteur du micro).

L'expression du modèle minimal permet donc d'identifier que :

- la saison a un effet très significatif ($\alpha < 0,001$), mais les barbastelles semblent, cette fois, être plus actives en automne qu'au printemps ou en été ;
- la situation du micro détermine de manière significative ($\alpha < 0,001$) l'activité mesurée chez la Barbastelle : plus faible au niveau des ripisylves, et sous-bois, qu'au niveau des lisières, allées, et haies ;
- l'activité de la Barbastelle décroît très significativement ($\alpha < 0,001$) et très fortement dans les situations d'enregistrement en hauteur (au-delà de 12 m ou de 24 m).

Il ressort de ces deux analyses, d'une part, que la Barbastelle présente une activité acoustique très peu influencée par les conditions météorologiques en Bretagne, les « mauvaises » conditions nocturnes (fraicheur, vent, pluie) n'étant que peu défavorables en comparaison des autres paramètres. D'autre part, l'effet très négatif de la hauteur du micro semble être tel qu'il masque probablement les autres effets dans notre second modèle.

Afin de vérifier cette hypothèse, mais aussi d'affiner notre appréciation de l'effet saisonnier (partiellement contradictoire dans les deux premières analyses), nous

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 45 06/03/20 09:28

réalisons une troisième analyse complémentaire sur un sous-ensemble des données ne comprenant que les enregistrements réalisés à moins de 3 mètres de haut entre 2014 et 2017. Ce nouveau modèle s'appuiera sur un effet saisonnier apprécié par le mois plutôt que les « saisons chiroptérologiques », et retiendra cette fois, parmi les variables de milieu corrélées, l'habitat simplifié plutôt que la situation du micro.

2.d. – Analyse des seuls enregistrements réalisés à hauteur d'Homme

La troisième analyse (GLM, loi négative binomiale) porte sur 932 nuits d'enregistrement réalisées entre 2014 et 2017 à moins de 3 mètres de haut. Les corrélations entre paramètres pour ce sous-ensemble sont explorées et permettent de retenir 9 variables (X, Y, HABSIMP1, HABSIMP2, PAYSAGE, TMIN, PLUIE, VENTFOR, MOIS) pour la construction du modèle initial. La réduction du modèle selon la procédure de minimisation du critère d'AIC aboutit à retenir les 7 variables suivantes dans le modèle minimal : la longitude, la latitude, l'habitat principal et secondaire, le contexte paysager, le mois, et la température minimale nocturne. La pluviométrie nocturne et la force du vent n'ont, à nouveau, pas d'effet notable sur l'activité.

En conclusion, l'expression du modèle minimal permet d'identifier que :

- la longitude a un effet positif assez peu marqué (plus d'activité vers l'Est) mais très significatif ($\alpha < 0{,}001$) sur l'activité de la Barbastelle ;
- la latitude a un effet positif (plus d'activité vers le nord) très significatif ($\alpha < 0{,}001$) sur l'activité de la Barbastelle ;
- la Barbastelle a une activité croissante au fil de la belle saison ($\alpha < 0{,}001$) avec un effet positif du mois de l'année d'avril à septembre (octobre étant sous échantillonné, *Figure 11*) ;
- pour cette troisième analyse, la température minimale nocturne a, cette fois, un effet significatif ($\alpha < 0{,}001$) légèrement positif sur l'activité : les barbastelles sont les plus actives lors des nuits les plus douces ;
- l'activité de la Barbastelle est significativement ($\alpha < 0{,}01$) réduite dans des paysages urbanisés ;
- l'activité de la Barbastelle est fortement conditionnée par les habitats : elle diminue significativement ($\alpha < 0{,}01$) lorsque l'habitat principal est aquatique ou humide plutôt que boisé mais augmente, à l'inverse, quand l'habitat secondaire est, lui, aquatique.

L'analyse de l'activité de la Barbastelle d'Europe à partir de 932 nuits d'enregistrement réalisées entre 2014 et 2017 avec les micros placés à hauteur d'Homme complète les résultats des analyses conduites sur 1899 nuits d'enregistrement à toutes altitudes (de 1 m à plus de 24 m). Dans ces circonstances, l'activité de la Barbastelle reste peu dépendante des conditions météorologiques nocturnes (simplement un peu plus importante lors des nuits les plus douces) mais très déterminée par les conditions spatiales (milieux, paysages, situation géographique) ou temporelles, avec une activité croissante d'avril à septembre.

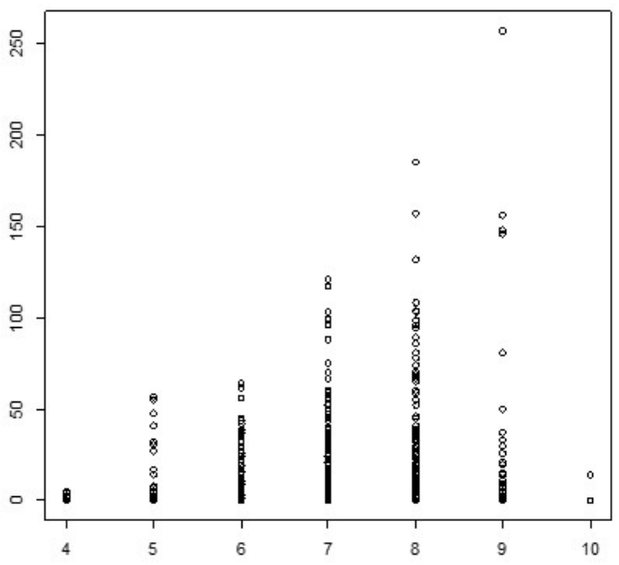


Figure 11. – Distribution de l'activité (en minutes positives de la nuit) de la Barbastelle selon les mois de la belle saison (avril à octobre)

La confrontation des résultats de nos trois analyses nous permet, finalement, d'identifier, qu'en Bretagne, l'activité de la Barbastelle :

- décroît très fortement dans les situations d'enregistrement en hauteur (au-delà de 12 mètres),
- augmente au fil de la belle saison depuis avril jusqu'à septembre,
- est peu influencée par les conditions météorologiques nocturnes (vents forts ou pluie non significativement défavorable, douceur de la nuit légèrement favorable suivant les circonstances),
- est, à l'inverse, très déterminée par des paramètres spatiaux (micro-habitats, milieux, paysages, géographie). Les barbastelles sont plus actives :
  - dans l'est et surtout au nord de la région,
  - lors d'enregistrements réalisés au niveau des lisières, ripisylves, allées et haies,
  - dans les milieux boisés, à l'inverse des espaces urbanisés ou aquatiques, bien que la présence d'un habitat aquatique secondaire demeure favorable,
  - dans des paysages à composante boisée (complexes forestiers, vallées boisées) que dans des contextes paysagers littoraux, palustres, ou surtout urbanisés.

2.e. – Référentiel d'activité de la Barbastelle en Bretagne

Grâce à nos résultats, nous avons pu construire un référentiel régional de l'activité de la Barbastelle qui exclue les biais potentiels en dehors de celui, saisonnier, qui sera représenté en abscisse. Nous avons ainsi pu établir, selon

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 46 06/03/20 09:28

la méthode des centiles, un référentiel graphique à partir de 816 enregistrements de référence conduits selon les conditions d'application suivantes : nuits complètes d'enregistrement avec moins de 2 mm de pluviométrie cumulée entre 18 et 08H, et moins de 20 km/h de vent mesuré à 23H, réalisées avec des SM2 BAT+ réglés avec un trigger de 4 ou 6 et un gain de 36 ou 48dB, et équipés de micros SMX-US positionnés à moins de 6 mètres de hauteur. Dans ces conditions, en Bretagne, le total de minutes positives de la nuit mesurée, selon le mois de l'année, permet d'apprécier le niveau d'activité de la Barbastelle pour le site concerné (*Figure 12*).

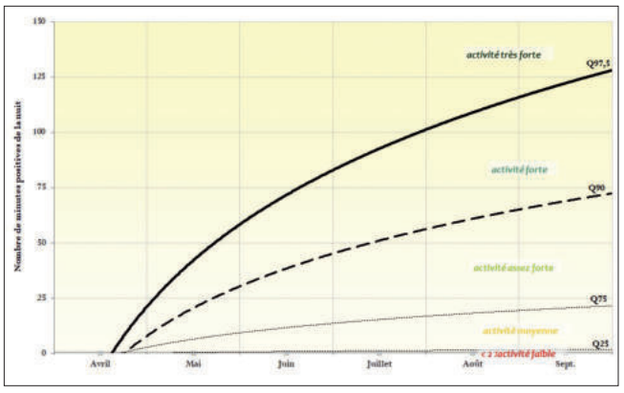


Figure 12. – Référentiel d'activité de la Barbastelle (total des minutes positives de la nuit) en Bretagne

3. – Référentiel d'activité de la Pipistrelle commune en Bretagne

L'analyse de l'activité de la Pipistrelle commune a porté sur 1045 nuits complètes d'enregistrement réalisées entre 2013 et 2016 en Bretagne dans tous types de contexte, d'habitat, de conditions…

Treize variables explicatives de l'activité de la Pipistrelle commune ont été explorées à l'aide d'un GLM de loi négative binomiale. Parmi celles-ci, cinq, non corrélées entre-elles, montrent un effet significatif sur l'activité de la Pipistrelle commune en Bretagne : la situation et la hauteur du micro, le contexte paysager, la température minimale de la nuit et la force du vent.

L'expression du modèle minimal permet donc d'identifier que :

– la situation du micro ($\alpha < 0{,}001$) et le contexte paysager ($\alpha < 0{,}001$) ont un effet significatif sur l'activité de la Pipistrelle commune, de façon variable selon leurs modalités respectives. Néanmoins, comme dans le cadre de l'établissement d'un référentiel, c'est justement la capacité d'accueil du milieu que l'on veut évaluer par rapport à une valeur absolue, il n'est pas opportun de faire un référentiel pour chaque type de situation, ou de paysage (ce qui complexifierait également à l'extrême celui-ci étant donné la dispersion de ces paramètres).
– l'activité de la Pipistrelle commune décroît très significativement ($\alpha < 0{,}05$) et très fortement dans les situations d'enregistrement en hauteur, au-delà de 3 mètres de haut (*Figure 13*) ;

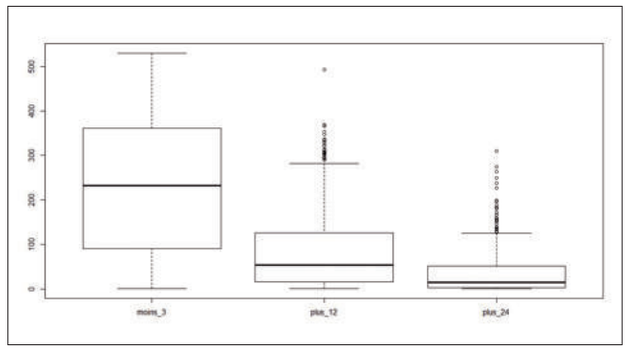


Figure 13. – Distribution de l'activité (en minutes positives de la nuit) de la Pipistrelle commune selon la hauteur du micro

– le vent (vitesse mesurée à 23H00) a un effet significatif ($\alpha < 0{,}001$) négatif sur l'activité de la Pipistrelle commune. Cet effet semble être marqué de manière assez binaire (*Figure 14*) avec un seuil à 20 km/h en deçà duquel l'activité ne semble pas fortement affectée. Considérant cela, et pour simplifier l'établissement des niveaux d'activité de référence, nous émettrons comme condition d'application du référentiel que la vitesse du vent mesurée à 23H00 soit inférieure à 20 km/h ;

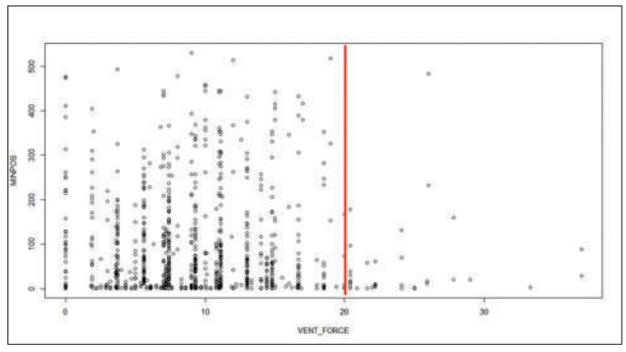


Figure 14. – Distribution de l'activité (en minutes positives de la nuit) de la Pipistrelle commune selon la vitesse du vent mesurée à 23H00

– la température minimale de la nuit a un effet significatif ($\alpha < 0{,}001$) positif sur l'activité de la Pipistrelle commune (*Figure 15*).

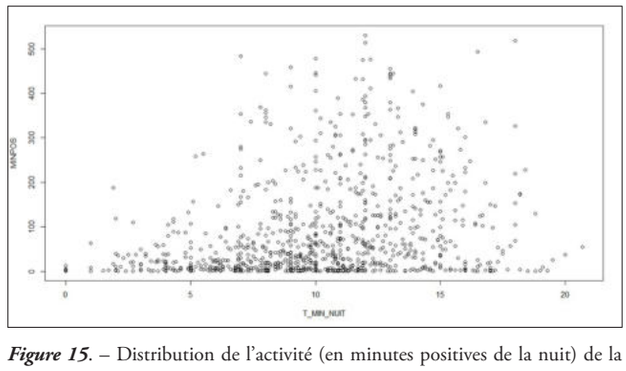


Figure 15. – Distribution de l'activité (en minutes positives de la nuit) de la Pipistrelle commune selon la température minimale de la nuit

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 47 06/03/20 09:28

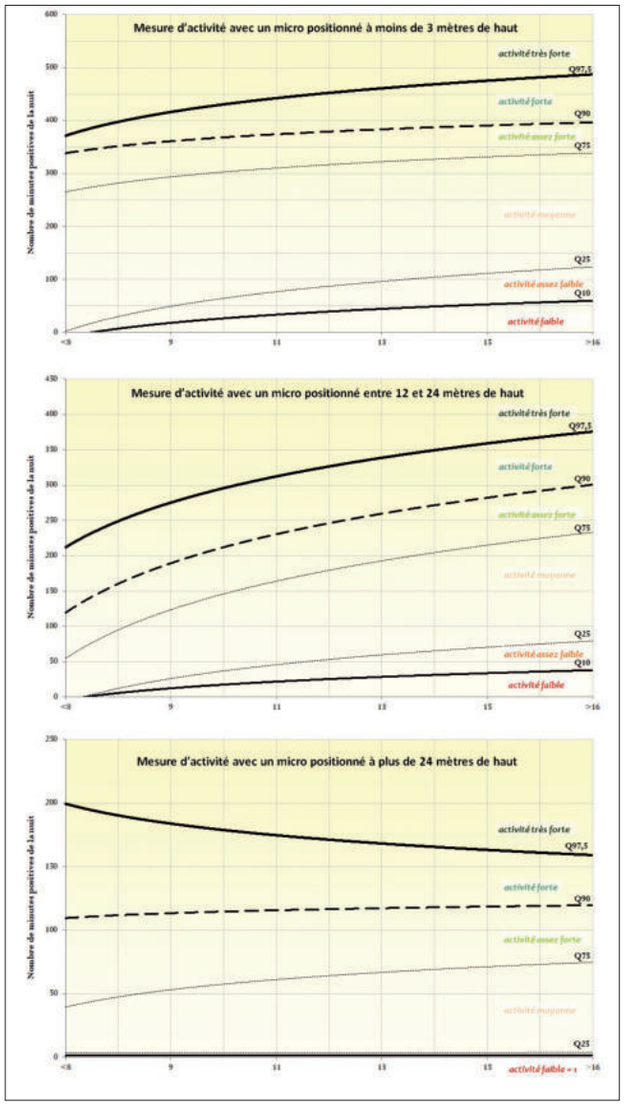


Figure 16. – Référentiel d'activité de la Pipistrelle commune (total des minutes positives de la nuit) en Bretagne à différentes hauteurs d'enregistrement, selon la température nocturne minimale

Grâce à ces résultats, nous pouvons proposer un référentiel régional de l'activité de la Pipistrelle commune, construit selon la méthode des centiles, avec les conditions d'applications suivantes : nuits complètes d'enregistrement avec moins de 2 mm de pluviométrie cumulée entre 18H00 et 08H00, et moins de 20 km/h de vent mesuré à 23H00, réalisées avec des SM2 BAT+ réglés avec un trigger de 4 ou 6 et un gain de 36 ou 48dB, et équipés de micros SMX-US. Dans ces conditions, en Bretagne, le total de minutes positives de la nuit, selon la hauteur d'enregistrement et la température minimale de la nuit, permet d'apprécier le niveau d'activité de la Pipistrelle commune pour le site concerné (*Figure 16*).

4. – Référentiel d'activité des groupes acoustiques de chauves-souris en Bretagne

Afin de construire un outil permettant d'évaluer la qualité du cortège chiroptérologique d'un site donné à partir d'enregistrements de l'activité acoustique nocturne durant des nuits entières, les facteurs, autres que stationnels (longitude, latitude, emplacement du micro, habitats et contexte paysager), dont l'influence est révélée par nos précédents résultats, comme la hauteur du micro ou certaines conditions météorologiques, devront être pris en compte. Pour ce faire, nous construirons ce référentiel à partir d'un sous-ensemble de nuits de référence « stéréotypées » vis-à-vis de ces facteurs, c'est-à-dire peu ou pas marquées par des variations de ceux-ci. Associés à nos caractéristiques de matériel et de réglages des enregistreurs, ces critères de filtre du jeu de données déterminent les conditions d'applications du référentiel régional d'activité acoustique avec des enregistrements réalisés :

- en Bretagne (historique) durant des nuits complètes ;
- à l'aide de SM2 BAT+ équipés de microphones SMX-US placés à moins de 3 mètres de hauteur, et réglés sur un niveau de trigger de 4 ou 6 et un gain de 36 dB ou 48 dB ;
- lors de nuits suffisamment belles, c'est-à-dire avec une pluviométrie cumulée entre 20H00 et 08H00 de moins de 2 mm et une vitesse de vent mesurée à 23H00 inférieure à 20 km/h.

Ces conditions d'application nous permettent de sélectionner 816 nuits de référence à partir desquelles nous construisons le référentiel selon la méthode des centiles (*Tableau III*). L'activité est mesurée en cumul des minutes positives de la nuit entière par groupe acoustique « valide » (c'est-à-dire considérée comme fiable à 90 ou 95 %, *Tableau II*). En effet, à ce stade du développement des logiciels d'identification automatique et de recueil d'enregistrements dans notre base de données, nous ne disposons pas encore d'un jeu de données à l'espèce suffisamment fiable en termes d'identification et assez important en nombre total de minutes positives (notamment pour les espèces rares) pour construire un référentiel spécifique suffisamment robuste.

Centiles	BARBAR	ENVSP	MYOSP	PIP35	PIP50	PLESP	RHISP
25	1	1	1	1	27	1	1
75	37	9	36	46	347	10	5
90	57	16	85	88	406	17	10
97,5	87	24	175	110	443	25	18

Tableau III. – Seuils d'activité des groupes acoustiques[6] en minutes positives totales de la nuit pour différents centiles de 816 nuits d'activité de référence

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 48 06/03/20 09:28

Afin de visualiser les différentes classes d'activité de l'ensemble des groupes acoustiques selon les seuils définis (*Tableaux I et III*), nous avons construit un profil d'activité chiroptérologique en utilisant un graphique en radar qui permet de figurer une « courbe » des niveaux d'activité de l'ensemble des groupes acoustiques. Deux exemples de profils, très éloignés, sont présentés dans la *Figure 17* à titre d'exemple.

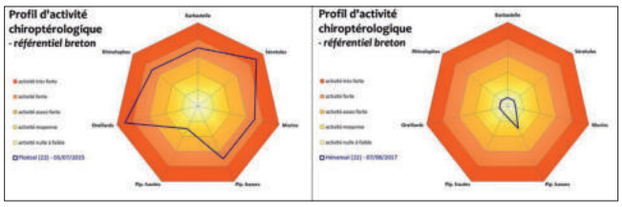


Figure 17. – Deux exemples de profil d'activité chiroptérologique d'après le référentiel breton

Discussion

Pourquoi donc, la Barbastelle se plaît-elle en Bretagne ?

Mais avant tout, est-ce que la Barbastelle se plaît réellement en Bretagne ?

Bien que la démographie bretonne de la Barbastelle ne soit pas établie du fait de gîtes principalement arboricoles qui rendent caduque toute estimation d'effectif basée sur des dénombrements de colonies, plusieurs indices tendent bien à confirmer que cette chauve-souris est au moins fréquente dans la région, si ce n'est plus fréquente en Bretagne que dans bien d'autres régions françaises.

Lors de l'élaboration de la méthodologie nationale de hiérarchisation des sites à chiroptères, le groupe d'experts mobilisé avait, par exemple, donné une responsabilité régionale plus forte à tout l'ouest de la France au motif que l'espèce était plus fréquemment contactée dans cet « arc atlantique » qu'à l'est du pays [Tapiero, 2013]. Dans l'Atlas des mammifères de Bretagne [Simonnet, 2015], la Barbastelle est la troisième espèce la plus capturée et la cinquième la plus détectée par sonométrie durant la période 2005-2014, ce qui en fait une des espèces les plus fréquentes de la région après les Pipistrelles commune et de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*), la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) et le Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*). Des résultats préliminaires des circuits Vigie-Chiro [Bas *et al.*, 2018] montrent, enfin, que l'activité de la Barbastelle, modélisée à partir de suivis acoustiques conduits depuis 2006 en France, est plus importante dans le quart nord-ouest, et notamment en Bretagne, qu'ailleurs en France hormis en Corse et dans le Limousin (*Figure 18*).

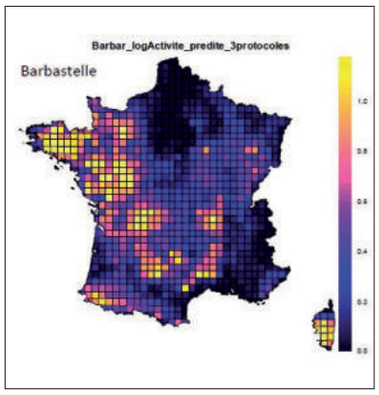


Figure 18. – Carte de l'activité de la Barbastelle modélisée en France à partir des suivis Vigie-Chiro, extraite de BAS *et al.*, 2018.

La Barbastelle apparaît donc relativement fréquente en Bretagne, au contraire d'autres espèces de chauves-souris qui, davantage attirées par les étés secs et chauds, plus propices à un foisonnement d'insectes, dédaignent notoirement la région.

Nos résultats illustrent qu'en Bretagne, la Barbastelle est active quand le biotope lui est favorable, même lorsque les conditions météorologiques sont médiocres. En effet, les analyses des enregistrements passifs collectés et archivés dans notre base de données, permettent d'établir que son activité, bien que soumise, comme chez les autres chauves-souris, à la météo nocturne, n'est que peu influencée par celle-ci en comparaison d'autres facteurs tels que la saison, ou les caractéristiques du site (emplacement, milieu et contexte paysager). La Barbastelle s'accommode donc plutôt bien de conditions défavorables à d'autres espèces, à la belle saison, dès lors que l'espace et la période lui sont favorables. Le crachin fréquent, la fraîcheur sensible ou le léger vent qui caractérisent si bien les nuits d'été de la région ne seraient donc pas un frein conséquent à l'activité de la Barbastelle qui trouve, par contre en Bretagne, une mosaïque d'habitats boisés et bocagers propice à son épanouissement !

Les habitats identifiés comme favorables à l'activité de la Barbastelle en Bretagne, correspondent bien aux milieux de vie de l'espèce déjà notés dans la littérature. A large échelle, les paysages ruraux hétérogènes et arborés (bocage, vallées boisées, complexes forestiers) sont plus propices à la Barbastelle que les espaces urbanisés (ou palustres et littoraux dans une moindre mesure), comme le notent Sierro [2003], Greenaway [2004], Arthur & Lemaire [2009] et Zeal *et al.* [2012]. Les milieux ouverts (étendues d'eau, zones herbacées ouvertes) sont moins fréquentés que les espaces arborés (parcs et jardins, et surtout bocage et boisements). Ceci est d'autant plus vrai que les éléments du paysage utilisés par la Barbastelle se situent à une échelle plus fine, au niveau d'écotones tels que les haies, lisières, allées ou ripisylves conformément au caractère d'espèce de lisière arborée déjà noté dans la bibliographie [Rachwald, 2001 ; Greenaway, 2004 ; Arthur & Lemaire, 2009 ; Rideau & Bonjean, 2014].

6 BARBAR = Barbastelle d'Europe ; ENVSP = Sérotines et Noctules spp. ; MYOSP = Murins spp. ; PIP35 = Pipistrelles basses (Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius) ; PIP50 = Pipistrelles hautes (Pipistrelle commune et pygmée et Minioptère de Schreibers) ; PLESP = Oreillards spp. ; RHISP = Rhinolophes spp.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 49 06/03/20 09:28

Concernant les déterminants géographiques de l'activité de la Barbastelle en Bretagne, ils pourraient trouver leurs explications dans un possible effet péninsule pour la longitude, ou encore dans des facteurs climatiques (exposition aux vents dominants, moyenne et amplitude thermiques annuelles) correspondant à ce tropisme de l'activité vers le nord et l'est de la région [Dubos, non publié].

Enfin, en ce qui concerne la saisonnalité de l'activité, nous ne pouvons, à ce stade, qu'émettre des hypothèses pour expliquer l'activité croissante du printemps à l'automne, déjà observé pour d'autres espèces par plusieurs auteurs ailleurs en Europe [Staton & Poulton, 2012 ; Amorim *et al.*, 2012]. L'émancipation des jeunes de l'année à partir d'août pourrait, par exemple, expliquer en partie une activité accrue par une plus forte abondance. Les besoins physiologiques de l'allaitement chez les femelles puis de la constitution des réserves de graisse brune avant l'hibernation pourraient également induire une activité d'alimentation croissante en été et en automne. Bien qu'espèce non migratrice à proprement parler, la Barbastelle montre des déplacements saisonniers encore largement inexpliqués [Hutterer *et al.*, 2005 ; Arthur & Lemaire, 2009] qui pourraient aussi induire un accroissement de l'activité, avec des individus plus mobiles et donc, plus souvent sujets à croiser nos micros. Enfin, en lien avec l'hypothèse précédente, une saisonnalité de la ressource alimentaire (microlépidoptères) dans certains milieux pourrait également déplacer l'activité des barbastelles dans des espaces où elles sont plus et mieux détectées.

Des référentiels d'activité pour mieux protéger les chauves-souris.

L'arrivée des détecteurs passifs depuis environ une décennie dans le monde de la chiroptérologie a ouvert la possibilité, jusque-là restreinte par la disponibilité humaine d'une pratique de détection active des ultrasons, d'inventaires et de suivis acoustiques des chauves-souris durant des nuits entières. Cette opportunité a logiquement été saisie par la plupart des chiroptérologues, et les résultats d'études basées sur une mesure d'activité acoustique par enregistrements passifs se sont multipliés, notamment dans le cadre d'études d'impact.

Néanmoins, si l'intérêt de ce matériel est certain, et si la quantité d'information collectée est réellement conséquente, la technique ne fait pas tout, et l'interprétation de ces nuits d'enregistrement pose toujours question. En effet, dans la quasi-totalité des travaux d'enregistrements passifs que nous avons conduits jusque-là (2018), et des résultats d'études d'impact réalisées en Bretagne qu'il nous a été donné de voir, une mise en perspective fiable de la mesure d'activité relative à ces enregistrements n'est pas proposée. Si l'on compare souvent les niveaux d'activité entre espèces ou groupes détectés ou entre sites d'une zone d'étude, la qualification « dans l'absolu » de l'activité mesurée n'est pratiquement jamais réalisée, ou alors d'une manière obscure ou très vague qui n'est pas satisfaisante. Alors qu'il est demandé à des gestionnaires d'espaces naturels ou à des services instructeurs de baser leurs décisions sur ces inventaires, il ne leur est pas fourni de traduction objective de nos mesures d'activité quant à l'intérêt et la capacité d'accueil du milieu pour les chauves-souris… le serpent se mord la queue.

Si la construction de référentiels d'activité s'avère donc indispensable, encore faut-il avoir un jeu de données suffisant pour ce faire. C'est ce que permettent de construire des études dédiées [Haquart, 2013], des programmes structurés d'ampleur comme Vigie-Chiro [Kerbiriou *et al.*, 2006], ou une certaine standardisation des enregistrements passifs réalisés de manière plus opportuniste comme ceux compilés au sein de la base de données élaborée par le GMB. Par exemple, Bas [2018] propose un référentiel d'activité basé sur les mesures d'activité réalisées en France dans le cadre du protocole Vigie-Chiro. En Bretagne, les presque 2000 nuits d'enregistrement compilées entre 2013 et 2017, nous permettent de disposer d'un jeu de données de référence assez large pour certaines analyses, mais encore insuffisant pour d'autres. En effet, la représentativité du jeu de données vis-à-vis de l'ensemble des situations possibles d'enregistrement est assez satisfaisante comme le montrent nos résultats (localisation, disposition, période, paysage, conditions météorologiques…), mais encore toutefois un peu fragile pour des paramètres très diversifiés tels que les habitats que nous devons rassembler en classes plus grossières que celles relevées sur le terrain par exemple. Par ailleurs, si pour les espèces les plus communes et/ou les plus simples à déterminer par l'acoustique, le nombre de séquences collectées permet d'évaluer la fiabilité de l'identification acoustique à l'espèce (Pipistrelle commune, Barbastelle) et donc de réaliser des analyses et construire des référentiels à ce niveau taxonomique, pour d'autres comme les murins, les oreillards ou les rhinolophes, la quantité de matériel collecté au bout de 5 années n'est toujours pas suffisante pour analyser les activités spécifiques de manière robuste, et nous devons donc en rester aux groupes acoustiques.

Les perspectives sont donc nombreuses pour compléter, améliorer, et diversifier nos analyses des mesures d'activité et en tirer des référentiels toujours plus précis, et consistants. En effet, le jeu de données de référence va croître à mesure que nous continuons de compiler les enregistrements passifs réalisés de manière standardisée dans la région. Une seconde version de ce référentiel d'activité par groupe acoustique encore plus représentative de toute la diversité des conditions météorologiques ou stationnelles pourra bientôt être proposée et mise à disposition de la communauté sous une forme plus pratique que le présent article (mise en ligne d'un générateur de profil en « radar » à l'étude), avant, pourquoi pas, d'envisager ensuite un référentiel d'activité qui sera cette fois spécifique.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 50 06/03/20 09:28

Conclusion

Les travaux d'analyse des enregistrements passifs d'ultrasons réalisés en Bretagne entre 2013 et 2017 permettent de vérifier pour la région, que la « *Barbastelle est active même par temps humide et frais* » [Arthur & Lemaire, 2009]. C'est d'ailleurs certainement une des raisons de sa fréquence dans la péninsule, en plus d'y rencontrer un paysage mixte, mosaïque de milieux arborés et ouverts riche de lisières et de haies où l'espèce est particulièrement active.

L'activité croissante constatée chez la Barbastelle d'avril à septembre ou vers le nord et l'est de la région n'est pas aussi certainement expliquée, les causes pourraient en être des facteurs climatiques ou biologiques comme la physiologie, la démographie, des mouvements saisonniers, ou encore de disponibilité de la ressource alimentaire.

Cette étude de l'activité bretonne de la Barbastelle a été permise par le choix du GMB de standardiser ses relevés passifs d'ultrasons, et de compiler, non pas les seules occurrences d'espèces, mais bien la totalité des séquences enregistrées de manière opportuniste en Bretagne et en Loire-Atlantique dans une base de données dédiée. Cette démarche d'archivage permet de disposer d'un jeu de données conséquent (près de 2000 nuits d'activité enregistrées dans un large spectre de milieux, de périodes, de localisations, de conditions météorologiques) qui peut être le support de bien d'autres analyses. Nous avons, par exemple, pu explorer les déterminants de l'activité de la Pipistrelle commune en Bretagne, et en déduire un référentiel d'activité régional non biaisé par la hauteur de l'enregistrement, la vitesse du vent ou la pluviométrie nocturne qui affectent significativement cette activité.

Nous avons également étudié les effets de la durée de la nuit, ou des conditions d'enregistrement (météo, réglages et disposition du matériel) sur l'activité de l'ensemble du peuplement chiroptérologique afin d'en déduire les facteurs de variabilité autres que la capacité d'accueil du milieu. Des conditions d'application d'une mesure d'activité en Bretagne non biaisée ont ainsi pu être déterminées : enregistrements réalisés lors de nuits entières peu pluvieuses (moins de 2 mm cumulés) et peu venteuses (moins de 20 km/h à 23H00) à l'aide de détecteurs SM2 BAT+ réglés avec un trigger de 4 ou 6 et un gain de 36 ou 48 dB et équipés de micros SMX-US déportés à hauteur d'homme. Enfin, 816 nuits d'enregistrement de référence répondant à ces conditions ont été sélectionnées afin de construire un référentiel pour l'ensemble des groupes acoustiques qui permet de visualiser clairement le profil de l'activité du cortège chiroptérologique dans le site expertisé.

Remerciements

Je remercie tout d'abord tous les participants aux opérations de déploiement et de relevé des SM2, qui ont apporté l'indispensable concours à la collecte de toutes ces données depuis 2013, ainsi que mes valeureux collègues (souffre-douleurs) qui ont su, avec une patience infinie, supporter l'extrême rigueur (pour ne pas dire rigidité, voire même implacabilité) qui fut imposée aux conditions de mise en œuvre des enregistrements et de relevé des informations : Josselin Boireau, Morgane Caudan, Nicolas Chenaval, Célia Colin, Guillaume Duthion, Delphine Even, Thomas Le Campion, Arnaud Le Houédec, Marie Le Lay, Yoann Prioul, Meggane Ramos, Jean-Marc Rioualen, Franck Simonnet.

Merci à Célia Colin aussi, pour avoir travaillé à l'élaboration de la base de données en 2014 qui nous permet aujourd'hui d'obtenir tous ces résultats.

Ma gratitude va ensuite à Christian Kerbiriou, du MNHN, qui a bien voulu donner de son temps en 2016 pour amorcer les procédures d'analyses et autres scripts R qui deviendront, deux ans plus tard, les résultats présentés ici. Et merci aussi à Yves Bas, qui participa à nos premiers échanges et qui reste toujours disponible pour nos questions de matériel ou d'échantillonnage acoustique.

J'ai également une pensée pour Michel Barataud, qui nous a ouvert à tous les oreilles au monde ultrasonore des chauves-souris et dont l'enseignement est tous les jours précieux.

Je remercie également l'Office National des Forêts et au Centre Régional de la Propriété Forestière de Bretagne pour leur appui à la mise en œuvre des enregistrements en forêt, et particulièrement Guy Le Rest et Pierre Brossier.

Merci à Franck, Geoffrey, Josselin, Meggane et Nicolas pour leur précieuse relecture.

Je remercie, enfin, les partenaires financiers qui ont soutenu et soutiennent les actions d'inventaire, de suivi, ou d'étude à l'occasion desquelles ont été collectés tous ces enregistrements : la DREAL de Bretagne, la Région Bretagne, les Départements des Côtes d'Armor, du Finistère, d'Ille et Vilaine, de Loire-Atlantique et du Morbihan, le Conservatoire du Littoral, l'Institut d'Aménagement de la Vilaine, l'Association de mise en valeur des sites naturels de Glomel, les Communautés de Communes de Lamballe Communauté, Lannion-Trégor Communauté, Paimpol-Goëlo, et du Val d'Ille, et les Villes de Saint-Brieuc, de Rennes et de Vannes.

Références bibliographiques

Amorim F., Rebelo H. & Rodrigues L., 2012. - Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica*, 14 (2) : 439-457.

Arthur L. & Lemaire M., 2009. – *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Biotope, Mèze ; Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 544 p.

Barataud M., 2012. – *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitat et comportements de chasse.* Biotope, Mèze ; Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 344 p.

Barataud M., 2018. – *Ecologie acoustique des chiroptères.* Michel Barataud, Recherche et études en Bioacoustique. <http://ecologieacoustique.fr>.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 51 06/03/20 09:28

Bas Y., 2018. - *Référentiels d'activité des protocoles Vigie-Chiro*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. <www.vigienature.fr/fr/page/documentations-identification-acoustique>.

Bas Y., Kerbiriou C., Marmet J., Azam C., Le Viol I. & Julien J.F., 2018. - Des nouvelles de Vigie-Chiro ! *XVII^e rencontres « Chauves-souris » de la SFEPM*. Muséum de Bourges. 16-18 mars 2018, Bourges, France.

Dubos T. (coord.), 2016. – *Observatoire des chauves-souris de Bretagne – bilan final*. Groupe Mammalogique Breton, Sizun ; Bretagne Vivante, Brest, 18 p.

Greenaway F., 2004. – *Advices for the management of flightlines and foraging habitats of the barbastelle bat Barbastella barbastellus*. English Nature Research Reports, 657, 29 p.

Haquart A., 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, 99 p.

Hutterer R., Ivanova T., Meyer-cords C. & Rodrigues L., 2005. - *Bat Migrations in Europe, a review of banding data and literature.* Federal Agency for Nature Conservation, Bonn. 162 p.

Kerbiriou C., Julien J.F., Ancrenaz K., Gadot A.S., Loïs G., Jiguet F. & Julliard R., 2006. - Suivi des espèces communes, après les oiseaux ... les chauves-souris ? *XI^e rencontres « Chauves-souris » de la SFEPM*. Muséum de Bourges. 18-19 mars 2006, Bourges, France.

R Core Team, 2017. - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.

Rachwald A., 2001. - Barbastelle *Barbastella barbastellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in bats community of Bialowieza primeval forest (eastern Poland). *Proceedings of the VIIIth EBRS 2*: 133-141.

Rideau C. & Bonjean C., 2014. - Ecologie de la Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) étudiée par radiopistage en Basse-Normandie Quels enjeux de conservation dans l'ouest de la France ? *XV^e rencontres « Chauves-souris » de la SFEPM*, Muséum de Bourges. 14-16 mars 2014, Bourges, France.

Sierro A., 2003. – Habitat use, diet and food availability in a population of *Barbastella Barbastellus* in a Swiss alpine valley. *Nyctalus*, 8 (6) : 670-673.

Simonnet F. (coord.), 2015. - *Atlas des Mammifères de Bretagne*. Locus Solus, Châteaulin, 304 p.

Staton T. & Poulton S., 2012. – Seasonal variation in bat activity in relation to detector height: a case study. *Acta Chiropterologica*, 14 (2) : 401-408.

Tapiero A., 2013. – *Guide méthodologique de hiérarchisation des sites protégés et à protéger à Chiroptères*. Fédération des Conservatoires d'Espaces naturels, Besançon, 13 p.

Zeal M., Davidson-Watts I. & Jones G., 2012. – Home ranges use and habitat selection by barbastelle bats (*Barbastella barbastellus*) : implications for conservation. *Journal of Mammalogy*, 93 (4) : 1110-1118.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 52 06/03/20 09:28

Analyse de l'activité des chiroptères en fonction des conditions météorologiques et de sa répartition au cours de la nuit

Marie LABOURÉ, Pierre PAPON, Thomas GIRARD, Michaël LEROY & Kevin MARTINEZ

ENCIS Environnement
Parc d'Ester Technopole
21 rue Columbia, 87068 Limoges Cedex
marie.laboure@encis-ev.com

Résumé. - Trois années d'études sur mâts de mesures météorologiques à différentes hauteurs réparties sur 18 sites représentatifs du grand centre ouest de la France, ont permis d'acquérir des jeux de données conséquents. Ces derniers permettent l'étude de la répartition des chiroptères en fonction des conditions météorologiques et de sa répartition au cours de la nuit. Dans cet article, les thématiques de températures et de vitesses de vent sont étudiées ainsi que les répartitions de différents groupes d'espèces au cours de la nuit en fonction de la hauteur d'enregistrement, et enfin la répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien.

Mots-clés. - Chiroptères, température, vitesse de vent, altitude, cycle circadien, acoustique.

Introduction

Différentes variables influencent l'activité chiroptérologique : les conditions météorologiques, l'altitude et l'heure de la nuit conditionnent la présence de chauves-souris. L'influence de la température sur la présence de chiroptères est particulièrement controversée dans la bibliographie. Des articles concluent à une corrélation positive de ces deux variables [Redell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.,* 2007 ; Baerwald & Barclay, 2011], alors que d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant sur les chauves-souris [Kerns *et al.*, 2005 ; Horn *et al.*, 2008]. Arnett *et al.* en 2006 démontrent que l'activité des chiroptères au-dessus de 44 m n'apparaît pas comme affectée par les températures. Sur les conditions de vitesses de vent, la validation de l'influence de cette variable semble aussi complexe. Certaines espèces, à l'exemple des noctules, robustes de par leur taille et leur vol puissant, apparaissent comme peu influencées par des conditions telles que la vitesse de vent [Arthur & Lemaire, 2015]. Enfin, des articles présentent des répartitions différentes au cours de la nuit en fonction du groupe d'espèces voire de l'espèce. Les pipistrelles, noctules et sérotines sont considérées comme des espèces crépusculaires et sont remplacées peu à peu au cours de la nuit par des espèces plus nocturnes à l'instar des barbastelles, murins et oreillards [Barataud, 2012]. D'autres études suggèrent un regain d'activité à l'aube [Swift, 1980]. Les noctules, et plus particulièrement la Noctule commune, affichent ce second pic d'activité en fin de nuit [Kronwitter, 1988 ; Rachwald, 1992 ; Kaňuch & Krištín, 2007 ; Arthur & Lemaire, 2015]. D'un point de vue de la répartition altitudinale, les différents groupes d'espèces de chauves-souris se répartissent selon un gradient assez sectorisé comme l'illustrent Collins & Jones [2009] et Sattler & Bontadina [2005].

Matériels et méthodes

Le jeu de données est composé de 114 044 données chiroptérologiques et 686 347 données météorologiques nocturnes. Ces données sont enregistrées sur un mât de mesures à différentes altitudes et saisons de 2015, 2016 ou 2017. Elles sont issues de 18 sites d'inventaire dont 17 % sont des milieux forestiers, 22 % des milieux céréaliers et 61 % des milieux bocagers. Les sites sont répartis sur six départements : la Charente, le Cher, la Creuse, la Dordogne, la Haute-Vienne, l'Indre et la Vendée. Les saisons sont réparties pour le printemps du 1/03 au 31/05, pour l'été du 1/06 au 15/08 et pour l'automne du 16/08 au 31/10.

Collecte et analyse des sons

Le matériel utilisé est composé d'enregistreurs automatiques d'ultrasons de type SM2Bat et SM4Bat munis de micros déportés à 15 m, 45 m et 75 m selon les sites. Les écoutes débutent 30 min avant le coucher du soleil et s'arrêtent 30 min après le lever. Les données sont récupérées sur les sites d'étude mensuellement. Par la suite, l'ensemble des données est converti à l'aide du logiciel Kaleidoscope (© Wildlife Acoustics), puis analysé par le logiciel Sonochiro ® (Biotope, France), permettant d'obtenir des indices de confiance de 0 à 10 par identification. Une vérification par un chiroptérologue de ces indices, à l'aide du logiciel Batsound ® (Pettersson Elektronik, Sweden), est ensuite mise en place afin d'avoir des proportions de groupes d'espèces ou d'espèces les plus représentatives possible.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 53 06/03/20 09:28

Attribution des données météorologiques et horaires

Suite à la validation des pistes sonores de chiroptères, les données de vitesse de vent et de température sont associées à chaque son. Parallèlement, les horaires en fonction du coucher et du lever du soleil de chaque localité sont associés à chaque contact de chauves-souris.

Composition des groupes d'espèces

Les groupes d'espèces désignés pour cette étude sont :
- les barbastelles et oreillards : Barbastelle d'Europe, Oreillard gris et Oreillard roux ;
- les murins ;
- les noctules : Noctule de Leisler et Noctule commune ;
- les pipistrelles : Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl et Pipistrelle de Nathusius ;
- les sérotines : Sérotine commune et Sérotine bicolore.

Analyses menées sur le jeu de données
- Mise en parallèle des vitesses de vent et des températures nocturnes et de l'activité des chiroptères. Ces graphiques sont constitués d'histogrammes des occurrences de données météorologiques associés aux contacts chiroptérologiques cumulés.
- Répartition des contacts de chiroptères au cours de la nuit en fonction des saisons et des mensualités. Le nombre de contacts de chiroptères est réparti en fonction du temps écoulé après le coucher du soleil et de la saison ou du mois de son observation. Sur l'analyse mensuelle des repérages sur les pics d'activité ont été mis en place afin d'observer l'évolution de ces derniers au fil du temps.
- Répartition des contacts en fonction des groupes d'espèces au cours de la nuit. Ces résultats prennent la forme de courbes par groupes d'espèces réparties en fonction du temps écoulé après l'heure de coucher du soleil.
- Répartition des contacts de chiroptères en fonction du cycle circadien. Ces répartitions sont représentées par des cartes de chaleur réalisées via le logiciel R (package GGplot et Density). Ce gradient de chaleur est basé sur des densités de points, chaque point représentant un contact de chiroptère.

Limites de l'étude

Au cours de cette étude certaines limites sont apparues :
- la fiabilité des identifications : le temps d'analyse ne permettant pas la vérification de l'intégralité des sons (mais au moins des principaux indices de confiance délivrés par Sonochiro ® via Batsound ®), la quasi-totalité des résultats sont présentés par groupe d'espèces ;
- les résultats sont des observations sans validation statistique. Les tendances observées restent intéressantes de par l'importance du jeu de données présenté dans cet article ;
- la localité des sites d'études : cette analyse est plutôt représentative du centre-ouest de la France et ne sera pas forcément transposable à l'échelle de l'aire biogéographique ;
- a localisation des mâts de mesures : la majorité des sites étudiés est représentative du milieu bocager. Cependant, l'intégralité des mâts étant installée au sein de zones ouvertes, les lisières se situent à au moins 100 m des dispositifs.

Résultats

Mise en parallèle de la vitesse de vent nocturne et de l'activité chiroptérologique

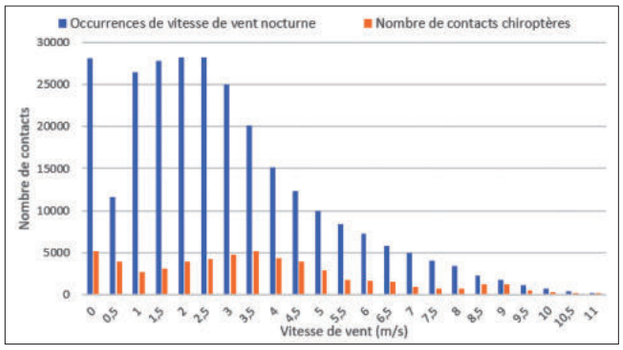


Figure 1. – Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la vitesse de vent

L'activité chiroptérologique représentée en orange est répartie sur l'ensemble des conditions de vent disponibles. Une légère « sélection » des vents plus faibles entre 0 et 3,5 m/s se dessine avec les maximums de contacts de chiroptères répertoriés dans cette tranche. A noter la présence de chiroptères au-dessus de 9 m/s soit 35 km/h.

Mise en parallèle de la température nocturne et de l'activité chiroptérologique

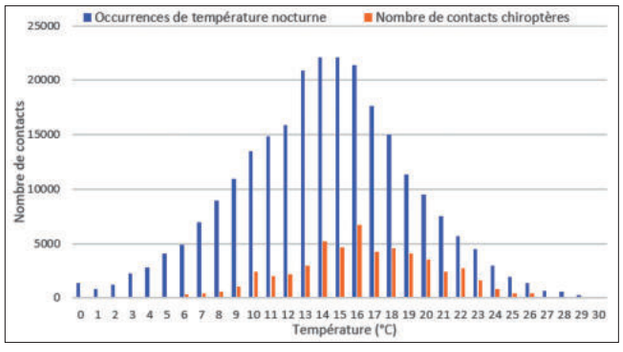


Figure 2. – Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction de la température

La répartition des contacts de chiroptères sur la courbe des occurrences de températures nocturnes affiche une « préférence » pour les températures entre 10°C et 22°C avec un décalage observé entre les deux histogrammes. Le maximum de contacts enregistrés se situe à 16°C.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 54 06/03/20 09:28

Répartition du nombre de contacts de chiroptères au cours de la nuit en fonction des saisons

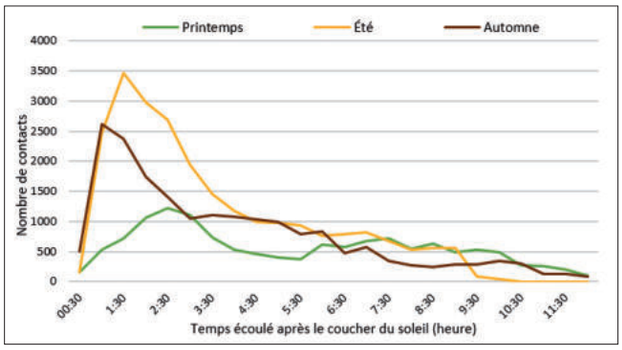


Figure 3. – Répartition des contacts de chiroptères au cours de la nuit en fonction des saisons

Les trois saisons affichent des courbes avec chacune leurs particularités. Au printemps, les contacts sont plutôt bien répartis au cours de la nuit avec un léger pic d'activité 2h30 après le coucher du soleil, suivi d'un maintien du nombre de contacts jusqu'en fin de nuit. En été, le nombre de contacts enregistrés augmente fortement avec un maximum 1h30 après le coucher du soleil. La courbe diminue ensuite progressivement jusqu'à l'aube. Enfin, en automne, l'activité atteint son maximum 1h après le coucher du soleil, s'ensuit une phase de diminution du nombre de contacts jusqu'à 2h30 après le coucher du soleil, une stabilisation de 3h puis un effondrement progressif de l'activité jusqu'à l'aube.

Répartition du nombre de contacts de chiroptères au cours de la nuit en fonction de la mensualité

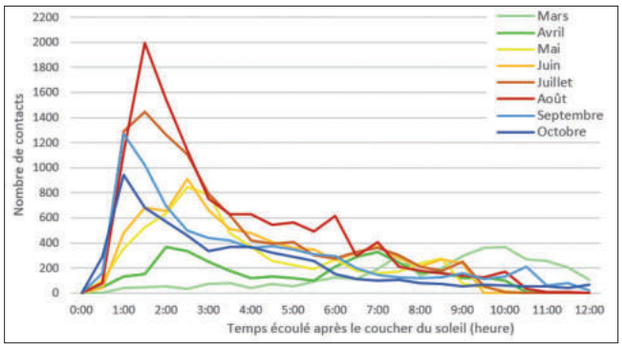


Figure 4. – Répartition des contacts de chiroptères au cours de la nuit en fonction de la mensualité

Si l'on observe la répartition des contacts de façon mensuelle, plusieurs variations se dessinent.

Lors des mois de mars et avril, l'activité s'étend tout au long de la nuit et avec un maximum d'activité en fin de nuit pour le mois de mars et 2h après le coucher du soleil pour le mois d'avril.

Les mois de mai et juin affichent un schéma différent avec un pic du nombre de contacts 2h30 après le coucher du soleil suivi d'une activité moindre mais qui se maintient jusqu'à l'aube.

Les mois suivants, juillet et août, montrent les maximums de contacts observés au cours du cycle complet. Le pic d'activité est plus tôt que les mois précédents, 1h30 après le coucher du soleil et la courbe diminue rapidement jusqu'à 3h puis progressivement jusqu'en fin de nuit.

Enfin, en septembre et octobre, le maximum de contacts est atteint seulement 1h après le coucher du soleil et est suivi d'une diminution plus lente que les autres mois jusqu'à l'aube.

Ce graphique illustre ainsi un décalage du pic d'activité chiroptérologique vers le début de nuit.

Répartition des contacts en fonction des groupes d'espèces au cours de la nuit

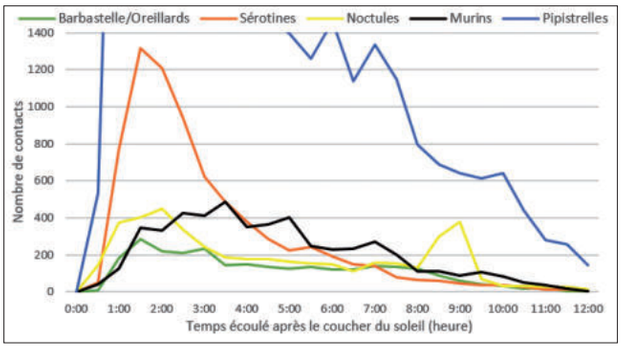


Figure 5. – Répartition des contacts de chiroptères par groupe d'espèces au cours de la nuit

La répartition des groupes d'espèces est variable au cours de la nuit. Les pipistrelles affichent les maximums d'activité en début de nuit puis une chute progressive jusqu'à l'aube (la courbe de ce groupe est tronquée pour plus de lisibilité). Les sérotines reproduisent le même schéma mais avec un nombre de contacts moindre. Les barbastelles et oreillards montrent un comportement plutôt stable tout au long de la nuit. Ce phénomène est aussi observé pour les murins avec une courbe plus en dents de scie au cours de la nuit.

Les noctules sont quant à elles les seules à dessiner deux pics d'activité, un premier en début de nuit et un second en fin de nuit.

Pour affiner ces premiers résultats sur les groupes d'espèces, ces derniers ont fait l'objet d'une analyse différenciée en fonction des différentes altitudes.

Résultat obtenu à 15 m.

A 15 m, les mêmes types de résultats se dessinent au cours de la nuit (*Figure 6*).

Résultat obtenu à 45 m

A 45 m, une disparition quasi totale des groupes des barbastelles, oreillards et murins est à noter (*Figure 7*). Les pipistrelles maintiennent un pic en début de nuit suivi d'une chute forte. Les sérotines montrent un pic d'activité plus négligeable suivi d'une forte baisse dès 3h30 après le coucher du soleil. Les noctules illustrent aussi, à cette altitude, les deux pics de contacts précédemment obser-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 55 06/03/20 09:28

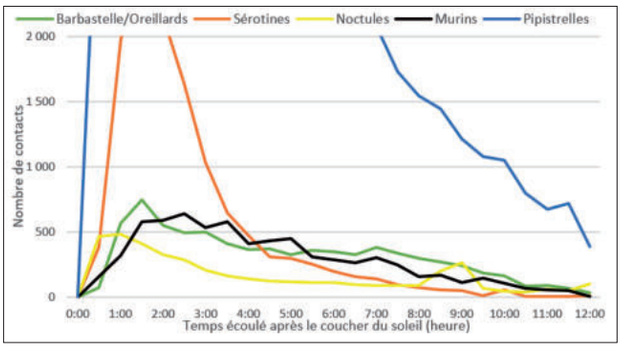


Figure 6. – Répartition des contacts de chiroptères par groupe d'espèces à 15 m au cours de la nuit

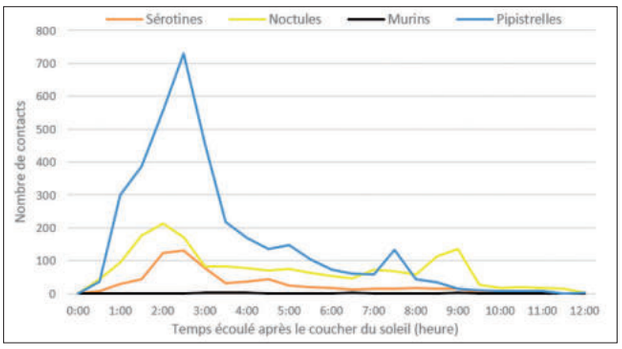


Figure 7. – Répartition des contacts de chiroptères par groupe d'espèces à 45 m au cours de la nuit

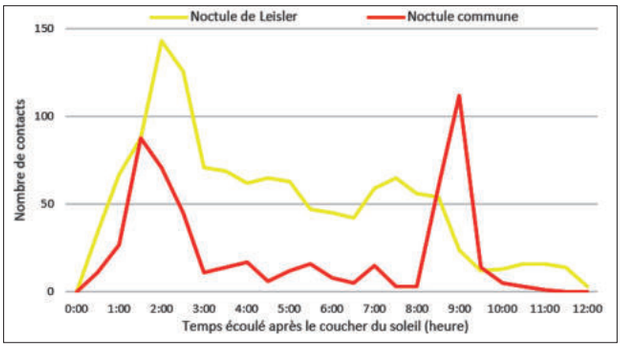


Figure 8. – Répartition des contacts de noctules à 45 m au cours de la nuit

vés. Les données obtenues à cette altitude le permettant, une analyse plus fine a été menée sur les deux espèces de noctules.

Ainsi, le graphique ci-dessus affiche (*Figure 8*) que la Noctule commune est l'espèce à l'origine du deuxième pic observable en fin de nuit. Cette espèce montre aussi, entrecoupé entre les deux pics d'activité, un effondrement presque total de son nombre de contacts entre 3h et 8h après le coucher du soleil. Au contraire, la Noctule de Leisler affiche une activité stable sur ces horaires puis une chute abrupte au moment du regain d'activité de la Noctule commune.

Résultat obtenu à 75 m

A 75 m, un autre schéma se dessine. Les pipistrelles et noctules affichent des pics d'activité élevés en début de nuit (les courbes sont tronquées pour plus de lisibilité). Sur l'ensemble des groupes d'espèces détectés à 75 m (pipistrelles, noctules, sérotines) un regain d'activité secondaire est observable en fin de nuit.

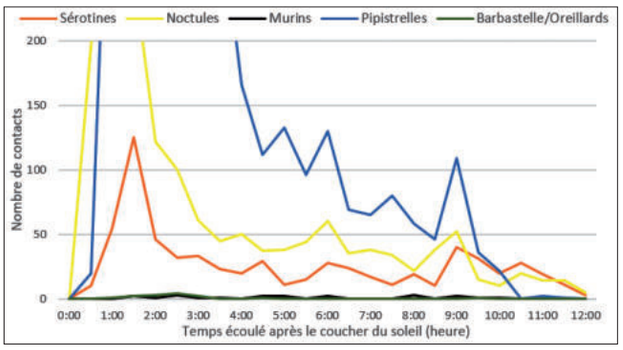


Figure 9. – Répartition des contacts de chiroptères par groupe d'espèces à 75 m au cours de la nuit

Répartition des contacts de chiroptères en fonction du cycle circadien

Les densités de points sur le cycle complet d'étude montrent une activité plutôt concentrée en fin de nuit pour le mois de mars suivi d'une bonne répartition de l'activité tout au long de la nuit de fin avril à août. Quelques points chauds sont observables :

- en première moitié de nuit de mai à octobre ;
- le plus marqué en début de nuit en août ;
- en début de nuit entre septembre et octobre.

Pour affiner ces premiers résultats sur ces cartes de chaleurs, ces derniers ont fait l'objet d'une analyse différenciée en fonction des différentes hauteurs d'enregistrement.

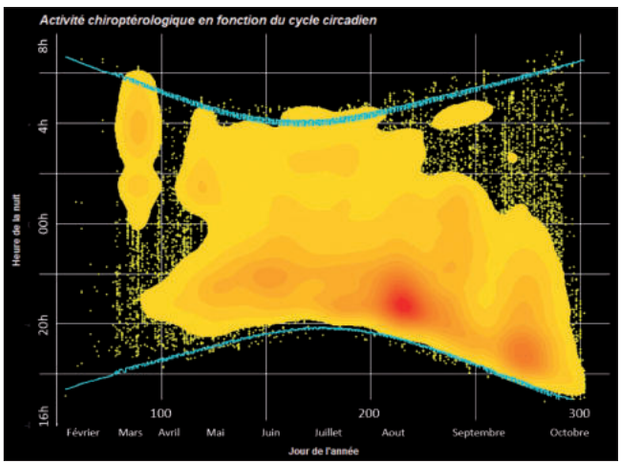


Figure 10. – Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 56 06/03/20 09:28

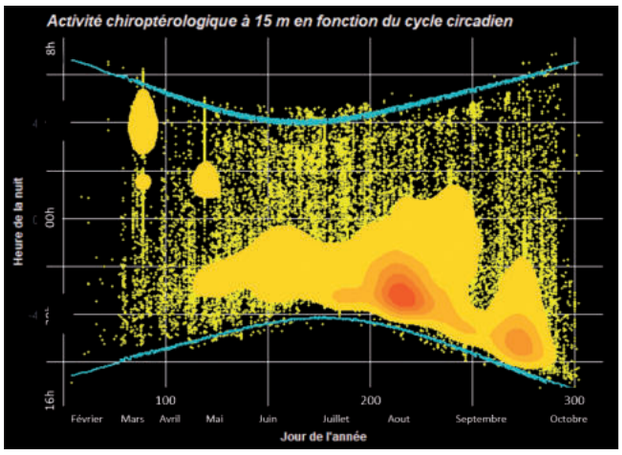


Figure 11. – Répartition de l'activité chiroptérologique à 15 m en fonction du cycle circadien

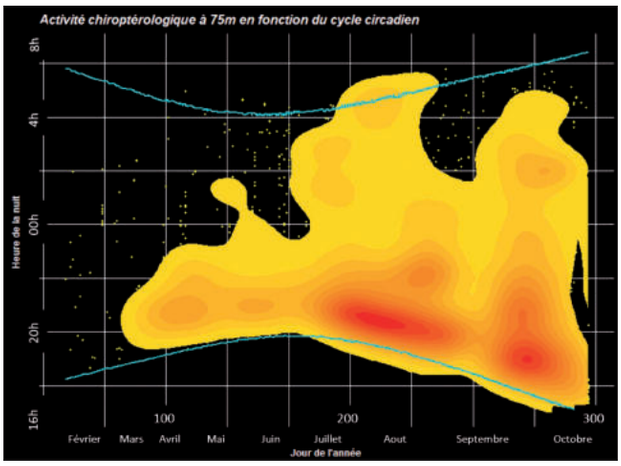


Figure 13. – Répartition de l'activité chiroptérologique à 75 m en fonction du cycle circadien

Résultat obtenu à 15 m.

Les résultats à 15 m, affichent un pic en fin de nuit sur le mois de mars, suivie d'une concentration d'activité dans la première moitié de la nuit de mai à octobre. Deux zones de chaleur sont observables en début de nuit de juillet à fin août et de manière plus légère au cours du mois de septembre.

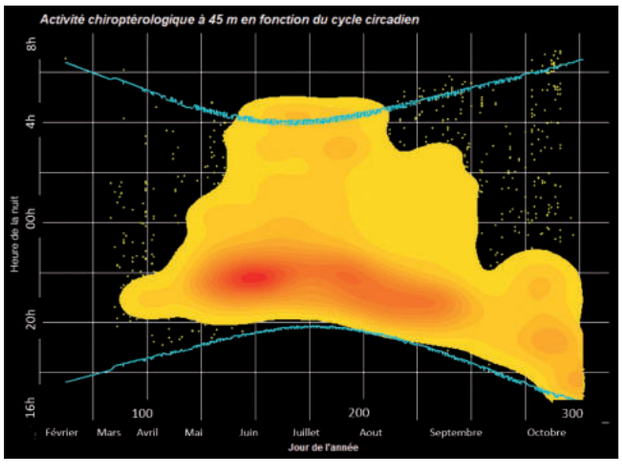


Figure 12. – Répartition de l'activité chiroptérologique à 45 m en fonction du cycle circadien

Résultat obtenu à 45 m

A 45 m la répartition est différente. De mars à avril une faible densité de points est observable hormis quelques heures après le coucher du soleil. L'activité est présente tout au long de la nuit de mai à septembre. Juin, juillet et août affichent une concentration de l'activité après le lever du soleil. Lors des mois de septembre et octobre l'activité a lieu dans la première moitié de la nuit. Un point chaud s'étend dans les premières heures de la nuit de mai à fin aout.

Résultat obtenu à 75 m

La répartition des contacts chiroptérologiques à cette hauteur se concentre dans la première moitié de la nuit de mars à juin, sur l'intégralité de la nuit de fin juin à début août, puis de septembre à octobre. De mi-juin à octobre, l'activité des chauves-souris s'amorce avant le coucher du soleil et sur le mois de juillet elle s'étend après le lever du soleil. Deux points chauds ressortent sur ce graphique :

- dans les premières heures de la nuit de mi-juillet à fin août ;
- de septembre à octobre plus étendu jusqu'aux trois quarts de la nuit.

Conclusions et discussions

Plusieurs tendances sont observées dans cette étude.

Dans un premier temps, l'influence des conditions météorologiques (vent et température) sur le nombre de contacts chiroptérologiques. Deux légères tendances sont observables avec une « préférence » des chauves-souris pour les vitesses de vent assez faibles (0 à 3,5 m/s) et des températures plutôt élevées (10 à 22° C). Ces résultats ont été cités dans plusieurs publications à l'exemple de Horn *et al.* [2008], Silva [2009], Behr *et al.* [2011], Brinkmann *et al.* [2011], Amorim *et al.* [2012] ou encore Limpens *et al.* [2013]. Cependant, il existe des variabilités d'adaptation aux conditions météorologiques en fonction des espèces [Dürr, 2007 ; Seiche *et al.*, 2007 ; Arnett *et al.*, 2011 & 2013], des sites [Arnett *et al.*, 2008 ; Rydell *et al.*, 2010a ; Limpens *et al.*, 2013], des régions [Dubourg-Savage *et al.*, 2011 ; Niermann *et al.*, 2011 ; Georgiakakis *et al.*, 2012] et des années [Bach & Niermann, 2011 & 2013 ; Limpens *et al.*, 2013]. Ces variations inter-spécifiques, inter-sites, inter-regionales et inter-annuelles complexifient la compréhension des variables influençant l'activité des chauves-souris mais valident aussi une adaptation aux conditions disponibles comme l'illustrent nos résultats.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 57 06/03/20 09:28

La répartition des contacts au cours de la nuit en fonction des saisons et des mois a permis d'observer que les chiroptères sont plus « plastiques » au printemps et on le note plus en mars et avril où les chauves-souris chassent tout au long de la nuit avec un maximum de contacts en mars, en fin de nuit. Ce phénomène peut se justifier en partie par le peu de « bonnes » conditions disponibles à cette saison et la sortie d'hibernation des chauves-souris nécessitant un nourrissage particulièrement important et ainsi une tolérance aux conditions moins favorables à l'activité des espèces étudiées.

Les mois de mai et juin sont une phase de transition entre la période printanière et estivale. Un pic d'activité en début de nuit commence à être nettement observable 2h30 après le coucher du soleil et le nombre de contacts reste notable tout au long de la nuit. Cette période correspond aussi aux installations des premières colonies de mise-bas et d'élevage des jeunes. Ainsi, les chauves-souris commencent à se disperser à proximité de leur gîte (la distance dépendant des mœurs spécifiques) afin de pouvoir effectuer des allers-retours à la colonie pour des nourrissages des jeunes au cours de la nuit [Kapfer & Aron, 2007]. De plus, Russ *et al.* [2003] démontrent une indépendance de plusieurs espèces de chauves-souris aux conditions de température à partir du mois de juin, ce qui tend à valider qu'il s'agit d'une période charnière notamment pour les pipistrelles et les noctules.

La période estivale, et particulièrement juillet et août affichent les activités chiroptérologiques maximales au cours de l'année avec un fort pic d'activité 1h30 après le coucher du soleil. Le nombre de contacts diminue ensuite progressivement au cours de la nuit. Cette forte activité correspond certainement à l'envol des jeunes de leurs colonies, créant ainsi une augmentation du nombre de chauves-souris fréquentant les sites [Whitaker, 1998 ; Gerell-Lundberg *et al.*, 1994]. Cette phase est aussi une période d'apprentissage pour les jeunes auprès des adultes ce qui explique l'augmentation en un même point du nombre de contacts.

Enfin, la période automnale, et notamment les mois de septembre et octobre, montre un pic d'activité 1h après le coucher du soleil, avec un maintien durant 3h au cours de la nuit. Cette période du cycle des chiroptères est une phase transitoire. Les chauves-souris préparent leurs réserves de nourriture, réalisent des déplacements migratoires entre les gîtes estivaux et hivernaux [Hedenström, 2009] et les regroupements de swarming se concentrent à cette période.

La répartition des différents groupes d'espèces au cours de la nuit a permis d'observer des comportements caractéristiques pour certains d'entre eux.

Ainsi, les pipistrelles sont les espèces qui montrent le plus de contacts sur l'ensemble de l'année et de la plage altitudinale étudiée.

Les sérotines affichent une courbe d'activité similaire à celle des pipistrelles avec un nombre de contacts moins élevé. Les barbastelles, oreillards et murins montrent une activité répartie tout au long de la nuit. Une seconde similarité pour ces espèces est la concentration de leur activité jusqu'à la canopée. Ce cantonnement altitudinal est conditionné par leur morphologie, avec des ailes plutôt larges et courtes [Norberg & Rayner, 1987], et leur système d'écholocation, avec des hautes fréquences, courtes durées et faibles intensités [Russ, 1999 ; Parsons & Jones, 2000], permettant ainsi à ces espèces une forte manœuvrabilité et une très bonne détection du milieu environnant [Collins & Jones, 2009]. Ces espèces affichent quelques différences puisque si les barbastelles et oreillards montrent une activité stable et linéaire au cours de la nuit, les murins affichent des nombres de contacts en dents de scie.

Les noctules dessinent une courbe relativement différente des autres espèces, quelle que soit la hauteur d'écoute. En effet, les deux pics d'activité en début et fin de nuit sont caractéristiques d'une espèce en particulier, la Noctule commune. Ce phénomène a été relaté par Arthur & Lemaire [2015] comme un comportement de chasse typique de l'espèce avec quelques fois un troisième pic d'activité en milieu de nuit [Rachwald, 1992 ; Kronwitter, 1988].

A 75 m, l'ensemble des groupes d'espèces présents affiche un pic secondaire en fin de nuit. Ce résultat laisse à penser à un retour au gite en augmentant la hauteur de vol pour les pipistrelles, sérotines et noctules [Rodrigues *et al.*, 2008].

Cette étude permet d'illustrer une stratification altitudinale des espèces. Tous les groupes d'espèces sont bien représentés à 15 m. A 45 m, les pipistrelles et sérotines sont dominantes et les barbastelles, oreillards et murins sont quasiment inexistants. Enfin, à 75 m, les pipistrelles et noctules dominent par le nombre de contacts et les sérotines représentent alors le troisième groupe d'espèce. Les barbastelles, oreillards et murins restent toujours quasiment absents. Les groupes d'espèces dominants à partir de 45m présentent des comportements proches de « glaneurs de plein air » et sont tous caractérisés par de longues ailes étroites et des spécificités écholocatives similaires, leur permettant d'évoluer en altitude [Hull & Cawthen, 2013 ; Rydell *et al.*, 2010]. La présence d'activité de chasse chez ces espèces, à une altitude allant jusqu'à 90 m, a été démontré par Sattler & Bontadina [2005] en France, en parallèle Alhen *et al.* [2007] démontrait le record dans les hauteurs de chasse pour la Noctule commune à 1 200 m.

Les résultats de répartition des contacts chiroptérologiques en fonction du cycle circadien permettent d'avoir une vision sur l'activité chiroptérologique au cours de la nuit et en fonction de l'altitude.

Sur l'ensemble du jeu de données, plusieurs conclusions sont notables. La présence d'activité est marquée du milieu à la fin de la nuit au mois de mars. Ce résultat pourrait être lié à des déplacements plus tardifs dans la nuit, notamment chez la Pipistrelle de Nathusius, comme

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 58 06/03/20 09:28

semblent le montrer des prémisses de résultats en ce sens de Le Campion & Dubos [2017]. Les deux points de chaleurs semblent corrélés avec deux phases du cycle chiroptérologiques connues pour leurs activités marquées. Il pourrait s'agir pour fin juillet à août de l'émancipation et l'apprentissage des jeunes [Rachwald, 1992] et pour septembre-octobre des déplacements liés au swarming ou à la migration entre les sites d'été et d'hiver. Chez la Noctule de Leisler le mois de juillet apparaît comme une phase transitoire dans l'activité de l'espèce avec une augmentation du nombre de contacts détectés selon McAney & Fairley [1990].

A 15 m les résultats sont similaires mais majoritairement concentrés dans la première moitié de la nuit, ce qui correspond aux maximums d'activités chiroptérologiques.

A 45 m, des tendances différentes semblent se dessiner. L'activité est répartie dans la première moitié de la nuit, de mars à début mai et de septembre à octobre, alors que de mai à fin août elle s'étend tout au long de la nuit jusqu'après le lever du soleil. Ce résultat est certainement lié aux phases intenses de nourrissage des adultes afin de subvenir aux besoins de leurs petits. Ce regroupement d'activité est certainement corrélé à l'accessibilité aux insectes qui semblent montrer la plus forte biomasse en début de nuit [Erkert, 1982 ; Barclay, 1991]. A cette altitude le point de chaleur maximale se situe de mi-mai à mi-juin ce qui correspond à l'installation des colonies dans leurs gites estivaux avant la mise-bas [Dietz *et al.,* 2009 ; Kapfer & Aron, 2007].

A 75 m, la répartition apparaît encore bien différente. Ainsi en altitude, de mars à juin, l'activité se concentre dans la première moitié de la nuit. Puis, à partir de juillet, le nombre de contacts s'étend d'avant le coucher à après le lever du soleil jusqu'en août, ce qui souligne un besoin de nourrissage important pouvant être lié à l'émancipation des jeunes et à leur apprentissage. Il a été mis en évidence que lors des premières phases de chasse des jeunes, ces derniers restent à proximité de leur gîte augmentant ainsi le nombre de chauves-souris sur les territoires de chasse [Dietz *et al.,* 2009]. Une deuxième zone de forte activité se situe en septembre-octobre et s'étend sur une grande partie de la nuit, correspondant ainsi à la dispersion des colonies, aux périodes de swarming [Hutterer, 2005 ; Bauer, 1960] et aux phases plus intenses de chasse pour préparer les réserves hivernales [Dietz *et al.*, 2009]. Le swarming est une période où les chauves-souris réalisent de multiples allers-retours au cours de la nuit entre différentes cavités ainsi que des vols de poursuites et des comportements sociaux [Dietz *et al.*, 2009 ; Bauer, 1960].

Si l'on compare ces trois résultats en fonction des hauteurs d'écoute, un schéma intéressant semble se dégager.

- Au printemps, l'activité se concentre en deuxième partie de nuit à 15 m et en première partie de nuit en hauteur : les espèces se déplaceraient-elles en altitude en début de nuit avant d'aller chasser plus près de la végétation en fin de nuit ?

- En été, l'inverse semble se produire. L'activité se concentre en première moitié de nuit à 15 m alors qu'elle est présente tout au long de la nuit à 45 m et 75 m, allant même jusqu'à s'étendre avant le coucher et après le lever du soleil. Les déplacements de départ et de retour au gîte semblent aussi se passer en altitude (bien au-dessus de la canopée) avec à cette période de l'année une activité de chasse répartie à différentes hauteurs [Sattler & Bontadina, 2005 ; Alhen *et al.*, 2007].

- En automne, à 15 m et 45 m, l'activité est centralisée en première moitié de nuit alors qu'à 75 m cette dernière s'étend d'avant le coucher du soleil à la presque fin de nuit. A cette hauteur, il serait envisageable qu'il s'agisse de déplacements de plus ou moins longue distance dans le cadre des sites de swarming ou des migrations vers les gîtes hivernaux. Plusieurs références bibliographiques corroborent les comportements de vols en altitude lors des déplacements de longue distance comme les migrations. En effet, Cryan *et al.* [2014] montrent des vols en altitude avec des comportements de déplacements à vue et l'utilisation des courants d'air. Johnson *et al.* [2003] et Erickson *et al.* [2011] démontrent des émissions sonars réduites en migration ce qui valide des couloirs de vol en milieux dégagés, soit en plein ciel [Holzhaider *et al.*, 2001, Aulagnier *et al.*, 2005].

Ainsi, plus le cours de l'année avance, plus l'altitude semble être exploitée par les chiroptères.

Perspectives de l'étude :

Plusieurs questions restent en suspens à l'issue de cette première analyse :

- existe-t-il des seuils statistiques pour les conditions météorologiques et l'activité des chiroptères ?

- quelle est l'influence de l'habitat environnant des sites étudiés sur l'activité et la répartition des groupes d'espèces ?

- quels sont les comportements de chaque espèce (notamment les espèces connues pour être migratrices) plutôt que d'un groupe d'espèces ?

Remerciements

Cette étude n'aurait pas pu être réalisée sans la confiance des porteurs de projets avec lesquels nous travaillons, qui nous ont laissés exploiter leurs données à des buts de recherche scientifique.

Références bibliographiques

Alhen I., Bach L., Baagoe H.J. & Pettersson J., 2007. - *Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia.* Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency, Report 5571, p.36.

Amorim F., Rebelo H. & Rodrigues L., 2012. - Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica,* 14 (2) : 439-457.

Arnett E.B., 2006. - A preliminary evaluation on the use of dogs to recover bat fatalities at wind energy facilities.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 59 06/03/20 09:28

Wildlife Society Bulletin, 34 (5) : 1140-1145.

Arnett E.B., Barclay R.M. & Hein C.D., 2013. - Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11 : 171–171. doi:10.1890/15409295-11.4.171 & 2013a.

Arnett E.B., Brown W.K., Erickson W.P., Fiedler J., Hamilton B.L., Henry T.H., Jain A., Johnson G.D., Kerns J., Koford R.R., Nicholson C.P., O'Connell T., Piorkowski M. & Tankersley R., 2008. - Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management,* 72 (1) : 61 -78.

Arnett E.B., Huso M.M.P., Reynolds D.S. & Schirmacher M., 2007. - Patterns of preconstruction bat activity at a proposed wind facility in northwest Massachusetts. *An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative*. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA, 35 p.

Arnett E.B., Huso M.M., Schirmacher M.& Hayes J.P., 2011. - Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (4) : 209– 214.

Arthur L. & Lemaire M., 2015. - *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Deuxième édition. Mèze, Biotope / Paris, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.

Aulagnier S., 2005. - France. In : Hutterer R., Ivanova T., Meyer-Cords C. & Rodrigues L. : Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 28 : 41-43.

Bach L. & Niermann I., 2011 & 2013. - *Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel. Überprüfung des Abschaltalgorithmus.* Bericht 2012. Unpubl.report to PNE Wind AG, 28 p.

Baerwald E.F. & Barclay R.M.R., 2011. - Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. *The Journal of Wildlife Management*, 75 : 1103-1114.

Barataud M. & Giosa S., 2012. - *Biodiversité des chiroptères et gestions forestières en Limousin : rapport*. Groupe Mamm. Herpéto. Limousin, Limoges, 32 p.

Barclay R.M.R., 1991. - Population Structure of Temperate Zone Insectivorous Bats in Relation to Foraging Behaviour and Energy Demand. *Journal of Animal Ecology*, 60 (1) : 165-178.

Bauer K., 1960. - Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Österreich). *Bonner zoologische Beiträge,* 11 (2-4) : 141-344.

Behr O., Brinkmann R., Niermann I. & Korner-Nievergelt F., 2011. - Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In Brinkmann R., Behr O., Niermann I. & Reich M. (Hrsg.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum*, 4 : 177-286.

Brinkmann R., Behr O., Niermann I. & Reich M., 2011. - *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. Umwelt und Raum 4. 457 p.

Collins J. & Jones G., 2009. - Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterologica,* 11 (2) : 343-350.

Cryan P.M., Gorrensen P.M., Hein C.D., Schirmacher M.R., Diehl R.H., Huso M.M., Hayman D.T.S., Fricker P.D., Bonaccorso F.J., Johnson D.H., Hesit. H. & Dalton D.C., 2014. - Behavior of bats at wind turbines. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* doi: 10.1073/pnas.1406672111.

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, Paris, France. 400 p.

Dubourg-Savage M. J., Rodrigues L., Santos H., Georgiakakis P., Papadatou E., Bach L. & Rydell J., 2011. - Pattern of bat fatalities at wind turbines in Europe comparing north and south. In *Conference on Wind energy and Wildlife impacts*, Trondheim, Norway, 2-5.

Dürr T., 2007. - Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus* (N.F.), 12 (2-3) : 238-252.

Erickson W. P., Johnson G. D., Strickland M. D. & Kronner K., 2011. - *Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year.* Western EcoSystems Technology, Inc. for Umatilla County Department of Resource Services and Development, Pendleton, Oregon. 21 p.

Erkert H.G., 1982. - Ecological aspects of bat activity rhythms. In T.H. Kunz (Ed.). *Ecology of bats*. New York, Plenum Press, 201-242.

Georgiakakis P., Kret E., Cárcamo B., Doutau B., Kafkaletou-Diez A., Vasilakis D. & Papadatou E., 2012. - Bat fatalities at wind farms in north-eastern Greece. *Acta Chiropterologica,* 14 (2) : 459-468.

Gerell-Lundberg K. & Gerell R., 1994. - The mating behaviour of the pipistrelle and the Nathusius' pipistrelle (Chiroptera) - A comparison. *Folia Zoologica*, 43 (4) : 315-324.

Hedenström A., 2009. - Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90 (6) : 1298–1309.

Holzhaider J. & Zahn A., 2001. - Bats in the Bavarian Alps : species composition and utilization of higher altitudes in summer. *Mammalian Biology*, 66 (2) : 144-154.

Horn J.W., Arnett E.B. & Kunz T.H., 2008. - Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *The Journal of Wildlife Management*, 72 (1) : 123-132.

Hull C.L. & Cawthen L., 2013. - Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: Bat characteristics, and spatial and temporal patterns. *New Zealand Journal of Zoology,* 40 (1) : 5–15.

Hutterer R., Ivanova T., Meyer-Cords C. & Rodrigues L., 2005. - Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*, 28 : 3-162 + app.

Johnson G.D., Erickson W.P., Strickland M.D., Shepherd M.F. & Shepherd D.A., 2003. - Mortality of bats at a Large-scale wind power development at Buf-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 60 06/03/20 09:28

falo Ridge, Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 150 : 332-342.

Kaňuch P. & Krištín A., 2007. - Factors influencing bat assemblages in forest parks. *Ekológia* (Bratislava), 24 : 45–56.

Kapfer G. & Aron S., 2007. - Temporal variation in flight activity, foraging activity and social interactions by bats around a suburban pond. *Lutra,* 50 (1) : 9-18.

Kerns J., Erickson W.P. & Arnett E.B., 2005. - *Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia in Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines.* The Bats and Wind Energy Cooperative. E.B Arnett (ed.). Bat Conservation International, Austin, Tex : 24-95.

Kronwitter F., 1988. - Population structure, habitat use and activity patterns of the Noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, 26 : 23 -85.

Le Campion T. & Dubos T., 2017. - *Etude la migration des chauves-souris en Bretagne 2013-2016 : rapport final mai 2017.* Groupe Mammalogique Breton, 52 p.

Limpens H.J.G.A., Boonman M., Korner-Nievergelt F., Jansen E.A., Van der Valk M., La Haye M.J.J., Dirksen S. & Vreugdenhil S.J., 2013. - *Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting*. Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg. Report 2013, 12.

McAney C.M. & Fairley J.S., 1990. - Observations at summer roosts of the lesser horseshoe bat in Co Clare. *The Irish Naturalists' Journal*, 23 (1) : 1-6.

Niermann I., Brinkmann R., Korner-Nievergelt F. & Behr O., 2011. - Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (ed.): *Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen*. Umwelt und Raum 4 : 40-115.

Norberg U.M. & Rayner J.M.V., 1987. - Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B, Biological Sciences,* 316 (1179) : 335-427.

Parsons S. & Jones G., 2000. - Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. *Journal of experimental biology*, 203 (17) : 2641-2656.

Rachwald A., 1992. - Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Bialowieza Primeval Forest. *Acta Theriologica,* 37 : 413-422.

Redell D., Arnett E.B., Hayes J.P. & Huso M., 2006. - *Patterns of pre-construction bat activity at a proposed wind facility in south-central Wisconsin. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative*. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA, 52 p.

Rodrigues L., Bach L., Dubourg-Savage M.-J., Goodwin J. & Harbush C., 2008. - Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. *EUROBATS,* publication series (3). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany.

Russ J.M., 1999a. - *The bats of Britain and Ireland. Echolocation calls, sound analysis and species identification*. Newtown : Alana Books. 102 p.

Russ J.M., 1999b. - *The Microchiroptera of Northern Ireland: community composition, habitat associations and ultrasound.* Unpbl. PhD thesis, The Queen's University of Belfast.

Russ J. M., Briffa M. & 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*, 259 (3) : 289-299.

Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M-J., Green M., Rodrigues L. & Hedenström A., 2010a. - Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12 (2) : 261-274.

Rydell J., Bach L., Dubourg-Savage M-J., Green M. Rodrigues L. & Hedenström A., 2010b. - Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research*, 56 (6) : 823-827.

Sattler T. & Bontadina F., 2005. - *Bases pour l'évaluation écologique de deux secteurs d'installations éoliennes en France sur la base de la diversité et l'activité des chauves-souris*. Compte-rendu succinct, SWILD, Zürich par ordre de Megawatt Eole, Stuttgart, 23 p.

Seiche K., Endl P. & Lein M., 2007. - Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus* (N.F.), 12 (2-3) : 170-181.

Silva R., 2009. - *Effet des conditions météorologiques sur l'activité de chasse des Chiroptères*. M.N.H.N., C.R.B.P.O., 36 p.

Swift S.M., 1980. - Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology,* London, 190 : 285-295.

Whitaker J.O.Jr., 1998. - Life history and roost switching in six summer colonies of eastern pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy*, 79 (2) : 651-659.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 61 06/03/20 09:28

La Grande noctule *Nyctalus lasiopterus* aveyronnaise (secteur du Lévezou) Bilan et synthèse des connaissances sur l'écologie de populations de femelles (de juin 2012 à juillet 2017)

Lionel GACHES

Conservatoire d'Espaces Naturels - Groupe Chiroptères Midi-Pyrénées
75 Voie du Toec, 31076 Toulouse cedex 3
lga31@free.fr

Résumé. - L'article présente les résultats de six ans (juin 2012 à juillet 2017) de suivi de la colonie de mise-bas de Grandes Noctules dans le Lévezou (Aveyron). Le suivi télémétrique de plusieurs femelles a permis la découverte de 35 arbres-gîtes dans 9 bois différents, l'ensemble étant réparti sur une surface de 23 km². La très grande majorité des gites est dans des hêtres de taille relativement grande et proches des lisières des boisements. Les comptages simultanés en sortie de gîtes ont permis d'estimer la taille minimale de cette population à plus de 243 individus. Bien que difficile, la télémétrie a permis d'identifier des prairies humides, des lisières de bois, le dessus de la canopée, des ripisylves ainsi que des plans d'eau dégagés utilisés comme terrains de chasse. La période de mise-bas est entre fin mai et début juin et les premiers jeunes volants sont observés fin juillet.

Mots-clés. - Grande noctule, *Nyctalus lasiopterus*, gîte arboricole, télémétrie, gite de mise-bas, Lévézou.

Historique et méthodes

La première indication de la présence de la Grande Noctule dans l'Aveyron remonte à la capture d'un mâle en septembre 2004 [Liozon, 2004] sur la commune de Ségur. En 2010 la capture d'une femelle fin juin dans le bois de Tries, des contacts acoustiques répétés, ainsi que la découverte en 2009 de deux cadavres sous des éoliennes [Dubourg-Savage *et al.,* 2013] ont confirmé la présence régulière de l'espèce dans le Lévézou. Ces facteurs incitèrent le GCMP et le bureau d'études EXEN à améliorer les connaissances sur l'écologie de cette espèce méconnue.

Zones d'étude

La présence de gites dans l'Aveyron a été confirmée sur deux sites distants de 20 km environ :

a) le plateau du Lévézou d'une altitude moyenne de 900 mètres environ et qui culmine au Pic de Pal à 1155 m d'altitude héberge un groupe de femelles,

b) la Haute vallée du Lot, bordée de plateaux à 700 m d'altitude est exploitée par un groupe de mâles.

L'étude présentée ici concerne le site du Lévezou.

La Grande Noctule est une espèce de haut vol, difficile à capturer, car elle descend rarement près du sol. Après de nombreuses séances de capture infructueuses à l'intérieur de hêtraies, un gué sur le Viaur, dans la commune de Vézins-de-Lévézou, s'est révélé être un site d'abreuvage des Grandes Noctules. Le plan d'eau de faible profondeur, relativement calme et bordé des fragments d'une ripisylve était suffisamment dégagé pour permettre l'installation de filets de 9 m de large sur 6 m de haut (*Figure 1*).



Figure 1. – Site de capture

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 63 06/03/20 09:28

	29/06/2012	07/07/2012	28/08/2012	25/06/2013	12/07/2013	14/09/2013	07/07/2014	18/07/2014	13/06/2015	26/09/2015	21/05/2016	25/06/2016	05/08/2016	24/08/2016	17/06/2017	14/07/2017	**total**
PLEAUR															1		**1**
PIPPIP		2	2	3	2	1	1			2	3	1			3	10	**30**
PIPSPE						1					1						**2**
PIPKUH			1	1		2								1		2	**7**
PIPPYG													2				**2**
NYCLEI								1							1		**2**
MYODAU			1							1	2						**4**
EPTSER	1				4	1	1					2	4		3	2	**18**
BARBAR											1				1		**2**
NYCLAS	3	6	5	5	5	3	4	15	14	3	11	12	3	13	4	7	**113**
TOTAL	**4**	**8**	**9**	**9**	**11**	**8**	**6**	**16**	**14**	**6**	**18**	**15**	**9**	**14**	**13**	**21**	**181**

Tableau I. – Bilan des captures

C'est ce gué qui a été utilisé avec succès depuis 2012. L'étude consistait tout d'abord à capturer des individus pour les équiper d'un émetteur VHF et pouvoir les suivre jusqu'à leurs gîtes. Des émetteurs Holohil BD-2C et Biotrack PIP3 Ag393 ont été posés sur les femelles capturées. Ils étaient d'abord collés entre les omoplates, mais les Grandes noctules s'en débarrassant très facilement les émetteurs ont ensuite été placés sur des colliers, ce qui permettait un suivi de plusieurs semaines avec un focus sur les 10 premiers jours et les week-ends suivants.

Résultats de l'étude

Sur la période de juin 2012 à juillet 2017, 181 chauves-souris dont 113 Grandes Noctules ont été capturées (62,4% lors de 16 sessions de captures, voir *Tableau I*). Seuls 2 étaient des mâles non reproducteurs. La grande majorité de ces Grandes Noctules constitue un groupe de femelles qui profitent de la topographie et de la climatologie du Lévezou pour mettre bas et élever les jeunes dans la commune de Vézins-de-Lévézou.

Arbres-gîtes et boisements

Le suivi télémétrique a permis de découvrir 35 arbres-gîtes répartis sur une surface de 23km^2 dont le centre se trouve au niveau du site de capture (*Figure 2*).

Sur les 35 arbres identifiés, 30 sont des hêtres (86%), 4 des chênes en hêtraie (11%) et un frêne en bordure de route (3%). Les caractéristiques de chaque arbre-gîte ont été relevées en suivant la méthode ONF adaptée pour la SFEPM. La hauteur des gîtes est plutôt basse par rapport à la hauteur moyenne des arbres présents. Les arbres présentent un diamètre important avec une valeur médiane proche de 55 cm et la distance des arbres-gîtes à la lisière du boisement est faible (*Figure 3*).

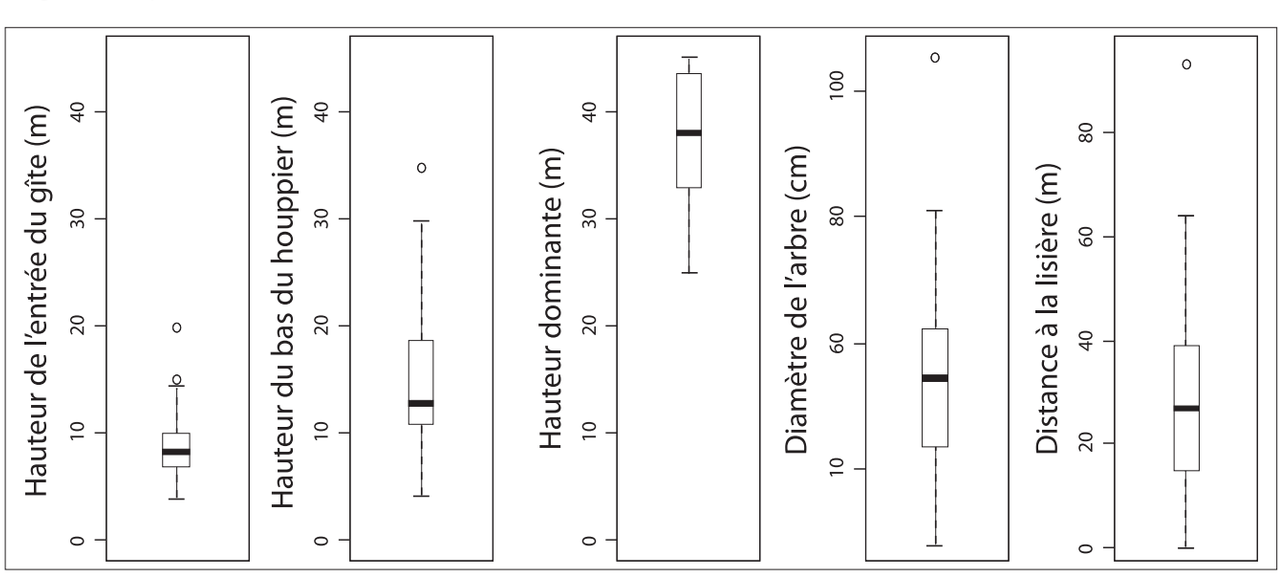


Figure 3. – Caractéristiques des arbres-gîtes

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 64 06/03/20 09:28

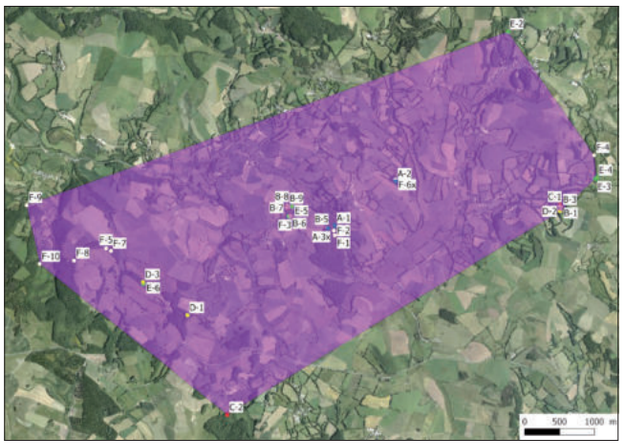


Figure 2. – Répartition des arbres-gîtes du Lévézou

A l'exception du gîte dans le frêne, les 34 autres gîtes se trouvent dans de petits boisements (29,5 ha en moyenne).

Bois	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Surface (ha)	1,3	182,2	2,3	5,9	30,7	2,3	2,5	15,1	23,9
Nombre de gites	2	5	3	2	5	6	9	1	1

Tableau II. – Boisements fréquentés

La présence avec une forte proportion de gros bois (*Figure 4*) dans les zones où sont situés les gites et une surface terrière autour de 25 m (*Figure 5*) semblent être un élément important dans la sélection des arbres-gîtes.

Taille de la population

De nombreux comptages ont permis de déterminer le nombre d'individus grâce à des comptages d'émergence simultanés dans les gites encore occupés par les femelles radio-équipées.

Les sorties de gites ont été filmées grâce à des caméras vidéos IR et les individus ont été comptés sur vidéo.

Le maximum de 243 individus dénombrés en simultané donne une idée de la taille minimale de population de Grande Noctule dans la zone de Vézins-de-Lévézou.

Emergence maximale par année					
Date	01/06/2013	11/07/2014	20/06/2015	13/08/2016	15/07/2017
Nombre	83	>74	237	243	176
N gîtes en simultané	1	3	2	2	2

Tableau III. – Bilan des comptages simultanés

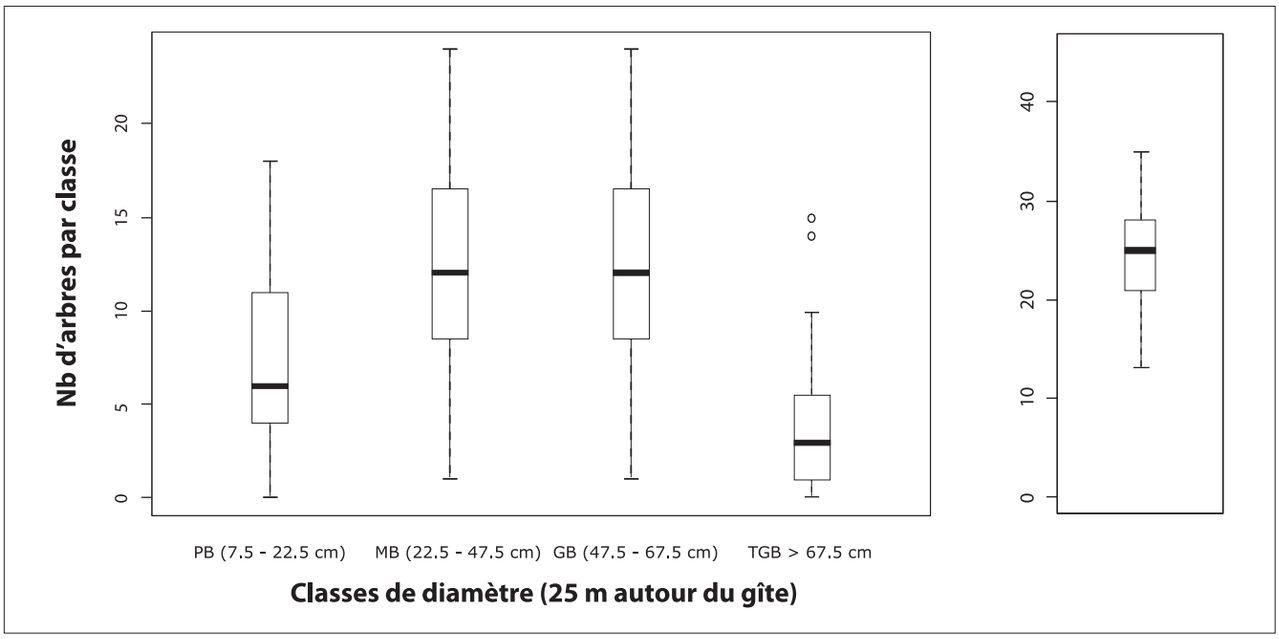


Figure 4. – Classification en fonction des diamètres dans le cadre réglementaire et prescriptions techniques

Figure 5. – Surface terrière estimée

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 65 06/03/20 09:28

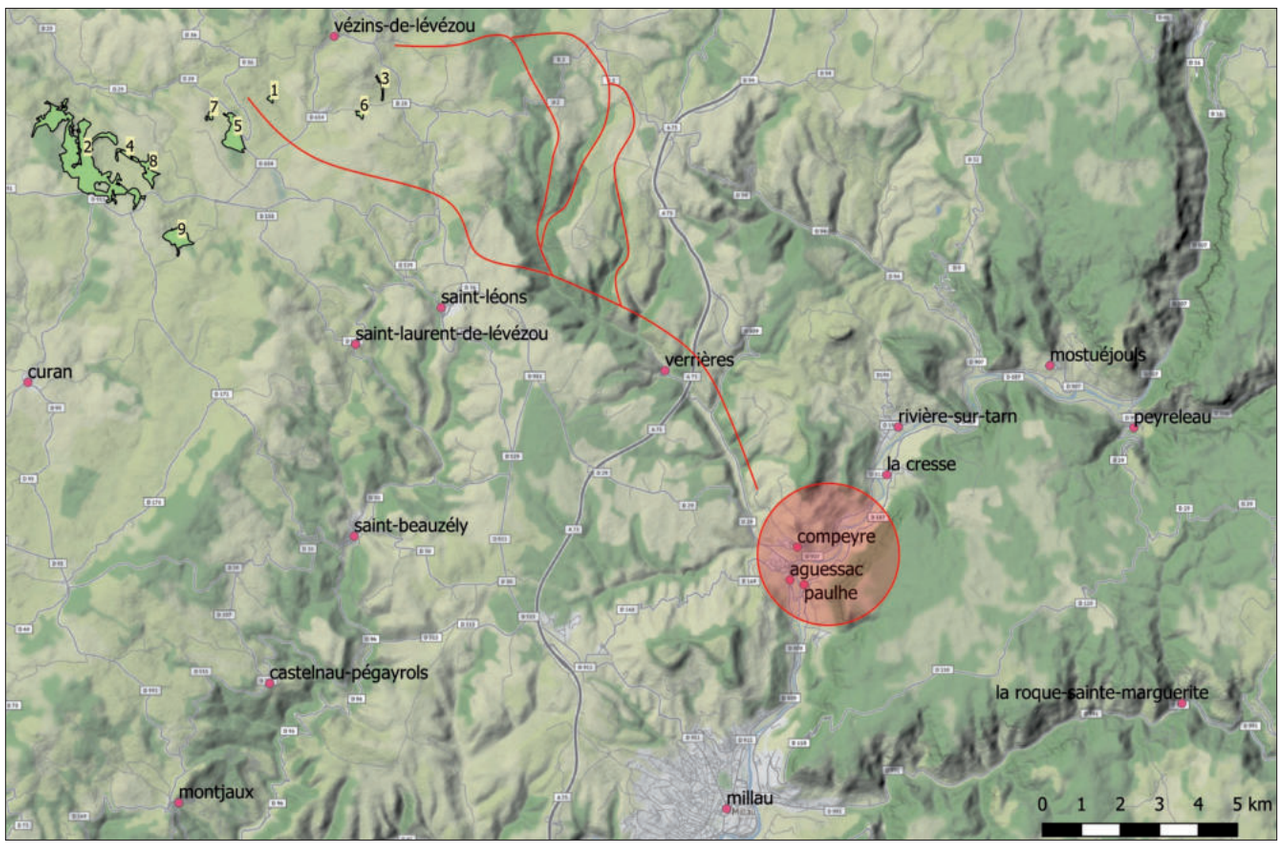


Figure 6. – Voies de déplacement et zone de perte des derniers signaux VHF

Zones d'activité

Bien que le suivi télémétrique des Grandes Noctules soit difficile, en raison de leur vitesse de vol, de la distance parcourue et du relief accidenté, des terrains de chasse et des voies de déplacement (*Figure 6*) ont pu être identifiés. Des prairies humides, des lisières de bois, le dessus de la canopée, des ripisylves ainsi que des plans d'eau dégagés servent donc de terrains de chasse aux Grandes Noctules.

Phénologie

Pour la période 2012-2017, l'analyse biométrique de l'ensemble des Grandes Noctules capturées a permis de fixer la période de mise bas entre fin mai et début juin et les premiers jeunes volants sont observés fin juillet.

L'analyse des enregistrements des détecteurs passifs d'ultrasons posés tout au long de l'étude a permis de détecter les premier signaux de Grande Noctule fin mars dans le secteur du Lévezou. En automne la Grande Noctule est contactée jusqu'au 11 novembre dans le Lévézou. Un résumé de la phénologie est présenté par le *Tableau IV*.

Perspectives

L'étude a déjà permis d'identifier des menaces qui pèsent sur le groupe de femelles de Grande Noctule du Lévezou. En effet la présence d'un parc éolien à proximité des gites (<900m) ainsi que sur les voies de déplacement présente un risque qui est confirmé par la découverte régulière de cadavres sous les éoliennes. L'exploitation forestière dans le secteur est pour le moment limitée mais deviendra problématique avec le développement du bois-énergie si des mesures de protection des boisements abritant des colonies ne sont pas prises.

La poursuite de l'étude devrait permettre de mieux connaitre la phénologie de l'espèce, d'identifier son régime alimentaire et, espérons-le, de maîtriser les risques qui pèsent sur les Grandes Noctules.

Références bibliographiques

Dubourg-Savage M-J., Bec J. & Gaches L., 2013. - First roosts of *Nyctalus lasiopterus* breeding females in France. *Barbastella,* 6 (1) : 44-50.

Liozon R., 2004. – Grande noctule en Aveyron. *Kawa Sorix*, bulletin de liaison du Groupe Chiroptères de Midi-Pyrénées, 2 : 4.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Femelles	Migrations Hibernation ???			Retour aux colonies		Mise-bas	Dispersion		Régression de l'activité		Migrations Hibernation ???	

Tableau IV. –Phénologie des femelles du Lévezou

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 66 06/03/20 09:29

Suivis de gîtes de chauves-souris anthropophiles

Christian KERBIRIOU[*], Laurent ARTHUR[**] et Michèle LEMAIRE[**]

[*] Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204 CESCO)
Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN)
Station de Biologie Marine, 29900 Concarneau
christian.kerbiriou@mnhn.fr

[**] Muséum d'Histoire naturelle de Bourges
Les Rives d'Auron, Allée René Menard, 18000 Bourges
laurent.arthur@ville-bourges.fr / michele.lemaire@ville-bourges.fr

Préambule. - Cet article est issu de la communication orale à la table ronde « *Les colonies de mise bas, Quelles exploitations possibles* », *Rencontre Nationale Chauve-souris 2018* et il reprend aussi des éléments publiés par Arthur *et al*. [2014] dans *Acta Chiropterologica*.

Résumé. - A partir de la distribution spatiale des colonies de reproduction de Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) du Cher (105 colonies), nous avons tenté de documenter une éventuelle sélection de l'habitat chez les chauves-souris. L'ensemble de données est issu de la coordination des SOS-Chauves-souris pilotée par le Muséum de Bourges sur la période 1988-2009. La méthodologie utilisée pour calculer la disponibilité de l'habitat est basée sur une comparaison des habitats entourant les colonies de Sérotine aux habitats entourant des points tirés aléatoirement. Nous avons constaté que les Sérotines sélectionnent positivement les prairies pâturées et les zones humides. La forte corrélation entre nos résultats et ceux obtenus avec des approches de type radio-tracking ou de suivis acoustiques souligne la robustesse de cette approche basée sur la distribution spatiale des colonies. L'analyse de l'histoire des colonies de Sérotine sur une période de près de 20 ans a montré que lorsque les greniers sont restaurés par les propriétaires sans l'accompagnement de l'équipe du Muséum de Bourges, la probabilité d'un départ de la colonie est plus grande. De plus, le suivi régulier mené par l'équipe du Muséum de Bourges contribue à réduire l'occurrence d'une restauration de bâtiment sans prise en compte des enjeux liés aux chiroptères. Enfin, toujours à partir de ces séries temporelles nous avons pu mettre en évidence une dynamique de population avec un taux d'accroissement positif au cours de la première moitié de la série temporelle suivi d'un lent déclin.

Mots-clés. - Chauves-souris anthropophiles, colonies de reproduction, sélection de l'habitat, protection des gîtes.

Introduction

Près de la moitié des espèces françaises peuvent être considérées comme anthropophiles, c'est-à-dire qu'elles utilisent pour tout ou partie de leur cycle biologique des bâtiments (greniers, granges, écuries, combles d'églises…) ou ouvrages d'art notamment les ponts. Certaines espèces, notamment celles des genres *Eptesicus* et *Pipistrellus* semblent très dépendantes de telles structures, leurs gîtes de reproduction étant habituellement situés dans des bâtiments [Marnell & Presetnik, 2010]. Cette capacité à utiliser les constructions humaines n'est pas une caractéristique propre à l'espèce mais dépend d'une part de la disponibilité en gîtes naturels dans une région et d'autre part des contraintes thermiques, ainsi plus on monte dans le nord de l'Europe plus les espèces ont tendance à être de plus en plus dépendantes des constructions humaines pour l'implantation de leurs colonies [Marnell & Presetnik, 2010]. Ainsi à titre d'exemple, les gîtes de parturition du Grand Murin (*Myotis myotis*) sont localisés majoritairement dans des grottes en Bulgarie, Roumanie et Serbie, tandis que dans le nord de la Slovénie, l'Autriche et l'Allemagne, tous les gîtes de parturition du Grand Murin sont situés dans des bâtiments [Marnell & Presetnik, 2010].

A l'échelle européenne la conservation d'environ 75% des espèces de chauves-souris dépendrait de gîtes dans les bâtiments et notamment des bâtiments d'intérêt patrimonial culturel [Marnell & Presetnik, 2010]. Cette dépendance aux bâtiments devient problématique lors de démolitions de bâtiments ou de travaux de rénovation des bâtiments (restauration des toitures, aménagement des combles…). Dans le contexte de la rénovation énergétique (isolation, calfeutrement…), il est attendu que ces actions prennent de l'ampleur. A cela s'ajoute, le traitement des charpentes qui selon les produits utilisés, peut contribuer à l'empoisonnement des femelles au contact du bois qui contaminent à leur tour leur petit via allaitement. Le traitement curatif du bois avec certains insecticides ou fongicides a été identifié comme une cause importante de mortalité des chauves-souris [Hernandez *et al.,* 1993, Racey & Swift 1986]. Enfin, vient s'ajouter l'éclairage des façades de bâtiments abritant des colonies, pouvant conduire à l'abandon du site

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 67 06/03/20 09:29

[Rydell *et al.,* 2017]. Les innovations technologiques en matière d'éclairage ont en fait entraîné une augmentation des émissions de pollution lumineuse grâce à i) l'introduction de nouvelles sources d'éclairage artificiel dans des zones auparavant non éclairées, et ii) le recours à des intensités lumineuses plus élevées [Kyba *et al.,* 2014]. Ce phénomène appelé « effet rebond » est concomitant de l'augmentation du rapport coût-efficacité des LED blanches [Zissis & Bertoldi, 2014].

Si les menaces sont identifiées, les connaissances sur la distribution, les effectifs et les tendances de ces populations restent hétérogènes dans de nombreuses régions. Ces lacunes sont principalement liées aux difficultés inhérentes à la prospection du patrimoine bâti - qu'il soit privé ou public - du fait des autorisations nécessaires, de la difficulté d'accès (combles « perdus ») et enfin du temps nécessaire pour de telles prospections avec souvent un faible rendement entre sites prospectés et sites occupés. Une solution complémentaire aux prospections systématiques consiste à bancariser les remontées du réseau SOS Chauves-souris des groupes régionaux de la SFEPM. Ce réseau présent sur tout le territoire français[1] a pour objectif avant tout (1) d'assurer un sauvetage ou des soins appropriés, (2) d'informer des propriétaires confrontés à la présence d'une colonie de chauve-souris dans leur bâtiment et (3) d'accompagner les propriétaires sur les aménagements ou solutions envisageables pour permettre une cohabitation avec les chauves-souris.

La structuration des informations issues des opérations SOS Chauve-souris sous forme d'une base de données permet d'envisager d'une part d'évaluer l'impact des aménagements de bâtiments (rénovation de toiture, aménagement de combles…) sur le maintien des colonies, mais aussi d'évaluer l'efficacité des recommandations/accompagnements en termes de persistance des colonies après aménagement.

Enfin, ces données peuvent contribuer à l'amélioration des connaissances sur la distribution des colonies voire même les exigences écologiques de ces espèces. À ce jour, les études portant sur les données des gîtes ont surtout traité des caractéristiques des gîtes, telles que la hauteur des ouvertures des gîtes au-dessus du niveau du sol [Simon *et al.,* 2004], l'exposition [Simon *et al.,* 2004], la température externe ou interne [Churchill, 1991 ; Mitchel-Jones *et al.,* 2007], ou conditions hygrométriques [Hall, 1982]. Ces travaux ont été principalement menés dans le but d'identifier les caractéristiques potentielles des gîtes et ainsi de développer des programmes de conservation efficaces [Mitchel-Jones *et al.,* 2007], la restauration des gîtes lors de la rénovation des bâtiments ou même la création de nouvelles opportunités de gîte [Marnell & Presetnik, 2010].

La principale raison du manque de recherche sur ce sujet est probablement liée au fait que, le choix du site de reproduction est principalement basé sur des caractéristiques intrinsèques (par exemple, facilité d'accès, température, luminosité et humidité). A cela s'ajoute le fait que de nombreuses espèces sont très philopatriques [Bogdanowicz *et al.,* 2013]; ainsi, on pourrait s'attendre à ce que les chauves-souris reviennent dans le même site de reproduction année après année même si le paysage environnant subit quelques changements. Cependant, il y a des coûts importants associés à la reproduction dans une colonie, comme la probabilité accrue de transmission de parasites [Brown & Bomberger, 1996] ou de maladies [Frick *et al.,* 2010], la compétition pour l'espace, la nourriture et les partenaires. Ainsi, face à ces « désavantages liés à la vie communautaire » des avantages doivent exister et équilibrer les coûts [Danchin & Wagner, 1997]. Ainsi, pour de nombreuses espèces coloniales (oiseaux notamment), les colonies sont installées dans des environnements riches en ressources (sites de reproduction, ressources alimentaires…). De nombreuses études théoriques, expérimentales et empiriques [Danchin & Wagner, 1997] ont montré que pour les espèces colonisatrices, la présence d'autres espèces est interprétée par les individus comme des indices de bonne qualité des habitats. Pour les espèces qui ont un grand nombre de sites disponibles pour la reproduction, comme les espèces capables d'utiliser des bâtiments, nous émettons donc l'hypothèse qu'il devrait être possible de détecter des patterns de sélection de l'habitat en utilisant la distribution spatiale des gîtes. Étonnamment, jusqu'à récemment relativement peu d'études avaient tenté d'analyser les données de distribution spatiale dans le but d'identifier le fonctionnement de la sélection de l'habitat dans le choix du gîte des chauves-souris [Lumsden *et al.,* 2002; Boughey *et al.,* 2011 ; Nicholls & Racey, 2011 ; Froidevaux *et al.* 2017].

A partir du jeu de données des colonies de reproduction de Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) du département du Cher - constitué par le Muséum de Bourges notamment à partir de la coordination du SOS-Chauve-souris – nous proposons ici (1) d'évaluer l'effet des aménagements de combles hébergeant des colonies de reproduction, (2) l'évaluation de l'accompagnement par le Muséum de Bourges lors d'un aménagement sur la persistance de la colonie, (3) d'identifier les variables d'occupations su sol qui influenceraient la présence d'une colonie dans le paysage, et enfin (4) d'évaluer la possibilité de détecter des variations interannuelles des effectifs.

Matériel et méthode

Site d'étude

Le département du Cher présente l'intérêt d'un paysage contrasté, idéal pour tester si l'implantation des colonies de Sérotine est influencée par la présence de certains types d'habitat. La forêt, présente plutôt au nord du département, couvre 21% de la surface totale du Cher, les grandes cultures couvrent 44% de la superficie totale et au sud du département le paysage est de type bocager dominé par des pâtures (23% de la superficie totale).

1 https://www.sfepm.org/SOSChiropteres.htm

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 68 06/03/20 09:29

Constitution de la base de données des colonies de reproduction de Sérotine

La découverte des colonies constituant cette base s'est réalisée en majeure partie dans le contexte des SOS-Chauves-souris à la suite d'appels de propriétaires confrontés à la présence de chauves-souris dans leur habitation, découverte résultant par exemple d'un projet de restauration de toiture, d'aménagement de combles…etc. C'est dans ce contexte que sont délivrées des informations sur le statut des chauves-souris ou des solutions techniques visant au maintien durable de la colonie de chauves-souris vivant dans des bâtiments pouvant donner lieu à des opérations de restauration. Ce premier contact donne bien souvent lieu à une visite du bâtiment qui permet de valider l'identité des espèces et/ou d'évaluer les enjeux du site, c'est ainsi qu'est découverte une majorité de colonies de reproduction. La plupart du temps, lorsqu'une relation permanente est établie avec le propriétaire, les colonies de chauves-souris sont en partie sécurisées et des relevés réguliers peuvent avoir lieu. La coordination de ce réseau sur la période 1988-2009 a permis de constituer une base de données contenant 724 colonies de reproduction localisées pour 14 espèces, dont 105 colonies de reproduction de sérotines (*Figure 1*). 96% des colonies de sérotines sont situées dans des greniers, les autres étant situées dans des ponts, des arbres, des conduits de cheminée ou derrière des volets. Le taux annuel de visites est de 0,36 ± 0,02 SE (c'est-à-dire qu'en moyenne, une colonie est visitée tous les trois ans). Nous n'avons pas considéré les transferts de colonie d'une maison à une autre (dans le même village, par exemple) à moins d'un kilomètre (en moyenne 300 m) comme une colonie supplémentaire. Le déplacement avéré d'une colonie d'un gîte à un autre s'est produit six fois au cours de la période d'étude (1988-2009), pour plus de détails sur l'ampleur et la fréquence de ces déplacements voir Chretien *et al.* [2020].

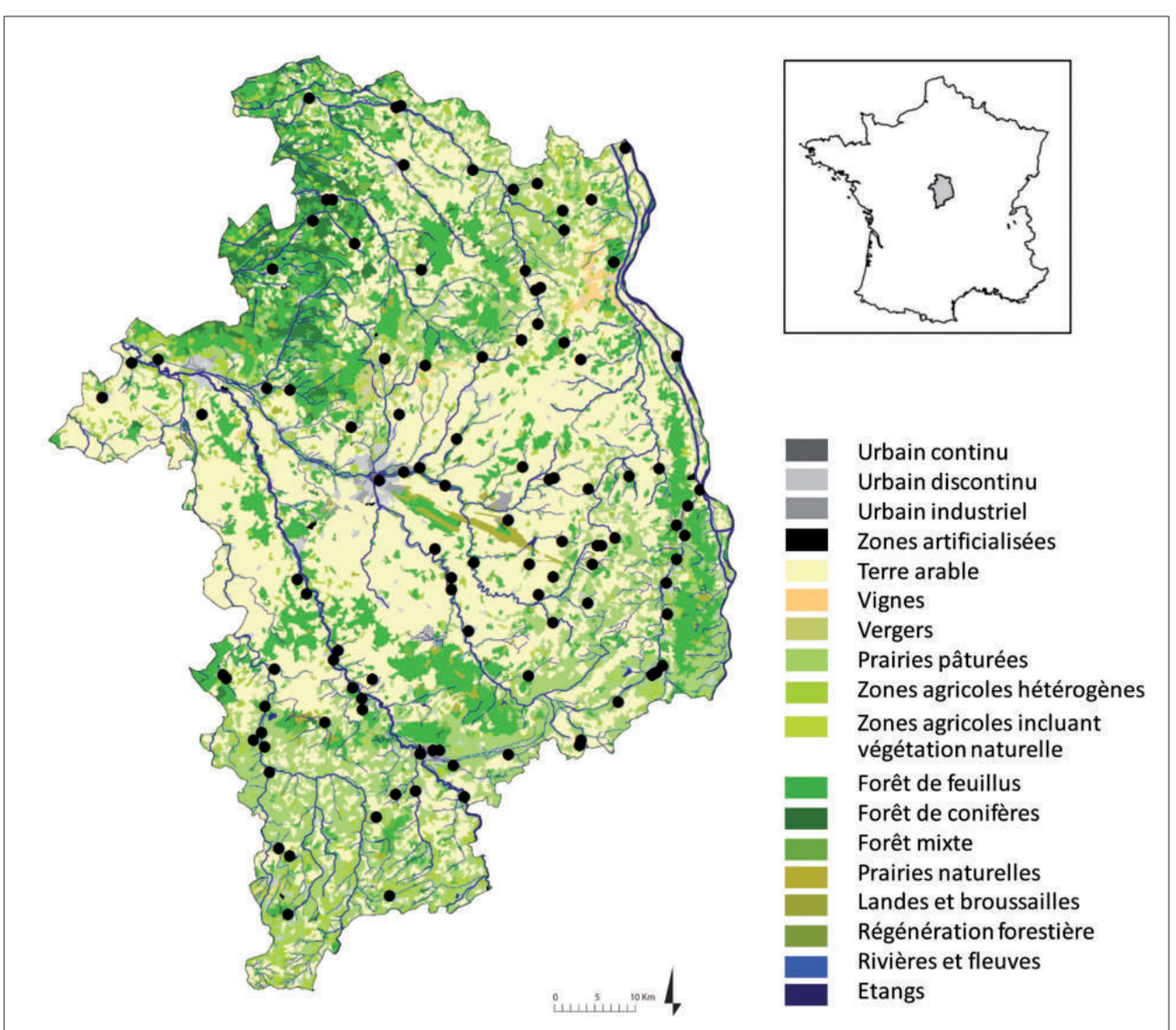


Figure 1. – Distribution des colonies de Sérotines communes dans le Cher

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 69 06/03/20 09:29

Analyses statistiques

Evaluation de l'effet de l'accompagnement par le Muséum de Bourges sur la persistance des colonies lors d'opérations d'aménagement

Nous avons cherché à identifier quels facteurs pourraient influencer la pérennité des gîtes de Sérotine dans le temps :

- le type d'aménagement/travaux dans des combles occupés par une colonie de reproduction de Sérotine (classé en quatre classes de travaux : de léger (comme par exemple le changement de certaines tuiles) à travaux lourds tels que la reconstruction totale du toit et une cinquième classe dans les cas où il y a une tentative délibérée d'éliminer la colonie),
- si la conception des travaux de restauration avait été conduite sous l'égide de l'équipe du Muséum de Bourges ou non,
- l'année,
- la taille de la population de Sérotine.

Nous avons ainsi utilisé la base de données de l'historique des colonies de Sérotine (n = 105) sur une période de 22 ans, celle-ci contient 48 événements d'aménagement. Nous avons réalisé un modèle linéaire généralisé (GLM, lien binomial) avec comme variable de réponse la présence/absence d'une colonie et en variables explicatives le type d'aménagement, l'implication ou pas de l'équipe du Muséum de Bourges dans la conception des travaux, l'année et la taille de la population de Sérotine.

Identification des variables d'occupation du sol influençant l'occurrence spatiale des colonies

Dans une seconde étape nous avons cherché à identifier les variables d'occupation du sol susceptibles d'influencer la localisation d'une colonie dans le département du Cher. Ne disposant pas de point d'absence de colonies nous avons sélectionné sur l'ensemble du territoire du Cher de manière aléatoire 105 sites ayant la particularité d'être localisé dans un bâtiment. Ils ont constitué nos pseudo-absences. Puis et à l'aide de GLM (lien binomial), nous avons testé une à une si les 18 catégories d'usage des sols de la base Corine Land Cover et des métriques paysages (distance à une lisière boisée, distance à un cours d'eau, distance à une prairie, densité de rivière, densité de confluence), étaient réparties uniformément entre les sites hébergeant une colonie de reproduction et les pseudo-absences. Nous avons également testé à quelle résolution spatiale les variables d'habitats influençaient le plus la présence d'une colonie de reproduction, nous avons pour cela considéré 12 tailles de zones tampons (de 100m à 8000m) autour des colonies et pseudo-absences.

Variations interannuelles des effectifs de Sérotine commune dans les sites de reproduction

Dans de nombreux cas, à la suite de la découverte d'une colonie de reproduction, un suivi plus ou moins régulier des effectifs de la colonie est réalisé. Nous avons donc cherché à l'aide de modélisation généralisée additive (GAM, lien poisson) s'il était possible de détecter un pattern de variations interannuelles des effectifs de Sérotine commune.

Résultats

Effet de l'accompagnement par le Muséum de Bourges sur la persistance des colonies lors d'opération d'aménagement

Lorsqu'il n'y a pas d'aménagement, il arrive que certaines colonies bougent, évènement relativement rare de colonies qui changent de site de reproduction [Chretien *et al.,* 2020]. Comme attendu les aménagements impactent négativement la pérennité des colonies augmentant significativement le départ de la colonie, ce phénomène s'accroit significativement si les aménagements sont réalisés sans concertation avec le Muséum de Bourges (GLM, $\chi^2 = 12.45$, df = 1, $P < 0.001$, $\beta = -5.318$). Alors que lorsque les aménagements sont réalisés avec l'expertise du Muséum de Bourges on ne détecte plus de différence avec le taux « naturel » de déplacement des colonies, c'est-à-dire déplacement sans qu'il n'ait eu d'aménagement ($\chi^2 = 0.02$, df = 1, $P = 0.88$, $\beta = 0.193$). Nous n'avons pas détecté d'effet du type d'aménagement ($\chi^2 = 0.42$, df = 1, $P = 0.53$, $\beta = -0.294$, peut-être par manque de puissance : nombre de reliquats relativement faible), mais détecté un effet de la taille des populations, les populations les plus importantes sont les plus stables ($\chi^2 = 16.09$, df = 1, $P < 0.001$, $\beta = 1.088$). Enfin, nous avons observé qu'au fil du temps, les restaurations de bâtiments effectuées par des propriétaires fonciers sans l'accord du Muséum de Bourges avait tendance à significativement diminuer ($\chi^2 = 7,95$, df = 1, $P < 0,01$). Cela suggère que plus la relation dure entre l'équipe du muséum de Bourges et le propriétaire d'un bâtiment abritant une colonie, plus la probabilité de réalisation d'un aménagement qui perturbe les colonies diminue.

Type d'occupation du sol influençant l'occurrence spatiale des colonies

La densité des colonies de Sérotine observée dans la zone d'étude était de 0,01/km^2 (*Figure 1*). La distance moyenne entre deux colonies est 4,1 km ± 0,3, alors qu'avec la densité observée, la distance théorique attendue aurait été de 42,7 km, ceci suggère un caractère non aléatoire de la répartition spatial des colonies. Ainsi, il apparaissait légitime de se demander si cette distribution agrégée est liée à la distribution de certains habitats. En terme de sélection des habitats, indéniablement, la plus grande différence vient de la sélection des pâturages (*Figure 2*). De plus, les gîtes de Sérotine sont plus proches des pâturages et des rivières que des points aléatoires (dans les deux cas $P < 0,001$). Les gîtes sont également situés dans des zones avec une densité de rivière plus élevée ($P < 0,001$) et une densité de confluence de la rivière plus élevée ($P < 0,001$). La résolution spatiale où ces effets de la sélection de l'habitat sont les plus forts s'est révélée être un rayon de 2 km autour de la colonie.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 70 06/03/20 09:29

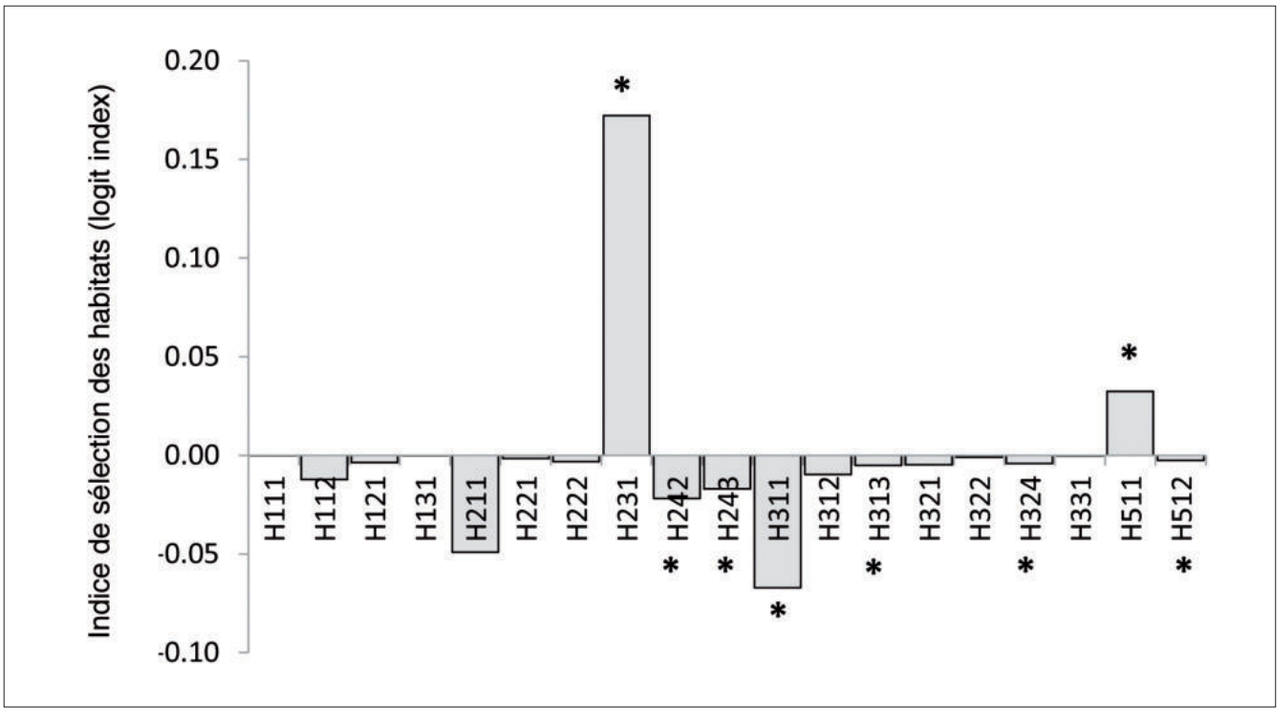


Figure 2. – Sélection des habitats autour des colonies de reproduction de Sérotine commune, (les valeurs significatives sont indiquées par un astérisque, pour la nomenclature des habitats se référer à la ***Figure 1***).

Variations interannuelles des effectifs de Sérotine commune dans les sites de reproduction

La modélisation des variations interannuelles des effectifs de Sérotine révèle une augmentation des effectifs jusqu'à la fin des années 1990 suivi d'un lent déclin (*Figure 3*). Une analyse exploratoire suggère que cette tendance serait partiellement corrélée avec les fluctuations de l'oscillation Nord Atlantique (NAO).

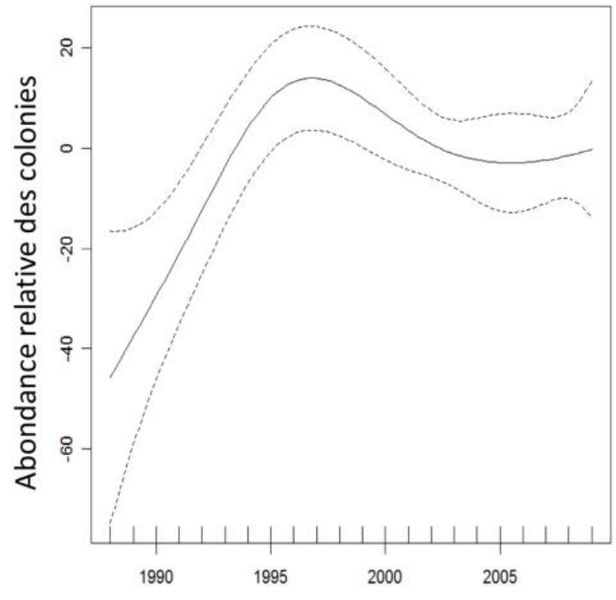


Figure 3. – Modélisation des variations des effectifs de Sérotine commune dans les colonies de reproduction sur la période 1988-2009

Discussion

Sélection des habitats

Ces résultats révèlent clairement que même pour des espèces considérées comme relativement généralistes en ce qui concerne la sélection de leurs habitats de chasse [Kerbiriou *et al.,* 2010, 2018 ; Regnery *et al.,* 2013], celles-ci réalisent des choix évidents quant à l'emplacement de leurs colonies de reproduction. Ce choix tient compte de la nature de l'habitat/l'occupation du sol environnant. Encore plus inattendue c'est la résolution spatiale à laquelle les effets de la sélection de l'habitat sont les plus forts : 2 km autour de la colonie. La Sérotine est une espèce connue pour être capable de réaliser de longs trajets entre les colonies de reproduction et les habitats d'alimentation. Des études de radio-tracking ont en effet révélé que la distance entre la colonie de reproduction et les terrains de chasse pouvait atteindre 11,5 km [Degn, 1983 ; Perez & Ibañez, 1991 ; Diehl, 1994 ; Weidner, 1995 ; Catto *et al.,* 1996 ; Robinson & Stebbings, 1997 ; Lubeley & Bohle, 2001]. Il est cependant à noter que la distance moyenne entre les colonies de maternité et les terrains de chasse varie entre 1,2 et 3,6 km [Hübner, 1991 ; Dense, 1992 ; Robinson & Stebbings, 1997 ; Kervyn *et al.,* 1998 ; Lubeley & Bohle, 2001 ; Harbusch, 2002; Simon *et al.,* 2004]. Le domaine vital de Sérotines suivies individuellement varie entre 1,61 km² et 17,05 km² [Perez & Ibañez, 1991] et 0,16 km² à 47,58 km² [Robinson & Stebbings, 1997]. Quant à la taille du domaine vital des colonies celui-ci varie également considérablement, allant de > 2 km² dans

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 71 06/03/20 09:29

l'étude réalisée par Degn [1983] à 9,4 km² [Rosenau, 2001], 16 km² [Diehl, 1994], 26 km² [Harbusch, 2002] et 19 km² [Robinson & Stebbings, 1997]. Finalement, cette zone tampon de 2 km autour des gîtes, que nous avons détectée, correspond à une zone d'environ 13 km², soit une surface du même ordre de grandeur que les domaines vitaux estimés par certaines études. Il serait intéressant de tester si cette résolution spatiale où la sélection de l'habitat est détectée varie en fonction de la qualité des habitats dans le paysage : on pourrait s'attendre à de plus grandes zones dans des paysages dominés par des habitats moins favorables.

Notre étude a révélé que les pâturages constituent l'occupation du sol la plus sélectionnée, couvrant en moyenne 37 % de la zone tampon de 2 km autour des gîtes. Une majorité des études sur les habitats de chasse des Sérotines a fait cette observation [Catto *et al.,* 1996 ; Robinson & Stebbings, 1997]. L'étude réalisée par Boughey *et al.* [2011] suggère une forte relation entre la probabilité d'occurrence des gîtes de Sérotine et la proportion de prairies. De même la sélection des habitats aquatiques autour des gîtes de Sérotine est conforme à un grand nombre d'études qui ont identifié l'importance de ces habitats en tant que terrain de chasse de la Sérotine : études acoustiques [Hübner, 1991 ; Vaughan *et al.,* 1997 ; Barataud, 1998 ; Lustrat 2001 ; Ciechanowski, 2002 ; Bartonička & Zukal, 2003 ; Russo & Jones, 2003 ; Kaňuch *et al.,* 2006 ; Rainho, 2007]; étude de radio-tracking [Simon *et al.,* 2004] ou sélection des habitats autour des colonies [Boughey *et al.,* 2011]. Une différence notable avec d'autres études est la non sélection (ni évitement d'ailleurs) des forêts de feuillus [Barataud, 1998 ; Boughey *et al.,* 2011 ; Lustrat, 2001 ; Russo & Jones, 2003 ; Rainho, 2007]. Une hypothèse plausible est que la quantité actuelle de forêt dans le voisinage des gîtes est suffisante (13 % des surfaces des zones tampons de 2 km autour des gîtes).

En conclusion, en plus des caractéristiques intrinsèques aux gîtes (taille, tranquillité, caractéristique hydrothermique… voir Simon *et al.* [2004]) les Sérotines tiennent compte des habitats et de l'occupation du sol présents dans le paysage pour le choix de l'installation de leurs gîtes de maternité. Or, la protection des habitats entourant les gîtes de maternité n'est que très rarement considérée dans les mesures de conservation : à titre d'exemple, en France, la plupart des zones dédiées à la conservation des chauves-souris, comme Natura 2000 prennent en compte les cavités utilisées comme maternité sans vraiment tenir compte des terrains de chasse autour des colonies. Il en est de même pour les arrêtés préfectoraux de protection de biotope, loi française du 16 juillet 1976, qui lorsqu'ils sont appliqués aux chauves-souris, ne protègent bien souvent que le grenier ou la cavité dans laquelle se trouve le gite de maternité ou d'hibernation sans tenir compte des terrains de chasse associés aux colonies (pour cette association entre gîte et terrain de chasse voir Stone *et al.* [2015]).

Ce travail réalisé à partir des données accumulées sur la Sérotine dans le Cher pourrait être étendu à d'autres régions et d'autres espèces anthropophiles pour lesquelles les gîtes ne sont peut-être pas trop limitants : *Pipistrellus spp., Plecotus spp., Rhinolophus ferrumequinum, R. hipposideros, Barbastella barbastellus, Myotis daubentonii* et *M. myotis.*

Intérêt du réseau SOS Chauve-souris

C'est dans le cadre des missions du réseaux SOS Chauve-souris, que le Muséum de Bourges a (1) collecté des informations sur l'occupation par les chauves-souris de bâtiments publics mais surtout privés, où l'accès n'est pas aisé et l'acquisition d'informations particulièrement chronophage (2) constitué une base de données de haute qualité permettant d'accroitre les connaissances sur les exigences écologiques de la Sérotine mais aussi sur la dynamique de ces populations, et surtout (3) établi des relations fréquentes et permanentes avec les propriétaires de bâtiments hébergeant des maternités, ce qui a contribué à sécuriser les colonies de chauves-souris. Cette relation a considérablement réduit la fréquence des opérations de restauration des bâtiments effectuées par les propriétaires fonciers sans accompagnement d'expert du réseau SOS Chauve-souris. Nous avons donc ici démontré l'efficacité de ce réseau de volontaires en termes d'action de conservation à long terme. Il est à noter que ce réseau repose essentiellement sur l'engagement de volontaires et bénéficie d'assez peu d'aides institutionnelles. Enfin, la plus-value en termes d'apport de connaissance (exigence écologique et tendance de population) repose sur une bancarisation des données et la structuration de celle-ci sous forme de base de données spatialisée, nous encourageons donc toutes initiatives qui vont dans ce sens.

Références bibliographiques

Arthur L., Lemaire M., Dufrêne L., Le Viol I., Julien J.F. & Kerbiriou C., 2014. - Understanding bat-habitat associations and the effects of monitoring on long-term roost success using a volunteer dataset. *Acta Chiropterologica,* 16 : 397-411.

Chretien A., Arthur L. & Lemaire M., 2020. - Déplacement des colonies de mise-bas d'espèces anthropophiles de chiroptères sur de courtes distances ou fidélité à un même gîte sur le long terme. *Symbioses n°38. Actes des XVII^e Rencontres nationales Chauves-souris de la SFEPM, Bourges, mars 2018, 25-32.*

Barataud M., 1998. - Inventaire au détecteur d'ultrasons des chiroptères fréquentant les zones d'altitude du nord du Parc National du Mercantour (Alpes, France). *Le Rhinolophe*, 13 : 43–52.

Bartonička T. & Zukal J., 2003. - Flight activity and habitat use of four bat species in a small town revealed by bat detectors. *Folia Zoologica*, 52 : 155–166.

Bogdanowicz W., Lesiński G., Sadkowska-Todys M., Gajewska M. & Rutkowski R., 2013. - Population genetics and bat rabies: a case study of *Eptesicus serotinus* in Poland. *Acta Chiropterologica*, 15 : 35–56.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 72 06/03/20 09:29

Boughey K.L., Lake I.R., Haysom K.A. & Dolman P.M., 2011. - Effects of landscape-scale broadleaved woodland con figuration and extent on roost location for six bat species across the UK. *Biological Conservation*, 144 : 2300–2310.

Brown C.R., & Bomberger M.B., 1996. - Coloniality in the cliff swallow the effect of group size on social behavior. *University of Chicago Press*, Chicago, 580 pp.

Catto C., Hutson A.M., Racey P.A. & Stephenson P.J., 1996. - Foraging behaviour and habitat use of the serotine bat (*Eptesicus serotinus*) in southern England. *Journal of Zoology* (London), 238 : 623–633.

Ciechanowski M., 2002. - Community structure and activity of bats (Chiroptera) over different water bodies. *Mammalian Biology*, 67 : 276–285.

Churchill S.K., 1991. - Distribution, abundance and roost selection of the orange horseshoe-bat, *Rhinonycteris aurantius* a tropical cave-dweller. *Wildlife Research,* 18 : 343–353.

Danchin E. & Wagner R.H., 1997. - The evolution of coloniality: the emergence of new perspectives. *Trends in Ecology and Evolution*, 12 : 342–347.

Degn H.J., 1983. - Field activity of a colony of serotine bat (*Epte sicus serotinus*). *Nyctalus*, 1 : 521–530.

Dense C., 1992. - *Telemetrische Untersuchungen zur Habitatnutzung und zum Aktivitatsmuster der Breitflugel fledermaus Eptesicus serotinus Schreber, 1774 im Osna brucker Hugelland.* Ph.D. Thesis, University of Osnabruck, Osnabruck, 121 pp.

Diehl D.A., 1994. - Untersuchungen zur Biologie der Breitflugel fledermaus in Hessen. 128–132, *in* Die Fledermause Hessen (AGFH). Verlag Manfred Hennecke, Remshalden-Buoch, 248 pp.

Frick W.F., Pollock J.F., Hicks A.C., Langwig K.E., Reynolds D.S., Turner G.G., Butchkoski C.M. & Kunz T.H., 2010. - An emerging disease causes regional population collapse of a common North American bat species. *Science*, 5992 : 679–682.

Froidevaux J.S.P., Boughey K.L., Barlow K.E. & Jones G., 2017. - Factors driving population recovery of the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) in the UK : implications for conservation. *Biodiversity and Conservation,* 26 : 1601.

Hall L.S., 1982. - The effect of cave microclimate on winter roosting behaviour in the bat, *Miniopterus schreibersii blepotis*. *Australian Journal of Ecology*, 7 : 129–136.

Harbusch C. & Racey P.A., 2006. - The sessile serotine: the influence of roost temperature on philopatry and reproductive phenology of *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) (Mammalia : Chiroptera). *Acta Chiropterologica*, 8 : 213–229.

Hernandez L.M., Ibanez C., Fernandez M.A., Guillen A., Gonzalez M.J. & Perez J.L., 1993. - Organochlorine insecticide and PCB residues in two bat species from four localities in Spain. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.,* 50 : 871-877.

Hubner I., 1991. - *Untersuchungen zur Lebensweise der Breitflugelfledermaus Eptesicus serotinus Schreber, 1774 in Holling stedt/Schleswig Holstein.* Ph.D. Thesis, University of Kiel, Kiel, 83 pp.

Kaňuch P., Danko Š., Celuch M., Krištin A., Pjenčak P., Matis Š. & Šmidt J., 2006. -Relating bat species presence to habitat features in natural forests of Slovakia (Central Europe). *Mammalian Biology*, 73 : 147–155.

Kerbiriou C., Bas Y., Dufrêne L., Robert A. & Julien J.F., 2010. - Long term trends mon-itoring of bats, from biodiversity indicator production to species specialization assessment. *Society for Conserv. Biol*. In: 24th Annual Meeting, 3–7 July 2010, Edmonton, Alberta, Canada.

Kerbiriou C., Azam C., Touroult J., Marmet J., Julien J.F., & Pellissier V., 2018. -Common bats are more abundant within Natura 2000 areas. *Biological Conservation,* 217 : 66-74

Kervyn T., Brasseur J., Motte G. & Libois R., 1998. - Foraging and feeding ecology of the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Bat Research News*, 39: 84.

Kyba C.C.M., Hänel A. & Hölker F., 2014. - Redefining efficiency for outdoor lighting. *Energy Environmental Sciences,* 7 : 1806–1809.

Lumsden L.F., Bennett A.F. & Silins J.E., 2002. - Location of roosts of the lesser long-eared bat *Nyctophilus geoffroyi* and Gould's wattled bat *Chalinolobus gouldii* in a fragmented landscape in south-earstern Australia. *Biological Conservation*, 106 : 237–249.

Lubeley S. & Bohle W., 2001. - Zur Jagdhabitatnutzung der Breitflugelfledermaus (*Eptesicus serotinus*). 27–31. In *Funktionelle Bedeutung von Biodiversitat. Kurz fassungen der Beitrage zur 31* (G. ZOTZ and C. KORNER, eds.). Jahre stagung der Gesellschaft fur Okologie in Basel vom 27–31.8. 2001. Springer-Verlag, Basel, 32 pp.

Lustrat P., 2001. - Les territoires de chasse des chiroptères de la forêt de Fontainebleau (France). *Le Rhinolophe*, 15 : 167–173.

Marnell F. & Presetnik P., 2010. - Protection des gîtes épigés de chauves-souris (en particulier dans les bâtiments d'intérêt patrimonial culturel). *EUROBATS Publication Series,* No. 4 (version française). PNUE / EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 59 pp.

Mitchell-jones A. Bihari J., Masing M. & Rodrigues L., 2007. - Protecting and managing underground sites for bats. *EUROBATS Publication*, Series, 2 : 1–38.

Nicholls, B. & Racey P.A., 2011. - Habitat selection as a mechanism of resource partitioning in two cryptic bat species *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus*. *Ecography*, 29 : 697–708.

Perez J.L., & Ibañez C., 1991. - Preliminaly results on activity rhythms and space use obtained by radio-tracking a colony of *Eptesicus serotinus*. *Myotis*, 29 : 61-66.

Racey, p.a. & Swift S.M., 1986. - The residual effects of remedial timber treatments on bats. *Biological Conservation*, 35 : 205-214.

Rainho, A., 2007. Summer foraging habitats of bats in a Mediterranean region of the Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica*, 9 : 171–181.

Regnery B., Couvet D., Kubarek L., Julien J.F. & Kerbiriou C., 2013. - Tree microhabitats as indicators of bird

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 73 06/03/20 09:29

and bat communities in Mediterranean forests. *Ecological Indicators*, 34 : 221-230.

Robinson M.F. & Stebbings R.E., 1997. - Home range and habitat use by serotine bat, *Eptesicus serotinus*, in England. *Journal of Zoology (London),* 243 : 117–136.

Rosenau S., 2001. - *Untersuchungen zur Quartiernutzung und Habitatnutzung der Breitflugelfledermaus Eptesicus serotinus (Schreber, 1774) im Berliner Stadtgebiet (Bezirk Spandau)*. Diplomarbeit FU Berlin, Berlin, 120 pp.

Russo D. & Jones G., 2003. - Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*, 26 : 197–209.

Rydell J., Eklöf J. & Sánchez-Navarro S., 2017 - Age of enlightenment: long-term effects of outdoor aesthetic lights on bats in churches. *Royal Sociecty for Open Sciences,* 4 : 161077.

Simon M., Huttenbugel S. & Smit-Viergutz J., 2004. - Ecology and conservation of bats in villages and town. Bundesamt fur Naturschutz — Federal Agency for Nature Conservation, 76 : 1–275.

Stone E., Zeale M.R.K, Newson S.E., Browne W.J., Harris S. & Jones G., 2015. - Managing Conflict between Bats and Humans: The Response of Soprano Pipistrelles (*Pipistrellus pygmaeus*) to Exclusion from Roosts in Houses. *PLoS ONE,* 10(8) : e0131825. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131825

Vaughan N., Jones G. & Harris S., 1997. - Identification of British bat species by multivariate analysis of echolocation call parameters. *Bioacoustics*, 7 : 189–207.

Weidner H., 1995. - Zur Hangplatzwahl der Breitflugelfledermaus *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774). *Nyctalus*, 5 : 469–472.

Zissis G. & Bertoldi P., 2014 - Update on the Status of LED market 2014. *Report of the Joint Research Centre Institute for Energy and Transport, European Commission* [http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.890.1154&rep=rep1&type=pdf]

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 74 06/03/20 09:29

Mise-bas de la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) en Bretagne et étude de l'espèce en Ille-et-Vilaine (35)

Thomas LE CAMPION & Philippe DEFERNEZ

Groupe Mammalogique Breton
Maison de la rivière, 29450 Sizun
thomas.le-campion@gmb.bzh / ph.defernez@outlook.fr

Résumé. - La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) est une espèce mal connue en Bretagne. Bien que des progrès aient été faits sur la compréhension de sa répartition lors de l'Atlas des Mammifères de Bretagne [Simonnet, 2015], son statut régional reste encore méconnu. Une étude financée par le Département de l'Ille-et-Vilaine nous a permis en 2017 de prouver pour la première fois la mise-bas de cette espèce en Bretagne. Cette étude nous a également offert la possibilité de « tester » plusieurs protocoles d'inventaire dans le but de mieux caractériser l'état des populations de cette espèce dans le sud du département de l'Ille-et-Vilaine (35).

Mots-clés. - Chauves-souris, chiroptères, Noctule commune, colonie de mise-bas, inventaire, protocoles.

Abstract. - The Noctule Bat (*Nyctalus noctula*) is a poorly known species in Brittany. Although progress has been made in understanding its distribution through the Atlas of Mammals of Brittany [Simonnet, 2015], its regional status remains insufficiently known. A study funded by the Department of Ille-et-Vilaine enabled us in 2017 to prove for the first time that this species gave birth and raised their young in Brittany. This study also provided us with the opportunity to test several inventory protocols in order to better characterize the status of populations of this species in the south of the department of Ille-et-Vilaine (35).

Key words. - Bats, Noctule bat, survey, protocols.

Introduction

Dans la région bretonne, la Noctule commune est principalement contactée en Haute-Bretagne essentiellement en Ille-et-Vilaine et dans l'est du Morbihan [Simonnet, 2015] (*Figure 1*). Une petite population est cependant présente à la pointe du Finistère, dans les environs de Brest [Gager, 2013]. Les captures au filet japonais dans la région sont très rares et ne concernent principalement que des mâles (7 individus capturés en Bretagne depuis 2010 dont 6 mâles adultes). Cette espèce est au contraire beaucoup plus facilement contactée grâce aux détecteurs d'ultrasons, du printemps jusqu'à l'automne, période où les contacts semblent les plus nombreux. Bien qu'il n'y ait aucune lecture de bague en Bretagne, cette probable hausse du nombre de contacts avec l'espèce en période automnale pourrait traduire un mouvement de migration. Malgré les découvertes historiques de trois arbres gîtes sur la région [Choquené, 2006], aucune preuve de mise-bas et d'hibernation n'a été collectée en Bretagne administrative. La relative proximité de nurseries en Loire-Atlantique (région Pays de la Loire) permet cependant d'envisager la présence de gîtes de parturition en Bretagne, notamment dans le sud du département de l'Ille-et-Vilaine. Une étude financée par le Département d'Ille-et-Vilaine nous a permis en 2017 de lancer des inventaires ciblés sur cette espèce.

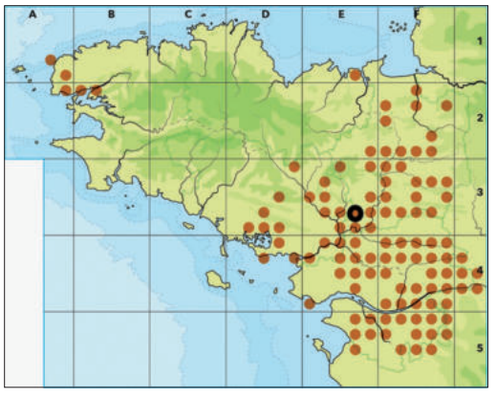


Figure 1. – Atlas des Mammifères de Bretagne – Répartition de la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) © Metagraphic/GMB et localisation de la colonie de mise-bas (rond surligné en noir).

Découverte d'une colonie de mise-bas en Ille-et-Vilaine en 2017

Suite à plusieurs repérages acoustiques, une opération de capture est menée le 06 juillet 2017 dans une propriété privée dans les environs de la commune de Pipriac (point noir sur la *Figure 1*). Le site de capture est une vieille

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 75 06/03/20 09:29

chênaie-hêtraie proposant de nombreux layons forestiers (*Figure 2*). Cinq filets sont montés dont deux s'approchent du bas des houppiers grâce à l'utilisation de cannes télescopiques de marque ©SpiderBeam de 12 m. C'est dans l'un de ces deux filets qu'un jeune individu de Noctule commune sera capturé à environ 9 m de hauteur. L'individu est un jeune mâle (*Figure 3*) effectuant probablement ses premiers vols (AB : 53,1 mm - poids : 23 g). Cette capture constitue la première preuve de mise-bas de Noctule commune en Bretagne et la confirmation de l'existence d'une colonie de parturition dans ce boisement. Le gîte (*Figure 4*), un trou de pic (probable trou de Pic épeiche (*Dendrocopos major*)) dans un chêne pédonculé (*Quercus robur*), sera localisé le lendemain grâce aux cris sociaux émis en pleine journée. Pour des raisons d'organisation, le comptage n'a pas pu être effectué le soir même. Cette opération a donc été reportée trois jours plus tard, mais la colonie, toujours présente sur le boisement, avait changé d'arbre ne permettant pas un dénombrement des individus. De nouveaux repérages sont prévus pour les années à venir afin d'identifier le réseau d'arbres gîtes utilisé, tenter d'estimer l'effectif de la colonie et surtout envisager avec le propriétaire (adhérent de Pro Silva) des mesures de gestion favorables au maintien de cette colonie.

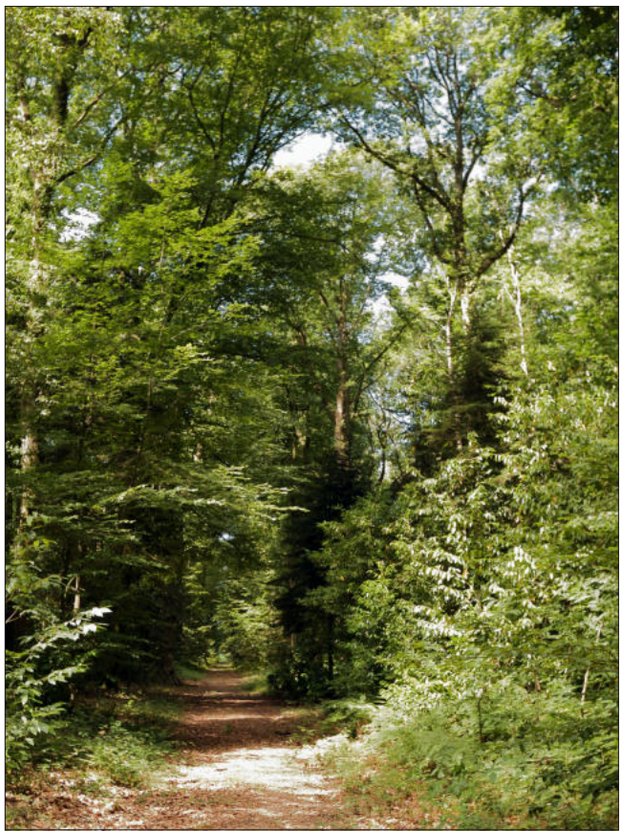


Figure 2. – Site de capture et environnement forestier. © Philippe Defernez



Figure 3. – Jeune mâle de Noctule commune capturé dans le sud de l'Ille-et-Vilaine en juillet 2017. Photo. © Philippe Defernez

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 76 06/03/20 09:29



Figure 4. – Trou de pic abritant la colonie de Noctules communes.
© Philippe Defernez

Tests de protocoles de recherche de colonies

Cette étude a été l'occasion de tester plusieurs protocoles de recherche de colonies. Ces protocoles détaillés dans le *Tableau I* sont complémentaires et peuvent être menés simultanément pour une amélioration efficace des connaissances sur la Noctule commune.

Conclusions

Cette première année d'étude est une réussite car elle a permis de découvrir la première colonie de mise-bas de Noctules communes en Bretagne et de tester plusieurs protocoles qui devraient permettre de nombreuses découvertes dans les années futures. De nombreux sites ont déjà fait l'objet de pré-repérages et seront étudiés plus finement en 2018. Ainsi nous avons des indices potentiels de présence de colonies de Noctules communes sur au moins six autres sites dont trois sites très prometteurs sur le sud de l'Ille-et-Vilaine. Cette étude a également permis de mobiliser également des bénévoles sur le département voisin du Morbihan avec la découverte d'un arbre gîte et de trois sites potentiels d'accueil de colonies. La Noctule commune vient d'être récemment classée Vulnérable sur la liste rouge des Mammifères menacés de France métropolitaine [UICN, 2017]. La dégradation de ce statut doit pousser les chiroptérologues à améliorer la connaissance et multiplier les actions de protection en sa faveur.

Remerciements

Nous remercions particulièrement le Département d'Ille-et-Vilaine pour le soutien financier et technique apporté lors de cette étude et notamment la participation de Guillaume Duthion, Hugo Ponty et Youenn Fouillard. Que soit également remercié l'ensemble des membres du réseau Chiroptères du GMB qui se sont mobilisés lors de cette étude : Aly Roos, Cyril Tatard, Jeanne Clemence, Ronan Nédellec, Stéphane Guérin et Thomas Dubos. Nous remercions également les propriétaires privés qui nous ont autorisés à étudier la Noctule commune sur leurs propriétés.

	Protocole écoute active	Protocole écoute passive	Protocole capture	Protocole prospections diurnes
Matériel	3 à 4 détecteurs d'ultrasons dans le cadre de cette étude mais à adapter selon la taille des sites étudiés	1 à plusieurs enregistreurs automatiques (SM2Bat+ dans le cadre de cette étude)	Cannes télescopiques de 12 m (SpiderBeam), filets (grandes tailles de préférences pour maximiser la surface) et kit de capture	Détecteurs d'ultrasons ou jeunes oreilles affûtées !
Protocole	3 à 4 équipes de deux personnes positionnées (à + de 200 m les unes des autres) sur un site accueillant de la Noctule commune ou favorable à l'espèce (boisements, alignements d'arbres creux, parcs urbains ou plans d'eau). Chaque équipe consigne à la seconde près sur une fiche et carte de terrain, l'ensemble des contacts et observations visuelles avec l'espèce jusqu'à la pénombre (soit environ 1h30 d'écoute après le coucher du soleil). Lors d'une seconde soirée, les routes de vols les plus empruntées sont remontées jusqu'au gîte sur la base de protocoles déjà éprouvés [Barataud, 2012 ; Beucher, 2015].	Déploiement de 1 à plusieurs SM2 pendant 3 nuits (météo favorable) consécutives sur des sites favorables à l'espèce notamment des sites de grandes superficies (gros massifs forestiers, lacs, grandes vallées alluviales).	Réalisation d'une capture dans le courant du mois de juillet (post mise-bas) par météo favorable	Prospections diurnes de sites favorables à l'établissement de colonie de Noctule commune (alignements d'arbres, vieilles parcelles forestières situées en lisière, parcs arborés, sites de nidifications du pigeon colombin/pic noir, ...) et recherches et localisation des vocalises sociales entres individus (espèce très locace)
Moyens humains	minimum de 4 à 6 personnes mais à adapter selon la taille des sites étudiés	1 personne	4 personnes minimum à adapter selon le nombre de filets	1 ou plusieurs personnes
Eléments exploitables	Heure du premier contact : permet de définir la proximité géographique de la colonie Axes de déplacements des individus : permet de définir l'origine géographique des individus Nombre d'individus observés au même moment : permet de se faire une idée de l'existence ou non d'une colonie dans le secteur et de sa taille	Heure du premier contact : permet de définir la proximité géographique de la colonie	Statut des animaux capturés Heure de première capture : permet de définir la proximité géographique de la colonie	Localisation de gite
Avantages	Nombreux éléments exploitables permettant une localisation rapide du site accueillant la colonie, voir une découverte rapide du gîte Traitement rapide des résultats par croisements des cartes et fiches de relevés	Permet de dégrossir le travail de repérage sur des secteurs vastes et d'obtenir des informations permettant d'orienter des prospections par écoute active (diurnes ou crépusculaires)	Permet d'obtenir le statut des animaux et éventuellement de prouver la mise bas	Localisation rapide de gite
Inconvénients	Formation acoustique obligatoire des bénévoles pour des résultats exploitables La mobilisation bénévole nécessaire peut-être lourde	Traitement long des résultats (décompression, analyse automatique ou semi-automatique des ultrasons, analyses des résultats) Peu de résultats exploitables	Technique invasive et stressante pour les animaux Protocole lourd pour résultats trop aléatoires sur des sites n'ayant pas fait l'objet de repérages acoustiques fins	Formation acoustique obligatoire pour un repérage efficace Peut s'avérer fastidieux en l'absence de repérage par écoute active crépusculaire
Recommandations	Pré-repérage diurne obligatoire des sites d'écoute pour localisation sur des espaces très ouverts et donc une identification plus aisée des signaux de Noctule commune par des bénévole parfois novices	Obligation de déploiement des SM2 dans des milieux très ouverts pour une identification automatique performante des signaux de Noctule commune	Pré-repérage par écoute active obligatoire des sites Pré-repérage diurne obligatoire des sites	Prioriser les fins de journées chaudes plus favorables aux échanges sociaux entre individus

Tableau I. – Présentation et comparaison des quatre protocoles testés dans le cadre de l'étude sur la Noctule commune en 2017.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 77 06/03/20 09:29

Références bibliographiques

Barataud M., 2012. - *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 p.

Beucher Y., 2015. - La Grande Noctule (*Nyctalus Lasiopterus*) dans le Puy de Dôme : 3 années de suivi des colonies de mise-bas... vers une remise en question de l'écologie de l'espèce. Neuvième rencontre Chiroptères Grand-Sud – Corse. *Le Vespère*.

Choquené G.-L. (coord.), 2006. - Les Chauves-souris de Bretagne. Bretagne Vivante. *Penn ar Bed* 197-198, 70 p.

Gager Y. & Gager L., 2013. - Une nouvelle espèce de Mammifère pour le Finistère : La Noctule commune. *Penn ar Bed* 214, 5 p.

Le Campion T, 2017. - *Pré-étude de caractérisation des populations de Noctules communes dans le sud de l'Ille-et-Vilaine* (35). Rapport - Groupe Mammalogique Breton.

Simonnet F. (coord), 2015. - *Atlas des Mammifères de Bretagne*. Locus Solus, Châteaulin, 304 p.

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



Maquette Symbiose-N38-V01.indd 78 06/03/20 09:29

Modélisation de la distribution spatiale de la Sérotine commune au sein du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin

Fabien VERNIEST *, Nicolas FILLOL *, Laurent ALBORINO * & Christian KERBIRIOU **

* Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin
3 village Ponts d'Ouve, 50500 Carentan les Marais
fabien.verniest@gmail.com

** Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204)
MNHN-CNRS-UPMC
43 rue Buffon, 75005 Paris

Résumé. - Le suivi Vigie-Chiro (protocole routier) a été mis en place au sein du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin en 2007 afin d'étudier les tendances temporelles des chauves-souris communes. Cet article résume un poster affiché lors des 17e Rencontres nationales chauves-souris décrivant l'analyse de l'influence de la structure du paysage sur l'activité des chauves-souris en prenant pour exemple la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*). En effet, les données issues de ce protocole peuvent également permettre d'étudier des processus écologiques à grande échelle. Nous avons dans un premier temps analysé l'effet de caractéristiques du paysage (structure et composition du bocage, occupation du sol et pollution lumineuse) sur l'activité de cette espèce et déterminé l'échelle d'analyse la plus pertinente. Nous avons ensuite utilisé le modèle statistique optimal afin de modéliser l'activité de la Sérotine commune sur l'ensemble de la zone d'étude. Ce modèle intègre deux variables liées à l'occupation du sol : la part de boisements (effet négatif) ainsi que l'équitabilité de la répartition de la surface entre milieux (effet positif). On suppose qu'aucun effet de la pollution lumineuse et du bocage n'a été mis en évidence du fait des caractéristiques de la zone d'étude. La réalisation de ces analyses sur d'autres territoires effectuant déjà ce suivi permettrait une étude plus robuste de l'influence des caractéristiques du paysage sur l'activité des chiroptères.

Mots-clés. - Vigie-Chiro, paysage, pollution lumineuse, bocage, *Eptesicus serotinus*, chiroptère.

Introduction

La Sérotine commune (*Eptesicus serotinus* Schreber, 1774) est une grande chauve-souris plutôt anthropophile qui préfère les milieux mixtes en campagne et zones urbaines et affectionne particulièrement bocage, prairies, zones humides, parcs, jardins et lisières de bois [Arthur & Lemaire, 2015]. Son régime alimentaire est assez opportuniste : elle consomme des mouches et papillons en début de printemps puis de gros coléoptères et lépidoptères qu'elle capture en volant assez lentement entre 6 et 10 mètres de haut [MacDonald & Barrett, 2006 ; Schober *et al.*, 1991]. Considérée comme lucifuge, la Sérotine commune ne tolère pas l'éclairage des accès à son gîte et la distance entre gîtes d'été et d'hiver est généralement de l'ordre de la cinquantaine de kilomètres. En France, cette espèce est qualifiée de « Quasi-menacée » [UICN France *et al.*, 2017] et sa population de « en fort déclin » [Kerbiriou *et al.*, 2015]. Considérée comme commune en Normandie, elle n'y semble pas présenter de tendance d'évolution particulière [Groupe mammalogique normand, 2004].

Le suivi Vigie-Chiro, mis en place en 2007 par le Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin [Gager, 2007], a permis de mettre en évidence la très forte activité de cette espèce et sa stabilité sur le territoire [Verniest, 2017]. En effet, la Sérotine commune est la seconde espèce la plus contactée entre 2007 et 2016 derrière la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus* Schreber, 1774). De plus, le nombre de contacts moyen par circuit correspond à une activité « forte » selon le référentiel national et une activité qualifiée de « très forte » a même été identifiée lors de certains relevés. On suppose que cette situation plutôt favorable pour l'espèce pourrait être due aux spécificités du territoire du PnrMCB puisque cette espèce semble sélectionner des secteurs peu boisés et avec beaucoup de prairies [Arthur *et al.*, 2014], ce qui caractérise la zone d'étude.

En effet, les caractéristiques du paysage peuvent avoir une influence importante sur les populations de chiroptères. La pollution lumineuse, par exemple, peut entraîner un retard de la sortie de gîtes ou leur abandon, attirer les insectes et par conséquent certaines chauves-souris mais également augmenter leurs chances d'être prédatées et dérégler le cycle circadien [Bat Conservation Trust & Institution of Lightning Engineers, 2018]. Les éléments linéaires du paysage tels que les haies peuvent également jouer différents rôles chez les chiroptères : protection du vent et des prédateurs et utilisation pour le déplacement notamment entre les gîtes et les zones de chasse ou encore pour la consommation [Verboom & Huitema, 1997].

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 79 06/03/20 09:29

L'objectif de cet article est de comprendre l'effet des caractéristiques du paysage sur l'activité de la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus* Schreber, 1774) sur le territoire du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin à partir des données de suivi routier Vigie-Chiro réalisé entre 2007 et 2016. Pour cela, nous répondrons aux questions suivantes : (1) Quels sont les effets de la pollution lumineuse, de la structure et composition du bocage et des modes d'occupation du sol sur l'activité de la Sérotine commune ? ; (2) Quelles échelles du paysage sont les plus pertinentes pour analyser ces effets ? et (3) Quels secteurs de la zone d'étude sont les plus favorables à l'espèce ?

Matériel et méthode

Zone d'étude

Le territoire étudié correspond au Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin (PnrMCB), situé en Normandie occidentale sur les départements de la Manche et du Calvados. Celui-ci recouvre un espace de 148 000 hectares de zone rurale composée majoritairement d'un bocage dense et particulièrement préservé, d'environ 30 000 hectares de zones humides ainsi que de landes, de monts et d'une façade littorale en plus faibles proportions. La zone d'étude présente un intérêt chiroptérologique puisqu'elle intègre un site d'intérêt régional pour les chiroptères [Roue, 2004], désigné Zone Spéciale de Conservation depuis 2015 sous l'appellation « Coteaux calcaires et anciennes carrières de La Meauffe, Cavigny et Airel ». En outre, 17 espèces de Chiroptères sont recensées sur la zone d'étude [PnrMCB, données non publiées].

Protocole de suivi

La méthode de suivi est la version « circuit routier » du protocole Vigie-Chiro, qui fait partie du programme de sciences participatives Vigie-Nature développé par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Ce suivi a été mis en place en 2007 sur la zone d'étude [Gager, 2007]. Ce type de protocole est particulièrement adapté au suivi des espèces chassant en milieu ouvert ou semi-ouvert telles que les Pipistrelles, la Sérotine commune et les Noctules [Battersby, 2010]. Initialement conçu pour évaluer les tendances d'évolution des populations, il peut également permettre d'évaluer la distribution spatiale et l'effet de facteurs à l'échelle du paysage [Azam *et al.*, 2016 ; Deguines *et al.*, 2008 ; Gager *et al.*, 2008 ; Kerbiriou *et al.*, 2014 ; Li & Kalcounis-Rueppell, 2018 ; Mathews *et al.*, 2015 ; Roche *et al.*, 2005, 2011 ; Russ *et al.*, 2003 ; Walsh & Harris, 1996a].

Le protocole se déroule de la façon suivante : 30 minutes après le coucher de soleil et deux fois par an (juin - début juillet et fin août - septembre), un circuit de 30 km est parcouru à vitesse réduite (environ 25 km/h) sur des petites routes. Chaque circuit est divisé en 10 tronçons de 2 km, échantillonnés à l'aide d'un détecteur à ultrasons couplé à un enregistreur et séparés de tronçons de 1 km au cours desquels l'enregistrement n'a pas été effectué [Hundt, 2012]. Consulter le site Vigie-Chiro pour plus de détails (http://www.vigienature.mnhn.fr/page/protocole-routier).

Dix circuits ont été élaborés et suivis en 2007 et 2008. Toutefois ce nombre a été réduit de moitié à partir de 2009.

Matériel utilisé

Le détecteur à ultrasons utilisé est un Tranquility Transect couplé à un enregistreur Zoom H2. Les fichiers-sons enregistrés au format .wav ont été visualisés sous forme de sonogrammes à l'aide du logiciel Syrinx © [Burt, 2006] afin de déterminer le nombre de contacts par espèce. Deux méthodes d'enregistrement ont été utilisées lors de ce suivi : l'expansion de temps pour l'ensemble des données et l'enregistrement direct à partir de 2011. La première méthode est celle qui préserve le plus d'informations du signal enregistré mais reste « sourde » lors de la restitution du signal expansé alors que la seconde permet un enregistrement en continu ainsi que la détection de signaux plus faibles mais possède une plage de fréquences limitée (entre 0 et 48 kHz). Pour la méthode d'enregistrement direct, l'expansion de temps est réalisée *a posteriori*. Un contact a été défini par une séquence de cris d'un même individu de 5 secondes maximum en enregistrement direct, ce qui correspond à la durée moyenne d'une séquence pour cette espèce [Kerbiriou *et al.*, 2019], et de 3,2 secondes maximum en expansion de temps. L'identification a été réalisée à l'aide de divers documents ainsi que de l'ouvrage « Écologie acoustique des chiroptères d'Europe - identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse » [Barataud, 2014].

Données retenues

Bien que plusieurs espèces aient été contactées à l'occasion du suivi réalisé, seuls les résultats concernant la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus* Schreber, 1774) sont présentés dans cet article (voir Verniest [2018] pour les autres espèces).

L'ensemble des données couvrant la période 2007 - 2016 a été utilisé et l'analyse a été effectuée à l'échelle du tronçon comme dans Azam *et al.* [2016] et Kerbiriou *et al.* [2014]. La variable expliquée correspond ainsi au nombre de contacts de Sérotine commune identifiés sur un tronçon appartenant à un circuit (10 modalités), selon une méthode d'enregistrement (2 modalités) et lors d'un passage (2 modalités) au cours d'une année (10 modalités). Afin d'étudier l'effet des caractéristiques du paysage, analyse souvent effectuée à différentes échelles en Chiroptérologie [e.g. Azam *et al.*, 2016 ; Boughey *et al.*, 2011 ; Kerbiriou *et al.*, 2018 ; Lacoeuilhe *et al.*, 2016 ; Li & Kalcounis-Rueppell, 2018 ; Vandevelde *et al.*, 2014], quatre zones tampons de 200, 500, 700 et 1000 mètres ont été tracées autour de chaque tronçon (*Figure 1*), comme dans Azam *et al.* [2016]. Chaque effet étudié se décline en quatre variables, chacune associée à une zone tampon. Du fait de leur distribution,

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 80 06/03/20 09:29

certaines variables ont été transformées par la fonction ln(x+1). L'ensemble des variables explicatives intégrées aux modèles statistiques est détaillé *Tableau I*.

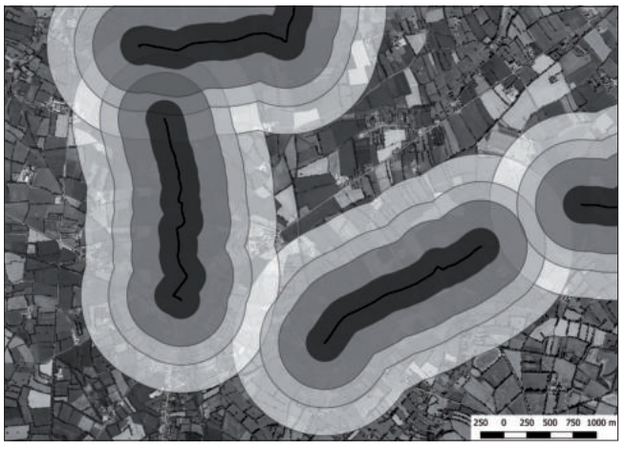


Figure 1. – Carte présentant les tronçons échantillonnés (en noir) et les quatre zones tampons associées (en nuances de gris) utilisées pour la caractérisation du paysage. Fond de carte : Ortho HR® 2015 IGN.

Les moyennes mensuelles de Luminance énergétique au format raster sont issues du programme VIIRS Nighttime Lights (Earth Observation Group, NOAA National Geophysical Data Center). Afin d'étudier la conséquence de phénomènes extrêmes plutôt que l'effet moyen de la pollution lumineuse, nous avons conservé pour chaque pixel la valeur maximale des mois de juillet et août pour les années 2014, 2015 et 2016 (données indisponibles avant 2014).

La proportion de chaque milieu au sein des zones tampons a été identifiée à partir des données d'occupation du sol de 2012 du PnrMCB. Celle-ci est issue d'une compilation de différentes données (Cadastre, Corine Land Cover, BD TOPO®, BD Forêt®, RPG, inventaires spécifiques) ainsi que de divers traitements. Afin de réduire le nombre de variables, les 20 classes d'occupation du sol initiales ont été regroupées en 7 classes. Un indice de diversité Shannon ainsi qu'un indice d'équitabilité de Pielou ont également été calculés. Le premier indice présente de fortes valeurs lorsque les surfaces sont équitablement réparties entre un grand nombre de classes d'occupation du sol différentes alors que le second augmente uniquement avec l'équitabilité de la répartition des surfaces entre milieux.

Variable	Type	Thème	Description
[1] Arbres_X	Réel	Bocage	Densité d'alignement d'arbres (en $m.ha^{-1}$)
[1] Haies_B_X	Réel	Bocage	Densité de haies basses (en $m.ha^{-1}$)
Haies_V_X	Réel	Bocage	Densité de haies vives sans dominante haut jet (en $m.ha^{-1}$)
[1] Haies_VHJ_X	Réel	Bocage	Densité de haies vives à dominante haut jet (en $m.ha^{-1}$)
[1] Talus_X	Réel	Bocage	Densité de talus nu (en $m.ha^{-1}$)
Haies_tot_X	Réel	Bocage	Densité totale des haies de tous types (en $m.ha^{-1}$)
Cohérence_X	Réel	Bocage	Indice de cohérence du bocage (en %)
1 Lum_X	Réel	Pollution lumineuse	Luminance énergétique moyenne (en $nanoWatts.cm^{-2}.sr^{-1}$)
[1] Arti_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en éléments artificialisés (en %)
Prairies_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en prairies (en %)
Cultures_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en cultures (en %)
[1] Forêts_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en boisements (en %)
MH_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en milieux humides (en %)
[1] MNO_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en milieux naturels ouverts ou semi-ouverts (en %)
[1] Eau_X	Réel	Occupation du sol	Part surfacique en eau (en %)
Shannon_X	Réel	Occupation du sol	Indice de diversité de Shannon de l'occupation du sol
Pielou_X	Réel	Occupation du sol	Indice d'équitabilité de Pielou de l'occupation du sol
Année	Catégorielle	Caractéristiques de l'observation	Année d'observation (10 modalités)
Passage	Catégorielle	Caractéristiques de l'observation	Passage biannuel d'observation (2 modalités)
Circuit	Catégorielle	Caractéristiques de l'observation	Identifiant du Circuit (10 modalités)
Tronçon	Catégorielle	Caractéristiques de l'observation	Identifiant du Tronçon (100 modalités)
Ordre	Entier positif	Caractéristiques de l'observation	Ordre d'échantillonnage du Tronçon au sein du Circuit
Méthode	Catégorielle	Caractéristiques de l'observation	Méthode d'enregistrement (2 modalités)
[2] T_{fin}	Réel	Conditions d'observation	Température relevée à la fin du Circuit (en degrés Celsius)
Vent	Catégorielle	Conditions d'observation	Force du vent (4 modalités)
Nuage	Catégorielle	Conditions d'observation	Nébulosité (4 modalités)

[1] Variable transformée par la fonction ln(x+1) - [2] Variable transformée par la fonction ln(x)

Tableau I. – Description des variables explicatives utilisées dans les modèles. Le suffixe « X » correspond à l'échelle du paysage analysé : 200, 500, 700 ou 1000.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 81 06/03/20 09:29

Les différentes variables liées au bocage ont été déterminées à partir de la base de données « Bocage », commune aux Parcs naturels régionaux de la région Normandie et qui localise l'ensemble des haies présentes en 2010 sur la zone d'étude, digitalisées et caractérisées par photo-interprétation. L'indice de cohérence du bocage, calculé sur des dalles de 500 mètres de côté, représente la qualité de l'organisation spatiale des haies, un indice se rapprochant de 100 % indiquant un bocage très structuré et un indice se rapprochant de 0 % indiquant à l'inverse un maillage très discontinu [Vadaine, 2002].

Enfin deux variables relatives aux conditions d'observation ont également été prises en compte : la température à l'arrivée du circuit et la force du vent estimée. La nébulosité, initialement estimée, a été écartée du fait du trop grand nombre de valeurs manquantes. Lorsque les conditions de température et de vent n'ont pas été relevées, elles ont été ajoutées *a posteriori* d'après les données de la station météorologique de Cherbourg-Maupertus (disponibles sur le site http://www.infoclimat.fr/).

Analyses spatiales et statistiques

Le logiciel libre QGIS [Quantum GIS Development Team, 2016] ainsi que le logiciel ArcGIS® [ESRI, 2016] ont été utilisés pour les traitements et analyses SIG ainsi que pour la production de cartes. L'extraction de données raster sur les zones tampons a été effectuée à l'aide de l'outil « Zonal Statistics as Table » de l'extension d'ArcGIS Spatial Analyst.

Afin de nous affranchir de la structure hiérarchique de nos données, de ne pas utiliser trop de degrés de liberté et de généraliser à l'ensemble du territoire les résultats [Zuur *et al.*, 2009], des modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM) ont été ajustés à l'aide du package glmmADMB [Fournier *et al.*, 2012 ; Skaug *et al.*, 2016], outils souvent mobilisés en Chiroptérologie [Azam *et al.*, 2015, 2016 ; Battersby, 2010 ; Boughey *et al.*, 2011 ; Kerbiriou *et al.*, 2015, 2018 ; Lacoeuilhe *et al.*, 2018 ; Mathews *et al.*, 2015 ; Roche *et al.*, 2005, 2011 ; Vandevelde *et al.*, 2014]. La variable réponse présentant une forte sur-dispersion, une distribution binomiale négative a été choisie, choix validé par le Likelihood Ratio Test [Zuur *et al.*, 2009].

Afin de limiter le nombre de variables ainsi que les problèmes de multi-colinéarité constatés par calcul du Variance Inflation Factor, 8 modèles au total ont été ajustés : deux modèles pour chacune des quatre échelles d'analyse, le premier (modèle 1) intégrant les variables caractérisant le bocage ainsi que la pollution lumineuse et le second (modèle 2) les variables d'occupation du sol. L'année d'observation est intégrée en effet aléatoire alors que le circuit et tronçon d'observation sont intégrés en effet aléatoire hiérarchique.

- (1) Activité ~ Méthode+Ordre+Vent+T_{fin}+Passage+(Pollution lumineuse+Variables Bocage)+1|Circuit/Tronçon +1|Année
- (2) Activité ~ Méthode+Ordre+Vent+T_{fin}+Passage+(Occupation du sol)+1|Circuit/Tronçon +1|Année

Pour chacun des 8 modèles, l'ensemble des combinaisons à maximum 3 variables caractérisant le paysage a été testé à l'aide de la fonction dredge du package MuMIN [Barton, 2019] et classées selon leur AICc (critère d'Akaïké adapté aux petits échantillons). En effet, une première étape de suppression des variables pas-à-pas a permis d'établir que le modèle optimal ne contiendrait vraisemblablement pas plus de trois variables caractérisant le paysage. Les combinaisons associant deux variables ayant un coefficient de corrélation supérieur ou égal à 0,7 ont été exclues. Le modèle ajusté a été validé selon la procédure détaillée dans Zuur *et al.* [2009] après nous être assurés que les variables présentes dans le modèle final avaient toutes un effet significatif. Une fois l'étape de sélection du jeu de variables explicatives optimal effectuée pour chacun des 8 modèles, ceux-ci ont été combinés en quatre modèles (un pour chaque échelle) puis en un unique modèle (*Figure 2*).

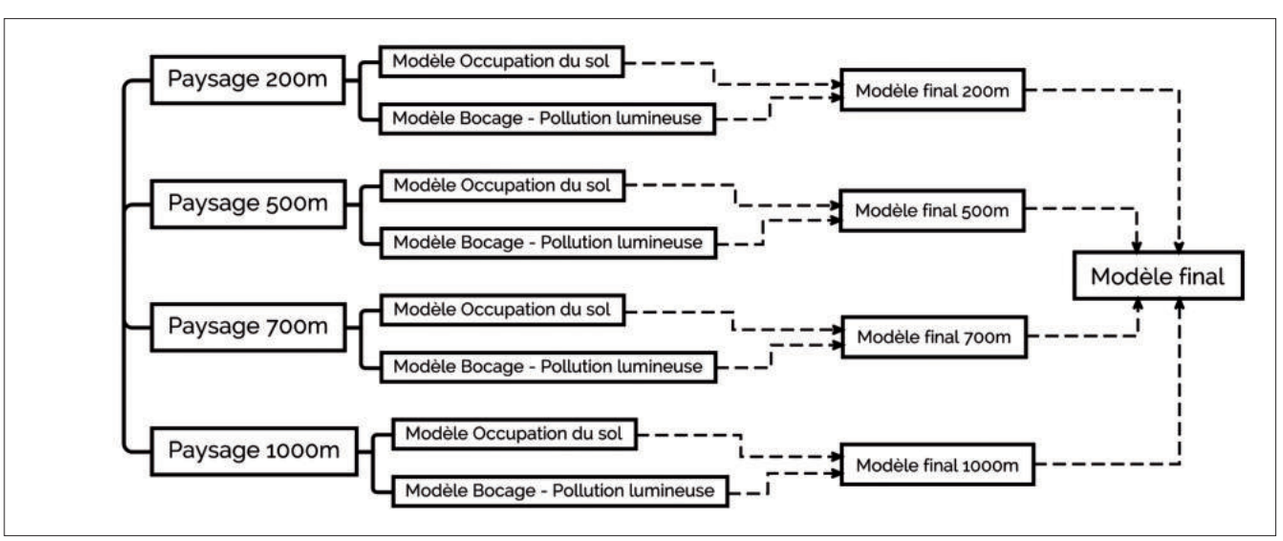


Figure 2. – Schéma détaillant la démarche de modélisation.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 82 06/03/20 09:29

Pour l'ensemble de ces procédures, le risque de première espèce α a été fixé à 5 %. On restera toutefois très prudent pour les effets ayant une significativité située entre 1 % et 5 % comme conseillé dans Zuur *et al.* [2009] étant donné la complexité de certains modèles utilisés. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé avec le logiciel libre R [R Core Team, 2016].

Prédiction de l'activité

Afin de prédire l'activité de la Sérotine commune à l'échelle du territoire, la zone d'étude a été découpée en un maillage de 1 km par 1 km. Les données caractérisant le paysage ont ensuite été extraites après application des quatre zones tampons à partir du centre de chaque dalle. Les variables non liées au paysage présentes dans le modèle final ont été fixées arbitrairement. Une valeur d'activité est alors estimée pour le centre de la dalle et représentée à l'échelle de celle-ci. Du fait du pouvoir prédictif assez limité du modèle statistique et de la plus grande gamme de valeurs des variables extraites des dalles par rapport à celles utilisées pour l'ajustement des modèles, l'activité modélisée est représentée en quantiles. Les dalles en bordure du territoire ne sont pas représentées, les zones tampons associées n'étant pas entièrement contenues dans la zone d'étude.

Résultats

Effet du paysage sur l'activité

La composition des modèles pour chacune des quatre échelles d'analyse ainsi que celle du modèle final sont présentées *Tableau II*. On remarque tout d'abord l'omniprésence des variables synthétisant l'occupation du sol (i.e. Shannon et Pielou), d'autant plus qu'elles présentent toutes les deux un effet significatif pour les rayons allant de 500 à 1000 m (mais ne sont jamais associées car trop fortement corrélées). On constate également que le modèle optimal toutes échelles confondues est identique au meilleur des quatre autres modèles et ne constitue pas une combinaison de plusieurs modèles intermédiaires. Ce modèle final révèle un effet positif de l'équitabilité de la répartition surfacique des différents modes d'occupation du sol ainsi qu'un effet négatif de la part surfacique des boisements sur l'activité de la Sérotine commune dans un rayon d'un kilomètre autour de chaque tronçon.

Echelle	Effets	AICc
200 m	Shannon (+) *** ; Forêts (-) *	4155
500 m	Shannon (+) **	4156,49
700 m	Pielou (+) **	4156,43
1000 m	Pielou (+) *** ; Forêts (-) *	4151,72
Toutes échelles	Pielou_1000 (+) *** ; Forêts_1000 (-) *	4151,72

(+) : Effet positif ; (-) : Effet négatif

* : significativité à 5 % ; ** : significativité à 1 % ; *** : significativité à 1 ‰

Tableau II. – Composition en variables paysagères des différents modèles retenus pour l'activité d'*Eptesicus serotinus*.

Effet des autres variables sur l'activité

La température ainsi que l'ordre d'échantillonnage du tronçon au sein du circuit ont un effet significatif positif sur l'activité de la Sérotine commune. Le nombre de contacts détectés avec la méthode d'enregistrement « direct » est, comme attendu, plus élevé qu'avec la méthode « expansion de temps » du fait du seuil de déclenchement présent en expansion de temps. Le vent n'a pas d'effet significatif, ce qui est sans doute lié aux contraintes du protocole qui requiert de ne pas mener de suivi par vent fort (vent maximal observé de Force 4 sur l'échelle de Beaufort, soit environ 30 $km.h^{-1}$). Aucun effet significatif pour le passage n'a été détecté.

Modélisation à l'échelle du territoire

La prédiction de l'activité de la Sérotine commune à l'échelle de l'ensemble du PnrMCB est présentée *Figure 3*. Les faibles activités modélisées correspondent aux quelques patchs forestiers du territoire ainsi qu'aux zones importantes de marais qui sont associées à un faible indice d'équitabilité de Pielou. Le secteur Sud-Ouest de la zone d'étude paraît également légèrement plus favorable, à l'inverse du secteur Sud-Est.

Discussion

Effets liés aux caractéristiques du paysage

Aucun effet de la pollution lumineuse sur la Sérotine commune, considérée comme lucifuge [Arthur & Lemaire, 2015], n'a été mis en évidence par notre étude tout comme dans les études de Azam *et al.* [2015], Burette [2014] et Vernet [2014]. En revanche, un effet négatif a été détecté par Azam *et al.* [2016] et un effet positif par Lacoeuilhe *et al.* [2016]. Bien que les méthodes de ces différentes études divergent, notamment en termes d'échelle d'étude, les rendant difficilement comparables, on constate que pour une même espèce les conclusions avancées sont très différentes. On peut également supposer que la faible pollution lumineuse de la zone d'étude et le positionnement des tronçons ne permettent pas de mettre en évidence un quelconque effet sur l'activité. En effet, seuls quelques tronçons (moins d'une dizaine) présentent de fortes valeurs de Luminance énergétique et la moyenne du territoire reste bien en-deçà de la moyenne de la France métropolitaine (*Tableau III*).

Un effet positif des haies (mesuré via leur densité, leur longueur, leur largeur, leur hauteur ou le type de haies, etc.) sur l'activité de l'ensemble de la chiroptérofaune a été mis en évidence dans de nombreuses études [e.g. Lacoeuilhe *et al.*, 2016 ; Walsh & Harris, 1996a, b].Toutefois ces effets varient largement selon la structure et la composition de la haie [Lacoeuilhe *et al.*, 2018], l'espèce concernée et la méthode d'étude. Ainsi la Sérotine commune ne semble être affectée par aucune des variables liées au bocage sur la zone d'étude, tout comme dans Boughey *et al.* [2011]. Un effet positif pour cette espèce avait toutefois été détecté dans Verboom &

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 83 06/03/20 09:29

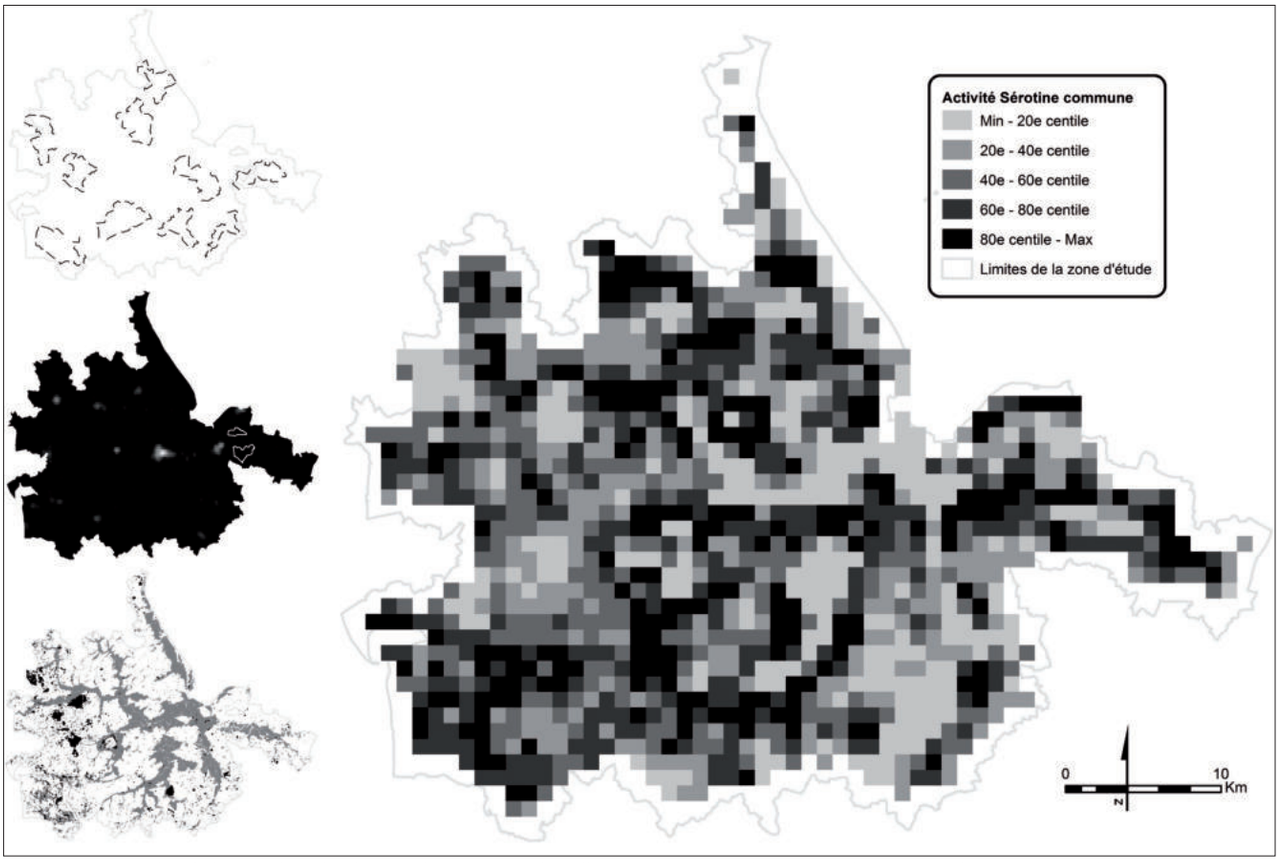


Figure 3. – A gauche, de haut en bas : localisation des tronçons échantillonnés (en noir) sur le territoire du PnrMCB (limites en gris) ; luminance énergétique moyenne (minimum en noir, maximum en blanc) ; localisation des forêts (en noir) et des zones humides (en gris). A droite : carte de prédiction de l'activité de la Sérotine commune.

Territoire	Moyenne	Ecart-type	Min – Max
France métropolitaine	1,98	12,08	0,01 – 7287
PnrMCB	0,90	2,15	0,25 – 46,55
Tronçons échantillonnés – rayon 1000 m	0,79	1,33	0,26 – 25,49
Tronçons échantillonnés – rayon 700 m	0,81	1,31	0,26 – 17,09
Tronçons échantillonnés – rayon 500 m	0,83	1,35	0,26 – 16,64
Tronçons échantillonnés – rayon 200 m	0,86	1,27	0,28 – 12,56

Tableau III. – Résumé statistique de la Luminance énergétique moyenne (en nanoWatts.cm^{-2}.sr^{-1}) mesurée à différentes échelles.

Huitema [1997], de même qu'un effet négatif de la densité de haies et un effet positif de leur production en bois dans Lacoeuilhe *et al.* [2018]. On peut supposer qu'un effet positif des éléments linéaires du bocage serait certainement plus facile à mettre en évidence dans des paysages à moindre densité du bocage.

En ce qui concerne les effets liés à l'occupation du sol, on retrouve un effet négatif de la part de boisements sur l'activité de la Sérotine commune, comme le laissait présager la mise en place des circuits qui avait mis en évidence le peu de contacts de cette espèce dans ces milieux [Gager, 2007]. En revanche, un effet positif de la part de boisements a été détecté dans Boughey *et al.* [2011] : on peut penser que le bocage, très dense sur notre zone d'étude, se substitue favorablement aux boisements, qui joueraient un rôle plus important dans des secteurs au bocage moins préservé. De plus, les colonies de cette espèce semblent situées dans des paysages peu boisés [Arthur *et al.*, 2014]. Cet effet est associé dans notre étude à un effet positif de l'équitabilité de la répartition des milieux (Indice d'équitabilité de Pielou) ou de la diversité des milieux (Indice de diversité de Shannon) selon l'échelle d'analyse considérée. Ce résultat n'est pas surprenant, cette espèce appréciant les milieux mixtes en campagne composés de prairies, zones humides et bocage [Arthur & Lemaire, 2015]. En revanche, aucun effet de la proportion de surface anthropisée n'est détecté alors que l'on retrouve un effet négatif pour cette espèce dans Azam *et al.* [2016].

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 84 06/03/20 09:29

Modélisation à l'échelle du territoire

Les zones de marais semblent moins favorables à l'activité de cette espèce, constat qui résulte d'un effet négatif indirect de ces secteurs, ceux-ci étant très peu associés à d'autres types de milieux, et non d'un effet négatif direct des zones humides. L'importance de la population de la Sérotine commune sur la zone d'étude, caractérisée par les indices d'activité et la stabilité de sa population [Verniest, 2017], ne serait donc pas due à la remarquable zone de marais. Cette intuition est renforcée par d'autres études [Lecaplain, données non publiées ; Rideau, 2011] réalisées sur les zones humides de la zone d'étude et qui mettent en avant une activité inférieure de la Sérotine commune sur ces milieux, bien que les différences de protocoles puissent expliquer en partie ces divergences de résultats. La sélection de colonies dans des secteurs à faible densité d'étendues d'eau pourrait également expliquer ce résultat [Arthur *et al.*, 2014].

Limites de l'étude

Les données caractérisant le paysage sont identiques quelle que soit l'année, du fait de l'absence d'acquisition annuelle de données, et le suivi n'intègre pas d'éventuelles modifications des milieux ou des conditions d'éclairage à proximité immédiate des tronçons, le relevé d'une telle information étant laborieux. Bien que ces modifications puissent avoir une incidence sur l'activité des chauves-souris, on peut supposer qu'en une dizaine d'année les variations de ces paramètres restent minimes. Les données d'occupation du sol se limitant au périmètre du PnrMCB, les zones tampons des tronçons d'enregistrement situées en partie en dehors des communes du Parc ont été complétées en utilisant un processus de traitement allégé additionné d'une étape de photo-interprétation. Ces zones ne représentant qu'entre 4,8 et 6,6 % de la surface totale analysée, on suppose que d'éventuelles différences entre les méthodes n'ont que peu d'impact sur les résultats. La résolution des données de pollution lumineuse est certainement trop faible (pixels de 14 ha environ) pour les plus petites échelles d'étude du paysage. Toutefois, les autres données disponibles ne couvraient pas l'ensemble de la zone d'étude ou bien ne résultaient pas de mesures directes mais de calculs réalisés à partir de données d'occupation du sol. Il faut également souligner que la détermination du type de haies ainsi que leur détection s'avèrent difficile et peuvent varier selon les personnes ayant renseigné les données.

Enfin l'ajustement des modèles statistiques aux données n'est pas optimal. Toutefois les alternatives envisagées présentant plus d'inconvénients (e.g. modèle non adapté à la prédiction, forte altération des données entraînant une importante perte d'information) que d'avantages, nous avons décidé de ne pas y recourir et de conserver les modèles et données utilisées tout en restant prudent sur les résultats obtenus.

Remerciements

Nous remercions la Société Française d'Etude et de Protection des Mammifères et le Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges pour l'organisation de cette 17e édition des Rencontres nationales chauves-souris et pour avoir accepté l'affichage du poster que résume cet article. Une version de ce poster, présentée à la Conférence Francophone ESRI 2018, est disponible sur https://sig2018.esrifrance.fr/iso_album/poster_verniest_esri_2018.jpg.

Ces résultats s'inscrivent dans le cadre d'une étude de six mois financée par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Normandie. Le rapport complet de cette étude est disponible sur http://www.etudes-normandie.fr/accueil.

Merci également à l'ensemble des personnes ayant participé au suivi Vigie-Chiro sur le territoire du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin.

Références bibliographiques

Arthur L. & Lemaire M., 2015. – *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Mèze – Paris, Biotope – Muséum national d'histoire naturelle (Parthénope), 544 p. isbn 978-2-36662-139-6 978-2-85653-768-8 978-2-914817-35-6.

Arthur L., Lemaire M., Dufrêne L., Le Viol I., Julien J.F. & Kerbiriou C., 2014. – Understanding bat-habitat associations and the effects of monitoring on long-term roost success using a volunteer dataset. *Acta Chiropterologica*, 16 (2) : 397411. <https://doi.org/10.3161/150811014X687350>.

Azam C., Kerbiriou C., Vernet A., Julien J.F., Bas Y., Plichard L., Maratrat J. & Le Viol I., 2015. – Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats?. *Global Change Biology*, 21 (12) : 43334341. <https://doi.org/10.1111/gcb.13036>.

Azam C., Le Viol I., Julien J.F., Bas Y. & Kerbiriou C., 2016. – Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program. *Landscape Ecology*, 31 (10) : 24712483. <https://doi.org/10.1007/s10980-016-0417-3>.

Barataud M., 2014. – *Écologie acoustique des chiroptères d'Europe - identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Mèze – Paris, Biotope – Muséum national d'histoire naturelle, 344 p. isbn 978-2-36662-122-8 978-2-85653-710-7 978-2-36662-123-5 978-2-85653-723-7.

Barton K., 2016. – *MuMIn: Multi-Model Inference*. R package version 1.15.6 <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html>.

Bat Conservation Trust & Institution of Lightning Engineers, 2018. – *Bats and artificial lighting in the UK*. Guidance note <https://cdn.bats.org.uk/pdf/Resources/ilp-guidance-note-8-bats-and-artificial-lighting-com-

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 85 06/03/20 09:29

pressed.pdf?mtime=20181113114229>.

Battersby J. (comp), 2010. – *Guidelines for Surveillance and Monitoring of European Bats*. Bonn, UNEP – EUROBATS (EUROBATS Publication Series), 95 p. isbn 978-92-95058-26-2.

Boughey K.L., Lake I.R., Haysom K.A. & Dolman P.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*, 144 (6) : 17901798. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.02.017>.

Burette L., 2014. – *Analyse des incidences des éclairages artificiels sur la sélection des gîtes de parturition et sur la phénologie de quatre espèces de Chiroptères*. Université Pierre et Marie Curie – Muséum national d'histoire naturelle. Rapport de stage de Master 2 <http://www.museum-bourges.net/doc.php?ID=248>.

Burt J., 2006 – *Syrinx version 2.6L*. Copyright © 1995 – 2006 John Burt. Real Time Spectrographic Recording, Analysis and Playback of Sounds.

Deguines N., Robert A., Julien J.F., Lorrillière R. & Kerbiriou C., 2008. – Capacité du programme de suivi des chauves-souris communes à détecter des variations temporelle d'abondance. *Rencontres Nationales Chauves-souris*, Bourges, 22-23 Mars.

ESRI, 2016. – *ArcGIS® software by Esri*. ArcGIS® and ArcMap™ are the intellectual property of Esri and are used herein under license. Copyright © Esri. All rights reserved. For more information about Esri® software, please visit <www.esri.com>.

Fournier D.A., Skaug H.J., Ancheta J., Ianelli J., Magnusson A., Maunder M., Nielsen A. & Sibert J., 2012. – AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optimization Methods and Software*, 27 (2) : 233-249.

Gager Y., 2007. – *Test du protocole de suivi des chauves-souris par détection ultrasonore sur le territoire du Parc Naturel Régional des Marais du Cotentin et du Bessin – Année 2007*. Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin – Muséum national d'histoire naturelle. Rapport d'étude <http://yanngager.weebly.com/uploads/7/3/1/0/7310770/mnhn_rapportpnrmcb.pdf>.

Gager Y., Julien J.F., Fillol N., Jiguet F. & Kerbiriou C., 2008. – Intérêt du suivi des chauves-souris communes à l'échelle locale : cas du Parc Naturel Régional des marais du Bessin et du Cotentin. *Rencontres Nationales Chauves-souris*, Bourges, 22-23 Mars.

Groupe mammalogique normand, 2004. – *Les mammifères sauvages de Normandie : statut et répartition, 1991-2001*. Épaignes, Groupe mammalogique normand, 306 p. isbn 978-2-9503208-1-0.

Hundt L., 2012. – *Bat surveys: good practice guidelines, 2nd edition*. London, Bat Conservation Trust, 96 p. isbn 978-1-872745-98-5

Kerbiriou C., Azam C., Touroult J., Marmet J., Julien J.F. & Pellissier V., 2018. – Common bats are more abundant within Natura 2000 areas. *Biological Conservation*, 217 (january) : 6674. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.10.029>.

Kerbiriou C., Bas Y., Le Viol I., Lorrillière R., Mougnot J. & Julien J.F., 2019. – Bat Pass Duration Measurement: An Indirect Measure of Distance of Detection. *Diversity*, 11 (3). <https://doi.org/10.3390/d11030047>.

Kerbiriou C., Julien J.F., Arthur L., Depraetere M., Lemaire M., Le Viol I., Lorrillière R., Maratrat J., Marmet J., Pellissier V. & Reneville C., 2014. – Suivi national des chauves-souris communes et retombées locales. *Symbioses,* n.s.*,* 32.

Kerbiriou C., Julien J.F., Bas Y., Marmet J., Le Viol I., Lorrillière R., Azam C., Gasc A. & Lois G., 2015. – Vigie-Chiro : 9 ans de suivi des tendances des espèces communes. *Symbioses*, n.s., 34 & 35.

Lacoeuilhe A., Machon N., Julien J.F. & Kerbiriou C., 2016. – Effects of hedgerows on bats and bush crickets at different spatial scales. *Acta Oecologica*, 71 (february) : 6172. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.01.009>.

Lacoeuilhe A., Machon N., Julien J.F. & Kerbiriou C., 2018. – The relative effects of local and landscape characteristics of hedgerows on bats. *Diversity*, 10 (3). <https://doi.org/10.3390/d10030072>.

Li H. & Kalcounis-Rueppell M., 2018. – Separating the effects of water quality and urbanization on temperate insectivorous bats at the landscape scale. *Ecology and Evolution*, 8 (1) : 667678. <https://doi.org/10.1002/ece3.3693>.

MacDonald D.W. & Barrett P., 2006. – *Guide complet des mammifères de France et d'Europe : plus de 200 espèces terrestres et aquatiques*. Paris, Delachaux & Niestlé, 304 p. isbn 978-2-603-01361-8.

Mathews F., Roche N., Aughney T., Jones N., Day J., Baker J. & Langton S., 2015. – Barriers and benefits: implications of artificial night-lighting for the distribution of common bats in Britain and Ireland. *Philosophical Transactions of Royal Society*, 370, 1667.

Quantum GIS Development Team, 2016. – *Quantum GIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project <http://qgis.osgeo.org>.

R Core Team, 2016. – *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

Rideau C., 2011. – *Inventaire acoustique des Chiroptères dans les zones humides du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin*. Parc naturel régional des marais du Cotentin et du Bessin - Groupe Mammalogique Normand. Rapport d'étude (consultable au PnrMCB).

Roche N., Catto C., Langton S., Aughney T. & Russ J., 2005. – Development of a Car-Based Bat Monitoring Protocol for the Republic of Ireland. *Irish Wildlife Manuals*, 19. issn 1393 – 6670.

Roche N., Langton S., Aughney T., Russ J.M., Marnell F., Lynn D. & Catto C., 2011. – A car-based monitoring method reveals new information on bat populations and distributions in Ireland. *Animal Conservation*, 14 (6) : 642651. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2011.00470.x>.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 86 06/03/20 09:29

Roue S. (coord.), 2004. – *Inventaire des sites à protéger à chiroptères en France métropolitaine – Mise à jour de l'inventaire de 1995*. Ministère de l'écologie et du développement durable – SFEPM. Rapport d'étude.

Russ J. M., Briffa M. & 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*, 259 (3) : 289299. <https://doi.org/10.1017/S0952836902003254>.

Schober W., Grimmberger E. & Cuisin M., 1991. – *Guide des chauves-souris d'Europe : biologie, identification, protection*. Neuchâtel – Paris, Delachaux & Niestlé, 223 p. isbn 978-2-603-00748-8.

Skaug H., Fournier D., Bolker B., Magnusson A. & Nielsen A., 2016. – Generalized Linear Mixed Models using 'AD Model Builder'. R package version 0.8.3.3.

UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. – Mammifères de France métropolitaine. In UICN France & MNHN, *La liste rouge des espèces menacées en France*. Paris <https://uicn.fr/liste-rouge-mammiferes/>.

Vadaine E., 2002. – *Appréciation quantitative de l'évolution du paysage bocager - Mise au point d'un indicateur de la dynamique bocagère*. Université de Caen. Rapport de Maîtrise de géographie <http://www.donnees.normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf/RAPPORT/Memoire_E_Vadaine_2002.pdf>.

Vandevelde J.C., Bouhours A., Julien J.F., Couvet D. & Kerbiriou C., 2014. – Activity of European common bats along railway verges. *Ecological Engineering*, 64 (march) : 4956. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.025>.

Verboom B. & Huitema H., 1997. – The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology*, 12 (2) : 117-125. <https://doi.org/10.1007/BF02698211>.

Vernet A., 2014. – *Analyse de l'effet de la gestion de l'éclairage public sur l'activité des Chiroptères dans le Parc naturel régional du Gâtinais français*. Université Montpellier 2 – Parc naturel régional du Gâtinais français – Muséum national d'histoire naturelle. Rapport de stage de Master 2 <http://alexia.monsavoir.net/docs/2014_mnhn_chiro-eclairage.pdf>.

Verniest F., 2017. – Suivi des chauves-souris communes sur le territoire du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin - Synthèse des résultats et Tendances temporelles. *Le Petit Lérot*, 69 : 1526.

Verniest F., 2018. – *Suivi des chauves-souris communes sur le territoire du PnrMCB - Analyse des données 2007 à 2016*. Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin. Rapport d'étude <http://www.etudes-normandie.fr/accueil?id=1285>.

Walsh A.L. & Harris S., 1996a. – Factors determining the abundance of vespertilionid bats in Britain: geographical, land class and local habitat relationships. *Journal of Applied Ecology*, 33 (3) : 519-529. <https://doi.org/10.2307/2404981>.

Walsh A.L. & Harris S., 1996b. – Foraging habitat preferences of vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology*, 33 (3) : 508-518. <https://doi.org/10.2307/2404980>.

Zuur A.F., Ieno E.N., Walker N., Saveliev A.A. & Smith G.M., 2009. – *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. New York, Springer, 574 p. isbn 978-0-387-87457-9 978-0-387-87458-6.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 87 06/03/20 09:29

Base de données en ligne des cris sociaux de chauves-souris

Olivier VINET * & Yves BAS **
Pour le Groupe Chiroptères National de la SFEPM

* 54 rue Ray Charles, 34000 Montpellier
bob44engref@yahoo.fr

** Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (UMR 7204 CESCO)
Muséum national d'Histoire naturel (MNHN)
43 rue Buffon, 75005 Paris
ybas@mnhn.fr

L'acoustique a émergé dans la chiroptérologie dans les années 80. Ces premières décennies ont vu une amélioration constante à la fois des capacités d'identification et des technologies disponibles pour appréhender les émissions sonores des chauves-souris (division de fréquence, hétérodyne, expansion de temps, analyse sur ordinateur, etc.). Cependant, les études étaient essentiellement focalisées sur le système sonar que les individus utilisent pour se diriger et localiser leurs proies. En effet, jusqu'à la fin des années 2000, l'enregistrement de cris sociaux était plus anecdotique et la principale référence pour les analyser était la thèse de Guido Pfalzer [2002] qui a passé de nombreuses nuits à enregistrer les espèces à proximité de leur gîte en Allemagne. Cependant, ce document n'a toujours été disponible que dans sa version originale, uniquement en allemand. Et à l'époque, il n'y avait pas de mise à disposition des séquences acoustiques de référence, sous format informatique.

Aux environs de 2010, l'apparition des enregistreurs passifs (Anabat, SM2BAT, Batlogger, etc.) a permis de décupler cet échantillonnage acoustique, confrontant les chiroptérologues de plus en plus souvent à des séquences de cris sociaux, parfois difficiles à interpréter du fait du manque de références. Or, ces cris recèlent de précieuses informations à la fois sur l'identité de l'espèce mais aussi sur le comportement et l'écologie (proximité d'un gîte, interaction mère-jeune, territorialité, etc.).

Même si on observe depuis peu un début d'intérêt pour ce sujet, avec la parution de quelques références qui traitent au moins en partie des signaux sociaux [Barataud, 2012 ; Middleton *et al.,* 2014], la bibliographie existante reste très fragmentaire, à la fois au niveau des critères d'identification mais aussi pour la fourniture de séquences informatiques.

C'est dans ce contexte qu'une proposition de travail a été faite au niveau du Groupe Chiroptères National de la SFEPM. L'idée initiale était simplement de rassembler le maximum de références afin de progresser dans l'identification de ces signaux.

Objectifs

Les objectifs du projet peuvent se résumer en deux grands axes :

1/ Compléter les références existantes en faisant un appel aux enregistrements de référence collectés au sein du réseau des chiroptérologues en Europe

Les références principales étant :

- la thèse de Guido Pfalzer[1] traduite pour l'occasion par Yann Gager en anglais ;
- l'article rédigé par ce même G. Pfalzer, accompagné par Jürgen Kusch, en 2003 ;
- le livre « Social calls of the bats of Britain and Ireland » par Neil Middleton *et al.* [2014] ;
- le livre « Écologie acoustique des chiroptères d'Europe » par Michel Barataud [2012] (rassemblant les principales références enregistrées par l'auteur).

2/ Proposer une typologie unique associée à ces références de façon à faciliter les échanges sur l'identification

Il est à noter que la volonté initiale était de créer un outil évolutif, avec l'ambition de l'abonder régulièrement en séquences et de le mettre à jour à intervalles de temps réguliers.

Démarche

En plus d'être décrit succinctement dans un tableau, chaque enregistrement de référence récolté auprès des spécialistes est publié dans son intégralité sur la sonothèque du MNHN, avec un lien interactif dans le tableau permettant d'y accéder.

Idéalement, nous cherchons à représenter un maximum de diversité, donc toutes les variantes d'un même type de cri social sont intéressantes à collecter.

1 Disponible sur <http://www.vigienature.fr/fr/page/documentations-identification-acoustique>.

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 89 06/03/20 09:29

Cependant, pour simplifier notre démarche nous évitons les enregistrements d'animaux en main et d'animaux au gîte. En effet, ces deux types de cris sont généralement complexes et ont peu de chance à la fois d'être enregistrés lors de prospections acoustiques et de contenir une signature spécifique aidant l'identification de signaux enregistrés passivement.

Dans un premier temps, nous préférons nous atteler à définir un catalogue clair, consensuel et le plus exhaustif possible. Le travail d'établir une clé d'identification viendra éventuellement dans un deuxième temps quand ce premier chantier sera plus avancé.

Typologie choisie

Comme Neil Middleton, nous avons choisi de suivre la typologie de la publication de Pfalzer & Kusch [2003] (*Figure 1*). Attention celle-ci est différente de celle de sa thèse de 2002 où la numérotation des types est sans rapport avec la structure entre cris et sans cohérence entre espèces. Dans notre document de synthèse, nous proposons une correspondance entre notre typologie et la numérotation de Pfalzer de 2002.

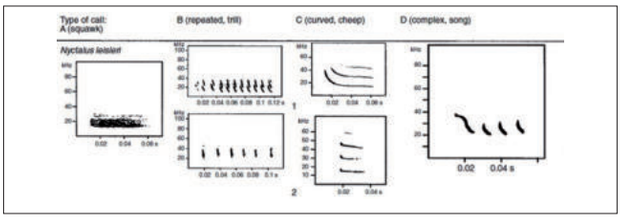


Figure 1. – Typologie présentée dans la publication « *Structure and variability of bat social calls : implications for specifity and individual recognition* » de Pfalzer & Kusch [2003]

La typologie de la publication de Pfalzer et Kusch [2003] prend comme entrée la structure des cris :

- Type A : présence de nombreuses harmoniques, structure diffuse. Ce sont *a priori* surtout des cris de détresse et des cris agonistiques. Ces cris sont généralement émis posés, ils ont été exclus de notre base de référence ;
- Type B : séries rapides de FM abruptes rappelant un buzz de capture. La récurrence est généralement inférieure à 20 ms ;
- Type C : cris composés généralement d'une syllabe isolée. Exemple : les cris dits « d'interaction mère-jeune » des pipistrelles (mais attention ces cris sont aussi émis dans d'autres circonstances) ;
- Type D : cris complexes, composés de plusieurs syllabes (non uniquement FM abruptes, cf. type B). Exemple : les trilles des pipistrelles.

Comme de nombreuses espèces émettent des types distincts de cris sociaux pouvant se rattacher à une seule de ces catégories, nous proposons une typologie basée sur deux caractères : une lettre (B, C ou D), suivie d'un chiffre permettant de séparer des sous-types. Par exemple, la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) qui a un vaste répertoire de cris sociaux émet quatre cris de type D que l'on dénomme donc D1, D2, D3 et D4.

Premières nouveautés, premiers rendus

Les références anciennes n'incluaient pas les espèces méditerranéennes. Ce travail a été l'occasion de faire le point et de présenter quelques éléments d'identification d'espèces comme le Minioptère de Schreibers, le Murin de Capaccini ou encore le Molosse de Cestoni.

Un extrait du tableau concernant la première de ces espèces est proposé ci-après (*Figure 2*).

Bibliographie

Barataud M., 2012. - *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope ; Muséum National d'Histoire Naturelle (collection Inventaires et biodiversité). 344 p.

Middleton N., Froud A. & French K., 2014. - *Social Calls of the Bats of Britain and Ireland*. Pelagic Publishing. 200 p.

Pfalzer G., 2002. - *Inter- und intraspezifische Variabilität der Soziallaute heimischer Fledermausarten (Chiroptera: Vespertilionidae)*. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat, Université de Kaiserslautern. 275 p.

Pfalzer G. & Kusch J., 2003. - Structure and variability of bat social calls: implications for specificity and individual recognition. *Journal of Zoology*, London, 261 (1) : 21–33.

Miniopterus schreibersii

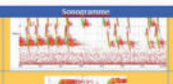
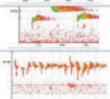
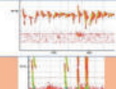
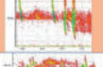
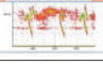
Taxon	Type	Occurrence	Date	Lieu	Auteur	Détecteur	Contexte	Comportement	Sonagramme	Lien
Miniopterus schreibersii	D1	Peu fréquent	30/05/2011	Portel-des-Corbières (11)	Yves BAS	SM2	Terrain de chasse	Sonorité légèrement nasillarde. Rythme très variable		lien
Miniopterus schreibersii	C1+D1	Peu fréquent	07/09/2011	Roquefort-des-Corbières (11)	Yves BAS	SM2	Sortie de gîte (grotte)	Type C1 suivi du type D1		lien
Miniopterus schreibersii	D1	?	05/10/2011	Aumelas (34)	Blandine CARRE	SM2	Terrain de chasse	Variabilité dans les fréquences, et dans la présence ou l'absence de cross ascendante en début de signal.		lien
Miniopterus schreibersii	C1+D1	?	05/10/2011	Aumelas (34)	Blandine CARRE	SM2	Terrain de chasse	Type FM ascendante bien net, et au milieu un peu du 1er type		lien
Miniopterus schreibersii	C1+D1	?	29/05/2012	St-Jean-de-Minervois (34)	Yves BAS	SM2	Terrain de chasse	Inclusion de syllabes type C1 au sein d'un long chant type D1		lien
Miniopterus schreibersii	B1	Très rare	10/04/2015	Estoher (66)	Vincent PARMAIN	SM2	Sortie de gîte (grotte)	Comme un début de buzz avorté ? (enregistré à plusieurs reprises sur ce site)		lien
Miniopterus schreibersii	D1	?	14/04/2015	Estoher (66)	Vincent PARMAIN	SM2	Sortie de gîte (grotte)	Particulièrement bas en FT		lien

Figure 2. – Extrait du tableau pour le Minioptère de Schreibers

Maquette Symbiose-N38-V01.indd 90 06/03/20 09:29