

ISSN 0395-8957

Symbioses

N°42

Actes de la XX^e Rencontre nationale
Chauves-souris de la SFEPM, Bourges, mars 2024

mars 2026



Réseau des muséums
de la région
Centre-Val de Loire

Symbioses

Bulletin des muséums d'histoire naturelle de la région Centre-Val de Loire

○ Comité fondateur de parrainage scientifique

† Pierre DELAYE Agrégré de l'université Directeur honoraire du Muséum de Chartres	Guy-Georges GUITTONNEAU Professeur honoraire de l'Université d'Orléans	† Jean LÉVIEUX Professeur de l'Université d'Orléans
† Robert DELAVault Professeur émérite de l'Université d'Orléans	Alain LENOIR Professeur émérite de l'Université de Tours	FRANÇOIS LIEUTIER Professeur de l'Université d'Orléans

○ Comité éditorial

Michèle LEMAIRE Membre honoraire de ReMuCe observatoiremoreux@gmail.com	Michel BINON Société pour le Muséum d'Orléans et les sciences c.m.binon@free.fr	Christian SALLÉ Société d'histoire naturelle de Loir-et-Cher chrisalle2@wanadoo.fr
--------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------

○ Structures membres de ReMuCe

Société des amis du muséum de Chartres et des naturalistes d'Eure-et-Loir 5bis, boulevard de la Courtille, 28000 Chartres	Muséum d'Orléans pour la Biodiversité et l'Environnement 4, rue Marcel-Proust, 45000 Orléans
Muséum d'histoire naturelle Gabriel-Foucher Les Rives d'Auron, 18000 Bourges	Société pour le Muséum d'Orléans et les sciences 6, rue Marcel-Proust, 45000 Orléans
Muséum d'histoire naturelle de Tours 3, rue du Président-Merville, 37000 Tours	Muséum d'histoire naturelle de Blois 6, rue des Jacobins, 41000 Blois
Musée des Beaux-arts et d'histoire naturelle 3, rue Toufaire, 28200 Châteaudun	Société d'histoire naturelle de Loir-et-Cher rue Anne-de-Bretagne, 41000 Blois

Édité par ReMuCe, réseau des muséums de la région Centre-Val de Loire

Association régie par la loi du 1^{er} juillet 1901, créée le 6 avril 1999 (Journal Officiel du 1^{er} mai 1999)

*Adresser toute correspondance au Muséum d'Orléans pour la Biodiversité et l'Environnement
6, rue Marcel-Proust, 45000 Orléans*

En couverture : colonie de *Myotis emarginatus* et *Rhinolophus ferrumequinum* © L. Arthur. Chauve-qui-peut

POSTER

Intérêt des anciennes mines et carrières du Vaucluse (84) pour les Chiroptères

Mathieu FAURE, Lénaïc ROUSSEL, Antoine COQUIS, Paul MENARD
Naturalia Environnement, site Agroparc, 60, rue Jean-Dausset, BP 31 285 - 84911 Avignon cedex 9
contact : m.faure@naturalia-environnement.fr

CONTEXTE

De nombreuses ressources minérales sont exploitées dans le département du Vaucluse (hors enclave).

Dans la littérature, 35 anciennes concessions sont référencées : 12 d'Ocre, 2 de Fer, 5 de Lignite, 9 de Gypse, 6 de Pierre et 1 de Sable.

Aujourd'hui elles sont désaffectées, il s'agit d'habitats de premier ordre pour les Chiroptères.

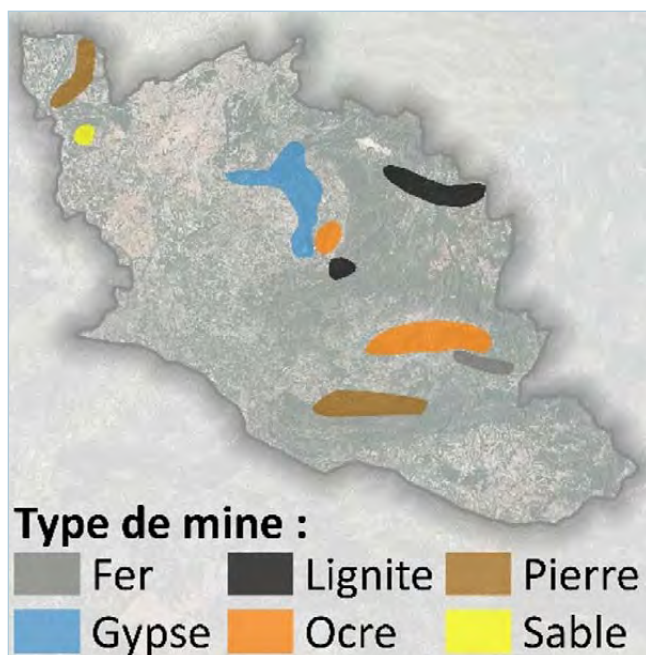


Figure 1 - Les ressources minières dans le Vaucluse

LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'étude mise en place comportait trois objectifs principaux.

- Évaluer le rôle de ces sites dans le cycle biologique des Chiroptères et le porter à connaissance auprès des acteurs du territoire.
- Prendre en compte les enjeux des Chiroptères et de leurs habitats souterrains dans le cadre de projets d'aménagement.
- Réaménager et/ou rouvrir des sites en état défavorable ou en partie effondrés dans le cadre de mesures spécifiques (cas de mesures de conservation/compensation).

MÉTHODES

Nous avons recherché sur le terrain l'ensemble des entrées de mines pour chaque concession.

Méthodologie hiver 2023

Nous avons inspecté l'ensemble du réseau souterrain par méthode visuelle en période hivernale de mi-décembre à mi-février 2023.

Méthodologie été 2023

Nous avons inspecté les sites les plus attractifs en période estivale par méthode visuelle ou pose de détecteurs à ultrasons entre juin et août 2023. Afin de s'assurer de contacter uniquement des individus à l'intérieur des sites, les boîtiers et micros (SM4) n'ont pas été installés au niveau des entrées, mais volontairement à l'intérieur des sites, à plus de 50 m de l'ouverture.



Figure 2 - Mine d'ocre



Figure 3 - Carrière d'extraction de pierre



Figure 4 - Mine de lignite

RÉSULTATS HIVERNAUX 2023

Espèce	Nombre de sites avec présence de l'espèce	Effectifs cumulés	Effectifs estimés en PACA tous gîtes cumulés	% des effectifs dans les mines/effectifs en PACA
Grand rhinolophe	12	91	1000	9
Petit rhinolophe	15	236	480	49
Minioptère de Schreibers	4	58	11 000	0,5
Murin à oreilles échancrées	2	6	< 100	DD

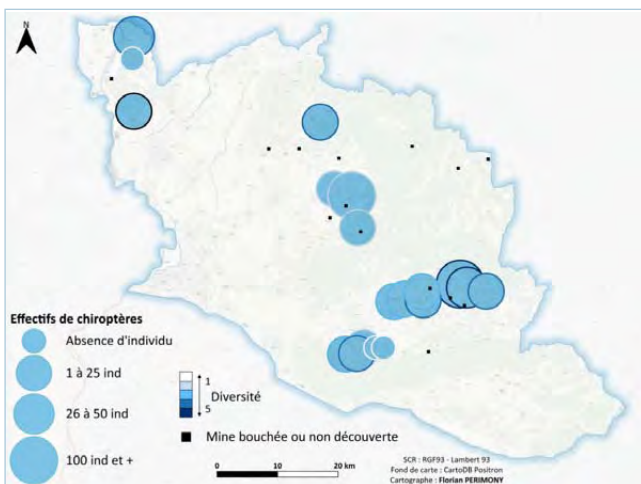


Tableau 1 - Figure 5 - Fréquentation hivernale par les chauves-souris des anciennes mines et carrières du Vaucluse. D'après "GCP Synthèse tri-annuelle des suivis de gîtes en PACA-2020"

RÉSULTATS ESTIVAUX 2023

Espèce	Nombre de sites avec présence de l'espèce	% de sites fréquentés	Communes
Grand rhinolophe	6	55	Mormoiron - Ménerbes - Bollène - Villars - Piolenc - Rustrel - Gargas
Petit rhinolophe	8	72	Ménerbes - Bollène - Villars - Piolenc - Gargas
Minioptère de Schreibers	7	63	Bollène - Villars - Rustrel - Gargas
Murin à oreilles échancrées	5	45	Bollène - Villars
Barbastelle d'Europe	2	18	Bollène - Villars
Murin de Capaccini	3	27	Bollène - Piolenc
Petit murin/Grand murin	4	36	Ménerbes - Bollène - Villars - Piolenc

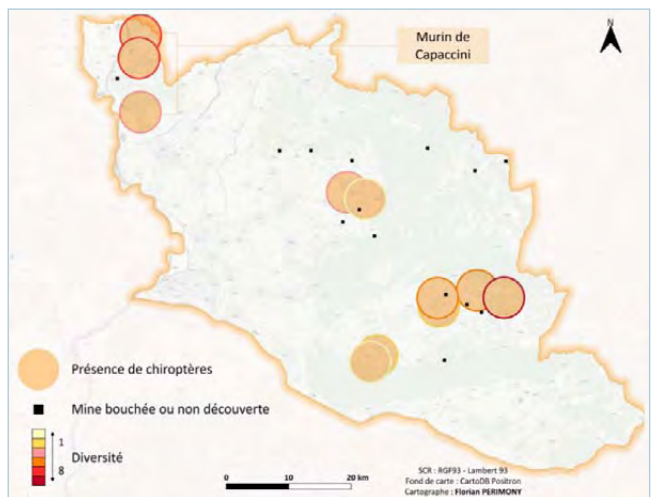


Tableau 2 - Figure 6 - Fréquentation estivale des anciennes mines et carrières du Vaucluse par les chauves-souris. D'après "GCP Synthèse tri-annuelle des suivis de gîtes en PACA-2020"

SYNTHÈSE EN CHIFFRES

Sur 35 sites (concessions) mentionnés dans la bibliographie, 19 incluaient une entrée favorable, 16 étaient fréquentés par les Chiroptères en hiver.

En période d'activité, la diversité s'élève à sept espèces patrimoniales contactées.

Au total, 79 entrées de mine ou carrière pour 15 575 mètres cumulés de développement souterrain ont été inspectés.

Le Murin de Capaccini a été découvert dans trois gîtes dans le nord Vaucluse et la Barbastelle d'Europe dans deux, à Bollène et Villars.

Prise en compte des chauves-souris en falaise : comment identifier les gîtes à chauves-souris en falaise et quelles sont les méthodes de sécurisation à privilégier ?

Anne PRACHE, Elfie LOUBINOUX & Emmanuel COSSON
 Groupe Chiroptères de Provence : 04 86 68 86 28 – gcp@gcprovence.org

Une falaise est un habitat fortement susceptible de contenir des gîtes à chauve-souris, elle est donc concernée par l'arrêté ministériel de 2007 pour la protection des chauves-souris et de leurs habitats.

L'objectif clé d'une étude sur les chauves-souris en falaise est d'avérer la présence de gîtes, et d'adapter les techniques de sécurisation aux enjeux identifiés.

LE PROTOCOLE DE SUIVI POUR IDENTIFIER LES GÎTES À CHAUVES-SOURIS EN FALAISE

Phase 1 : la préparation

Une bibliographie et une recherche des topos/photos des falaises sont établies préalablement.

Phase 2 : l'état des lieux

Il est procédé ensuite à une prospection détaillée.

Une recherche des anfractuosités au niveau des instabilités rocheuses est menée à la longue-vue et/ou aux jumelles à l'aide d'un miroir, chaque anfractuosité favorable est positionnée sur la topo/photo avec ses caractéristiques et l'estimation de l'enjeu.

Phase 3 : les compléments en cas d'enjeu

Prospection sur corde

Elle concerne les gîtes à enjeux dans la zone impactée mais aussi à proximité de la zone de travaux afin de vérifier leur utilisation par les chauves-souris et de noter les traces et les indices.

Prospection nocturne

La caméra thermique pour les secteurs jugés les plus favorables est utilisée. Cela nécessite une personne avec la caméra et une autre en écoute active avec des jumelles à vision nocturne.

Inventaire acoustique

L'écoute active permet d'identifier les espèces et leur comportement.

L'écoute passive est réalisée durant plusieurs nuits au niveau des zones à enjeux potentiels et sur plusieurs saisons. Une liste d'espèces est obtenue afin de mieux identifier les enjeux par espèces et leur activité (chasse, passage social).

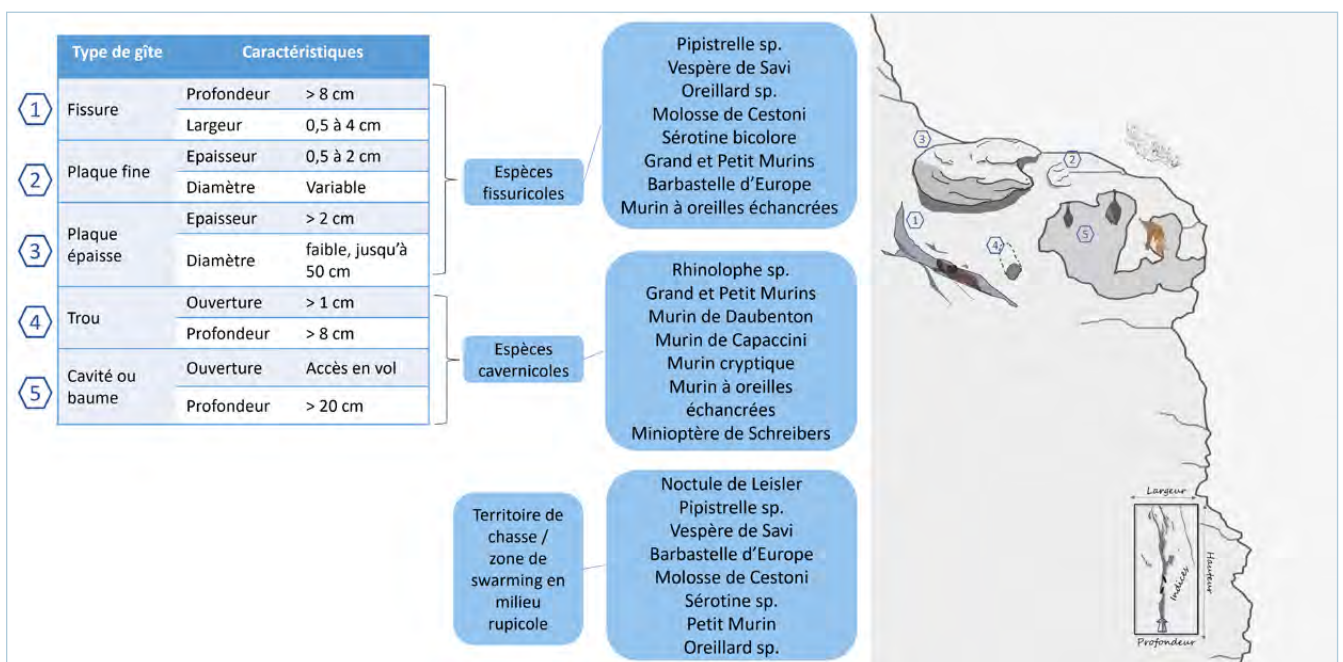


Figure 1. - Gîtes possibles pour les Chiroptères et espèces concernées

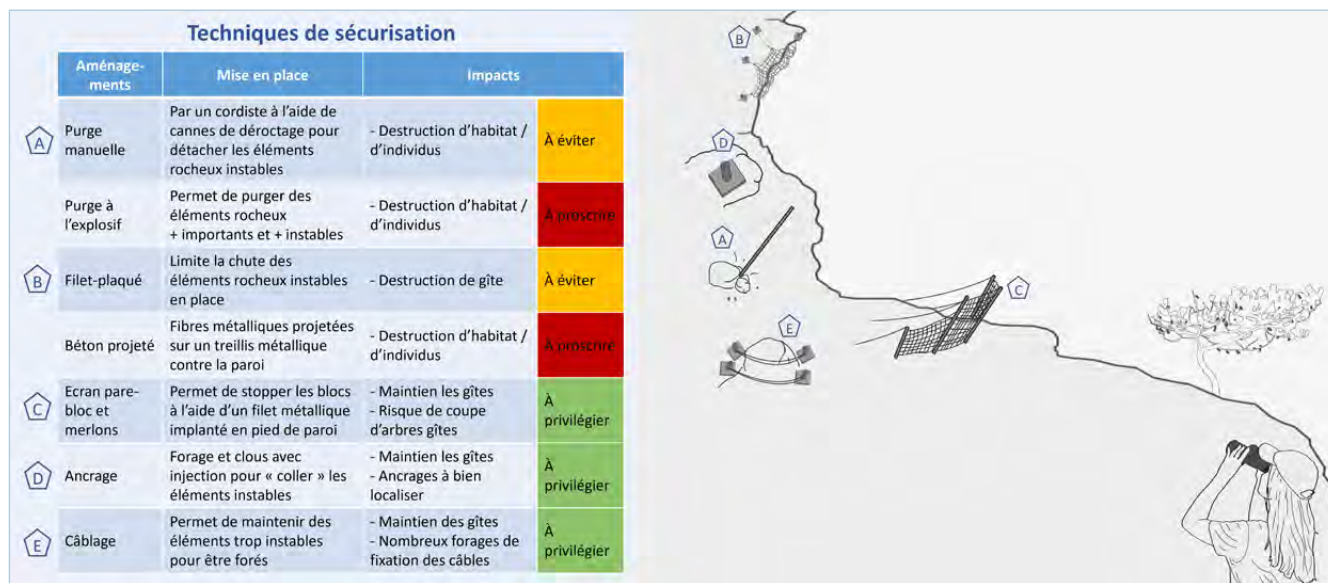


Figure 2. - Techniques de sécurisation d'une falaise et impacts pour les Chiroptères

Phase 4: analyse des enjeux

En fonction des résultats obtenus, une analyse des enjeux fixant une hiérarchisation des gîtes avérés et potentiels de repos ou de reproduction est effectuée.

UTILISATION DES FALAISES PAR LES CHIROPTÈRES EN PACA

Une falaise offre différents gîtes classés en cinq types et pour de nombreuses espèces (Fig. 1).

En plus des gîtes, une falaise peut être un territoire de chasse ou une zone de *swarming* en milieu rupicole pour la Noctule de Leisler, les pipistrelles, le Vespère de Savi, le Molosse de Cestoni, les sérotines, le Petit murin et les oreillard.

Quels sont les facteurs de favorabilité d'une falaise ?

- L'orientation à l'ensoleillement, au vent,
- La végétation peut être un corridor ou un obstacle,
- Certains types de roche sont plus favorables,
- En fonction de l'inclinaison, possibilité d'une exposition à la pluie,
- La hauteur, etc.

IMPACT DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE SÉCURISATION

Les techniques de sécurisation d'une falaise ont des impacts très différents sur les habitats utilisés ou potentiels pour les chauves-souris (Fig. 2).

POUR CONCLURE, QUELQUES ÉLÉMENTS DE RÉFLEXION

Cette méthodologie a montré son efficacité. Il a déjà été trouvé de la biocorrosion, des individus en gestation voire des colonies de plus de 30 individus !

Des minioptères, des petits murins et des murins à oreilles échancrées ont été observés.

Il existe une réelle limite des études d'impact actuelles sur la prise en compte de la problématique Chiroptères en falaises: le temps dédié et les moyens employés sont souvent sous-estimés.

Il est nécessaire d'avoir des cordistes naturalistes.

Il est indispensable de préserver les derniers habitats encore non modifiés par les humains: il faut donc prendre en compte les Chiroptères avant toute modification de falaise.

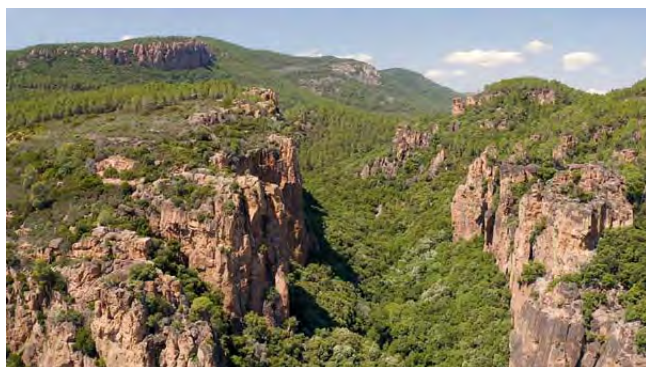
POSTER

Constat du retour d'une colonie de Chiroptères suite à la baisse de la fréquentation humaine lors du COVID. L'exemple des gorges du Blavet (83)

Théo DEFRANCQ, Marie SAVIGNAC & Emmanuel COSSON
Groupe Chiroptères de Provence – gcp@gcprovence.org

Les gorges du Blavet, un site exceptionnel...

Situées sur les communes de Bagnols-en-forêt et de la Bouverie (83), les gorges du Blavet se démarquent par leur beauté, de vertigineuses parois, pouvant atteindre plus de 80 mètres de haut, ont été creusées par un cours d'eau : le Blavet.



Une roche volcanique, la Rhyolite, donne une couleur rouge à ces gorges qui se dressent au milieu d'une zone boisée. Ce site monumental de 56 hectares héberge une importante diversité faunistique et floristique et est également remarquable par la présence de vestiges humains datant de l'âge du Bronze.

... très fortement fréquenté...

Le caractère exceptionnel de ces gorges fait de ce lieu un des sites majeurs et historiques d'escalade du Var (photo 2). En effet, la première voie a été ouverte en 1972 et actuellement plus de quatre cents voies sont régulièrement uti-

lisées. Les falaises présentent ainsi de nombreuses marques d'escalade.

Ce site est également utilisé pour d'autres sports de plein air tels que la randonnée (photo 3), la highline (photo 1), le VTT, etc. Son accessibilité et sa localisation, à proximité de grandes villes, font que les gorges du Blavet sont fréquentées par des sportifs, mais également par de nombreuses familles et retraités.

Il est également régulièrement utilisé par l'armée de l'air comme terrain d'entraînement de vol pour hélicoptères, mais également pour des bivouacs en cavité.

Cette surfréquentation a déjà montré des impacts sur la faune et la flore locales. Le changement d'aire de nidification du Hibou grand-duc dans ces gorges a notamment été observé, ainsi que la désertion de l'Aigle de Bonelli, qui nichait dans le site jusqu'aux années 80.

... abritant une colonie de Murin à oreilles échan-crées découverte en période de confinement

En 2020, lors de la première période de confinement, une colonie de 300 individus de Murin à oreilles échan-crées a été observée pour la première fois dans les gorges du Blavet au niveau d'une baume ouverte très utilisée pour l'escalade. Ce site a pourtant été régulièrement prospecté et est très souvent visité par les humains. La présence d'une telle colonie n'aurait donc pas pu passer inaperçue.

La nette diminution de la fréquentation humaine pendant les confinements liés au COVID-19 semble expliquer la recolonisation de la grotte par le Murin à oreilles échan-crées. L'observation de cette colonie au même endroit en 2021, lors de la seconde période de confinement, puis son



Photo 1. - highline, photo 2. - grimpeurs, photo 3. - marcheurs

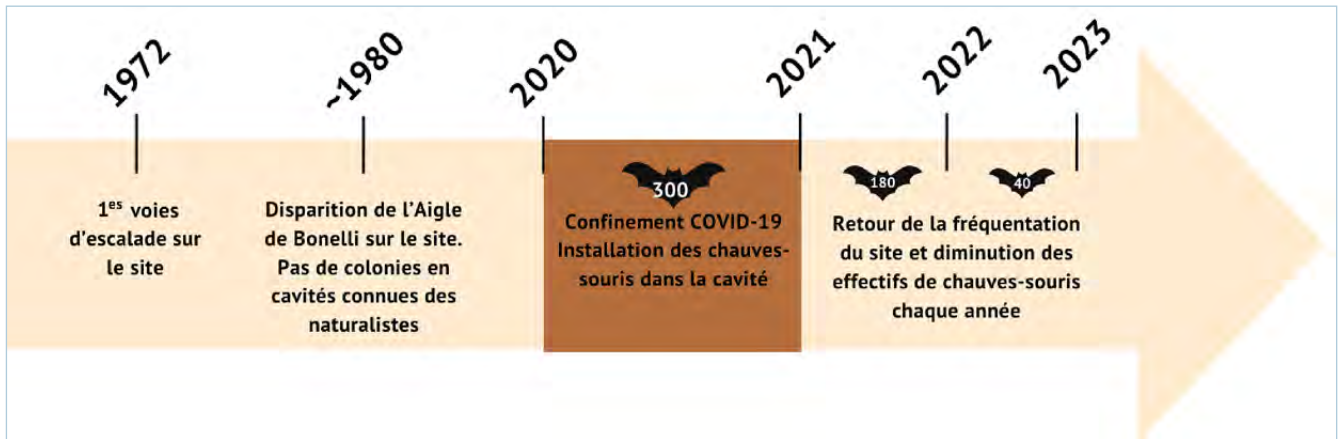


Figure 1. - Entre fréquentation humaine et biodiversité, chronologie de l'occupation des gorges du Blavet

changement de gîte pour une petite cavité moins utilisée par les humains en 2022, une fois le confinement terminé, concorde avec cette observation (figure 1).

Ce phénomène a également été observé dans une grotte des Alpes-Maritimes, où une importante colonie constituée de plusieurs espèces avait presque disparu depuis 2014 et dont les effectifs initiaux ont été de nouveau observés en 2020 à la suite du confinement et ceci malgré un APPB insuffisamment respecté.

Vers une protection et une gestion du site

À la suite de la construction d'un site d'enfouissement sur la commune de Bagnols-en-Forêt, les gorges du Blavet vont faire l'objet de mesures de compensation.

Il fera donc l'objet d'un Arrêté de Protection de Biotope et d'un Plan de Gestion. Des mesures de réduction de la fréquentation humaine seront ainsi mises en place.

La concertation pour le choix des voies à déséquiper s'est déroulée avec les grimpeurs en fonction des zones prioritaires identifiées par le GCP. Un meilleur balisage des sentiers est prévu afin de circonscrire la présence humaine et des zones de sensibilité seront définies avec un calendrier. Une petite baume sera également fermée afin d'assurer au Murin à oreilles échançrées (photo 4) une zone de reproduction sécurisée.

Cette démarche est réalisée en partenariat avec l'ONE, la Chargée de mission Natura 2000 Dracénie Provence Verdon Agglomération (Julie Vissac), la commune, le SIPME, la FFME, et les associations naturalistes, de chasse et sportives.

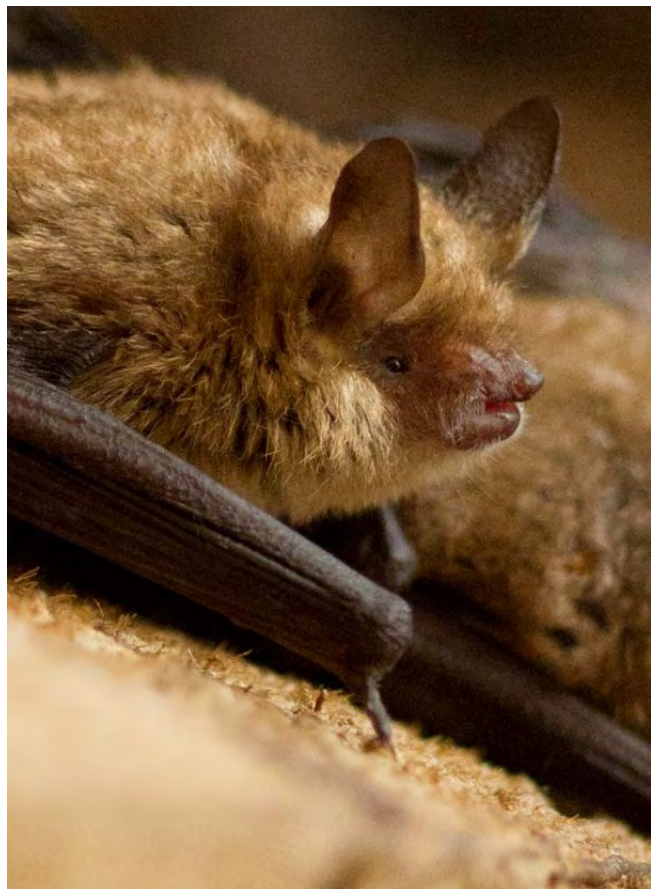


Photo 4. - Murin à oreilles échançrées © Tanguy Stoecklé

POSTER

Actualisation des connaissances sur la Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*) en PACA

Gauthier-Alaric DUMONT & Raphaël COLOMBO
Asellia Écologie - gadumont@asellia-ecologie.fr & rcolombo@asellia-ecologie.fr

INTRODUCTION

Espèce emblématique, la Grande noctule est la plus grande chauve-souris d'Europe. Considérée comme vulnérable en France et dans le monde par l'UICN, elle reste l'une des espèces les plus rares et les moins bien étudiées de la région PACA. La première donnée de l'espèce en région remonte à la fin du XIX^e siècle dans le secteur d'Hyères avec la capture de « nombreux individus dans les arbres creux du Château Saint-Pierre à Costebelle ainsi que dans une propriété viticole à la Roquette » [SIÉPI 1889]. Depuis les années 2010, la connaissance de cette espèce a largement progressé en France, grâce à l'acoustique et la télémétrie. De nombreux gîtes de femelles ou de mâles ont été découverts en particulier dans les Landes, le Massif central et la Corse. Pourtant, dans la région Sud-Provence-Alpes Côte d'Azur cette connaissance reste extrêmement lacunaire, notamment du fait de l'absence de prospections ciblées. Fort de ce constat, Asellia Écologie mène, depuis 2021, des prospections acoustiques ciblées dans les secteurs potentiels pour l'espèce, et a organisé en 2023 des prospections spécifiques dans l'objectif de découvrir les premiers gîtes de l'espèce en région depuis un siècle et demi.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un appel à données dans le réseau chiroptérologique régional a été réalisé et a permis de compiler 61 données (Haquart A., Giraudet P., Bantwell L., Bruhat L., Gattus J.C., Colombo R.). Celui-ci a été complété par les données du SINP régional et de l'INPN, ainsi que par certaines structures qui ont répondu favorablement à notre demande: PNR Préalpes d'Azur, PN Mercantour, ONF... soit 39 données supplémentaires.

Asellia Écologie a réalisé, entre 2021 et 2023, 73 nuits d'enregistrements passifs spécifiques dans la région, dans des secteurs identifiés comme favorables. Ceci a permis d'ajouter 26 données d'occurrences réparties en 25 placettes pour un total de 236 contacts de 5 secondes.

Suite à cet inventaire, une semaine de prospection "bénévole" ciblée a été organisée en juillet 2023 mobilisant une trentaine de personnes autour d'Asellia Écologie, Saxicola et du CDS06. En cinq nuits, 10 captures ont été réalisées, apportant cinq données supplémentaires (capture et gîte).

RÉSULTATS

L'espèce est présente toute l'année en PACA, sans augmentation de l'activité en période de transit (printemps et automne). Donc, elle n'est pas présente qu'en migration. Le pic d'observation en juillet semble en faveur d'une population résidente voire possiblement reproductrice.

La majorité des observations se situe à basse altitude, en dessous de 500 m, mais l'espèce semble bien présente jusqu'à 1 500 m comme en atteste la découverte d'un gîte à 1 076 m. Elle fréquente aussi les étages alpins avec l'observation en 2018 de la plus haute donnée en région à 2 811 m au Col Vieux dans le Queyras par JC Gattus (ONF).

En PACA, les contacts de Grande Noctule se concentrent essentiellement dans le Var (48 % des observations) et les Alpes-Maritimes (39 %). Les populations semblent se répartir en trois noyaux: Préalpes d'Azur, Massif des Maures et basse vallée de la Durance. La présence de l'espèce en France est liée aux grands massifs boisés de résineux [Bec *et al.* 2010]. A l'échelle de la région, cette préférence semble se confirmer. En effet, 28 % des contacts de l'espèce en milieu forestier sont en futaies à Pin sylvestre; viennent ensuite les boisements de Chêne vert et de Chêne-liège (13 % chacun). Ce préférendum d'habitats est conforté par la découverte d'un gîte arboricole en 2023 dans un Pin sylvestre, au cœur d'une jeune pinède. Cet arbre a été découvert grâce à la capture d'un mâle adulte sur un gué à 780 m du gîte. L'individu a passé trois jours consécutifs seul, dans une loge de pic, avant de disparaître sans être retrouvé malgré des recherches ciblées les cinq jours suivants dans un rayon de 15 km autour du gîte. Fin août, la loge était occupée par un pic épeiche.

DISCUSSION

Le travail mené par Asellia Écologie en 2023 a permis d'améliorer l'état des connaissances sur cette espèce méconnue en région.

Si elle apparaît localisée dans certains secteurs, elle semble sédentaire et probablement reproductrice. La découverte d'un arbre-gîte en forêt communale démontre l'intérêt des prospections ciblées.

La protection des populations régionales passera nécessairement par la réalisation de nouveaux inventaires spéci-

fiques couplant acoustique et télémétrie. Seule la poursuite de ces opérations et la concertation avec les gestionnaires forestiers garantiront sa conservation.

Remerciements. - Vincent Robert et Pierrick Giraudet qui travaillent depuis 2021 à l'amélioration des connaissances sur cette espèce. Alexandre Hacquart qui a partagé sa base de données. Jean-Christophe Gattus pour son aide sur le terrain. Ainsi que toutes les personnes ou structures qui nous ont transmis leurs données et bien évidemment toutes les personnes qui ont participé à la semaine de prospection.

BIBLIOGRAPHIE

- SIÉPI P., 1889. - Liste des Chiroptères dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Var. *Compte rendu des séances du congrès international de zoologie*, 52-58.
- BEC J., HACQUART A., JULIEN J.F., 2010. - La Grande Noctule, *Nyctalus lasiopterus*, en France: synthèse de sa répartition et hypothèse pour ses préférendums d'habitats. *Symbioses*, N.S., 25: 66-69.



Grande noctule, © Raphaël Colombo - Asellia 2025

Lien vers le poster : https://www.researchgate.net/publication/374192316_Actualisation_des_connaissances_sur_la_Grande_Noctule_Nyctalus_lasiopterus_en_PACA

Les gîtes du Minioptère de Schreibers dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, état des lieux et synthèse des protections

Théo DEFRANCQ, Delphine QUEKENBORN, Alexia ETLIN, Emmanuel COSSON
Groupe Chiroptères de Provence – gcp@gcprovence.org

RÉPARTITION

Le Minioptère de Schreibers, *Miniopterus schreibersii*, est une espèce cavernicole qui gîte dans des grottes, tunnels, carrières et mines. Il est présent dans toute l'Europe méridionale, de la péninsule ibérique jusqu'aux Balkans et à l'ouest de la Turquie, également en Afrique du Nord [AULAGNIER *et al.* 2020]. Sa population mondiale est estimée entre 650 000 et 1 000 000 d'individus [AULAGNIER & PRESETNIK 2022].

L'Europe semble être le noyau principal de cette population avec 500 000 à 650 000 individus. En France, sa population est estimée à environ 200 000 individus répartis dans six régions : Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Occitanie, Nouvelle-Aquitaine et Corse [BASCOLE & DEVAUX 2024]. Sa limite de répartition au nord de la France se situe au niveau de la Franche-Comté, la Bourgogne et la Charente [ARTHUR & LEMAIRE 2015]. Sa population est estimée à 12 000 individus en région PACA cantonnée principalement au sud et à l'ouest de la région (GCP.dbchiro.org).

MÉNACES

Son écologie, en particulier son caractère très grégaire ainsi que sa dépendance au milieu souterrain, font du Minioptère de Schreibers une espèce de chauve-souris particulièrement menacée au niveau régional, national et international. Trois menaces l'affectent principalement.

La première concerne l'altération et la destruction des gîtes souterrains. Ces habitats sont essentiels pour que l'espèce puisse assurer un cycle biologique complet. En région PACA, région karstique et exploitée pour des carrières, ces gîtes potentiels sont en apparence nombreux. Mais la fermeture ou la destruction de cavités ou d'anciennes mines induit une perte d'habitats clefs dont l'espèce est très dépendante. De plus, le Minioptère de Schreibers est également très sensible à toutes modifications structurelles et fonctionnelles des gîtes. La modification ou l'obstruction des entrées, la modification du volume des cavités (naturelle ou anthropique), la mise en charge des réseaux, la présence de vibrations ou de bruits en surface peuvent entraîner une désertion des sites. En région PACA, une grotte située dans le Var est un très bon exemple de l'impact de la modification des conditions abiotiques d'une cavité sur les colonies de Minioptère de Schreibers. En effet, cette cavité abritait historiquement une très importante

colonie pendant la période de mise bas, avec des absences de 1956 à 1959 et en 1961 à la suite de l'ouverture d'une troisième entrée impactant la température et l'hygrométrie [COLOMBIER 1959, COLOMBIER 1961]. Cette grotte a depuis été complètement désertée.

La deuxième menace est le dérangement anthropique à l'intérieur de la cavité. Cette sensibilité est notamment accrue en période de mise bas et en période d'hibernation. Des intrusions dans le gîte peuvent ainsi provoquer des réveils prématurés pendant la période d'hibernation, la chute de juvéniles non volants pendant la période de reproduction, voire la désertion du gîte.

La dernière menace pesant sur le Minioptère de Schreibers est le risque sanitaire. En 2002, l'espèce a notamment été affectée par une épizootie qui a eu pour conséquence la chute d'environ 65 % de la population nationale dans les sites d'hibernation [ROUÉ & NEMOZ 2002]. Cet événement a provoqué un goulet d'étranglement populationnel pouvant entraîner une baisse de diversité génétique voire une dérive génétique rendant la population encore plus vulnérable.

Depuis 2002 et l'épisode de mortalité importante, les populations de Minioptère de Schreibers continuent de baisser. Au niveau national, on observe par exemple une diminution de près de 4 % de la population de Minioptère de 2010 à 2015 dans les sites suivis régulièrement [BASCOLE & DEVAUX 2024]. Nous faisons également ce constat en Provence dans ses sites de reproduction depuis 10 ans.

PROTECTION

Le Minioptère de Schreibers est une espèce au statut de protection renforcé. À l'échelle européenne, il est notamment inscrit aux annexes II et IV de la Directive Habitats-Faune-Flore (92/43/CEE) et couvert par la Convention de Berne (espèce strictement protégée), par la Convention de Bonn et par l'Accord EUROBATS. Il est classé respectivement « vulnérable » et « quasi-menacé » sur les listes rouges nationales et mondiale de l'UICN [UICN FRANCE *et al.* 2017].

Au niveau national l'espèce est strictement protégée par l'article L411-1 du Code de l'environnement, conformément à l'arrêté du 23 avril 2007, et classée « Vulnérable » sur la Liste Rouge nationale des Mammifères terrestres [UICN FRANCE 2017]. Elle fait également partie des 19 espèces identifiées comme prioritaires dans le Plan National d'Actions (PNA) Chiroptères 2016-2025 [TAPIERO 2017].

Malgré son statut de protection renforcé, l'espèce est en

fort déclin au niveau de la région PACA. Son état régional de conservation est évalué comme défavorable et son enjeu de conservation est très fort à l'échelle de PACA.

Il est donc essentiel de protéger les habitats clefs du Minoptère de Schreibers que sont les gîtes.

Pour cela différents moyens peuvent être mis en œuvre :

- des protections réglementaires : la création d'un Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB), d'une Réserve Naturelle Régionale ou Nationale (RNR ou RNN), d'une Obligation Réelle Environnementale (ORE), d'un Arrêté Préfectoral, Municipal, etc. permettant de protéger réglementairement les gîtes du Minoptère de Schreibers,
- des protections physiques : l'installation de grilles adaptées ou plutôt de périmètres grillagés permet de limiter le dérangement humain et la dégradation du gîte causée par la fréquentation humaine non gérée,
- l'acquisition foncière de gîtes qui permet de faciliter une gestion adaptée et de limiter la fréquentation humaine.

La région PACA abrite actuellement plus d'une centaine de gîtes de Minoptère de Schreibers couvrant toutes les périodes de leur cycle biologique dont seulement sept colonies de reproduction (figure 1). Parmi ceux-ci, 24 sont protégés :

- deux sites protégés réglementairement par APPB,
- douze sites protégés physiquement,

- huit sites protégés à la fois physiquement et réglementairement,
- deux sites en protection par maîtrise foncière après acquisition par le GCP.

UN POINT SUR LES SITES D'INTÉRÊT INTERNATIONAL

Site de Saint-Rémy de Provence (13)

Le site de Saint-Rémy de Provence est protégé par un APPB depuis 1998, par une grille dès les années 90 et un périmètre grillagé depuis 2013. Il est fréquenté par des individus de Minoptère de Schreibers en période d'hibernation et de transit.

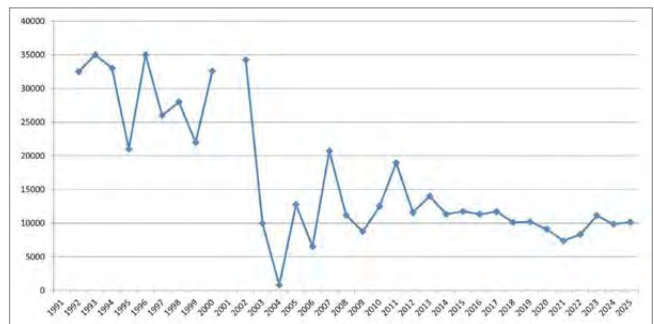


Figure 2. – Évolution des effectifs maximums de Minoptère de Schreibers en période d'hibernation, site de Saint-Rémy de Provence de 1992 à 2025

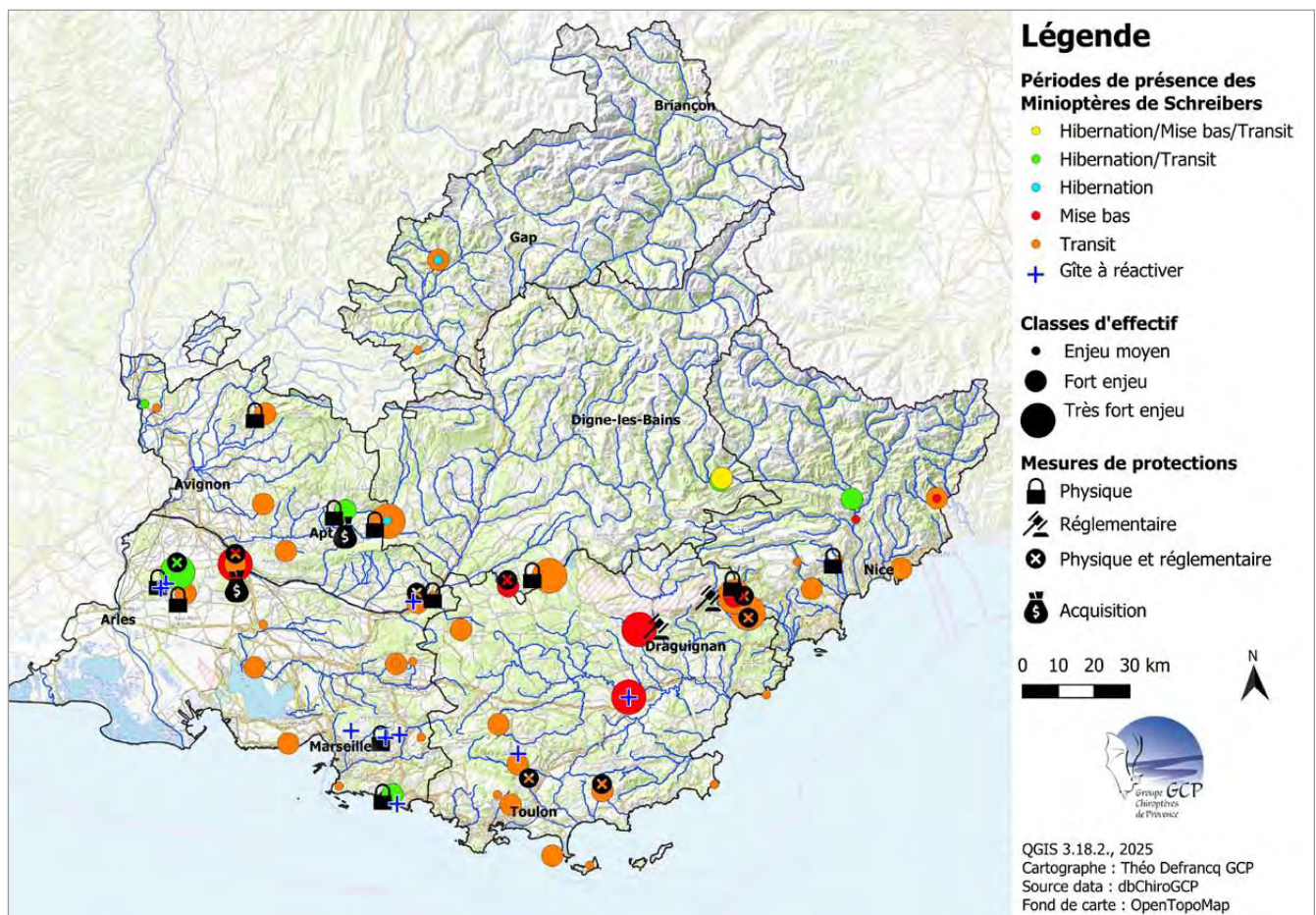


Figure 1. – Les gîtes de Minoptère de Schreibers dans la région PACA et les différents moyens de protection mis en place (données 2023)

Le suivi de cette cavité est réalisé par le GCP (figure 2). Une importante diminution de l'effectif a été constatée en 2003. Les effectifs ont ensuite été très instables de 2004 à 2013 (année de la nouvelle protection physique). De 2013 à 2022, les effectifs poursuivent une légère diminution constante. Une stabilité autour de 10 000 individus est observée de 2023 à 2025.

Site d'Orgon (13)

Le site d'Orgon est protégé par un APPB depuis 2013 et par une grille à son entrée. En 2015, le GCP est devenu propriétaire de la parcelle au-dessus de la colonie. De nombreux travaux, de mise en tranquillité et de renforcement structurel, ont été réalisés en 1990, 2012, 2015, 2016, 2021 et 2022. Il est fréquenté par des individus de Minioptère de Schreibers en période de mise bas et de transit.

Le suivi de cette cavité est réalisé par le GCP. Malgré l'absence de fréquentation humaine à l'intérieur du site, la population de Minioptère de Schreibers connaît un déclin important et régulier. Le nombre d'individus adultes est passé d'environ 4 000 en 2016 à 3 000 en 2025 (figure 3). Les effectifs semblent néanmoins se stabiliser aux alentours de 3 000 depuis 2019.

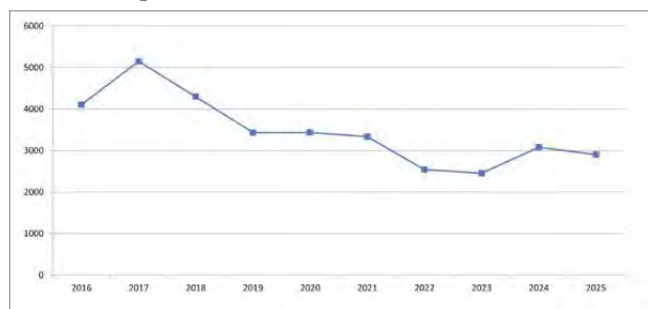


Figure 3. – Évolution des effectifs maximums de Minioptère de Schreibers en période de mise bas, site d'Orgon de 2016 à 2025

Site de la Foux (06)

Le site de la Foux est connu depuis 2016, il n'est pas protégé physiquement ni réglementairement pour les Chiroptères. Toutefois, s'agissant d'une propriété EDF il est donc préservé. Ainsi, il ne subit que très peu de dérangement humain. Il est fréquenté par des individus de Minioptère de Schreibers en période de mise bas et de transit.

Son suivi est assuré par le GCP en partenariat avec EDF. Son comptage est compliqué et ses effectifs varient d'une année à l'autre (figure 4). Cette variation peut s'expliquer

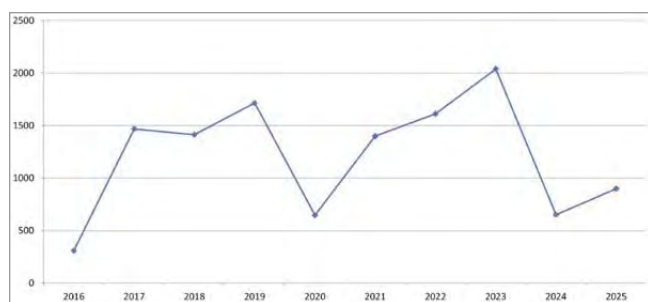


Figure 4. – Évolution des effectifs maximums de Minioptère de Schreibers et de Myotis spp. en période de mise bas, site de la Foux de 2016 à 2025

par le fait que ce gîte fait partie d'un éco-complexe de cavités, des échanges de population peuvent alors avoir lieu. Néanmoins, la majorité des sites de l'éco-complexe sont en mauvais état de conservation. Le maintien de ce gîte et de ses conditions d'accueil favorables sont donc essentiels pour la conservation de l'espèce.

UN POINT SUR LES GÎTES D'INTÉRÊT NATIONAL

Site d'Esparron (04)

Le site d'Esparron est protégé par un APPB depuis 2009. Des premiers travaux de mise en protection physique ont été réalisés en 1996. Ceux-ci ont été renforcés en 2009 puis en 2021. Il est fréquenté par des individus de Minioptère de Schreibers en période de mise bas.

Son suivi est assuré par le GCP en partenariat avec EDF et le Parc Naturel Régional du Verdon. Malgré les mesures de protection, le nombre d'individus reste très variable d'une année à l'autre (figure 5). Cela peut être dû à une fréquentation humaine importante de l'entrée de cette grotte. En effet, celle-ci est située dans une zone très touristique et, compte tenu de son environnement, la protection physique existante ne permet pas de limiter le dérangement à un niveau compatible avec la présence de Minioptère de Schreibers. Le renforcement de la protection physique en 2021 par une barrière flottante a eu pour but de limiter davantage les intrusions humaines. Ces dernières années, les effectifs sont compris entre 1 500 et 2 000 individus.

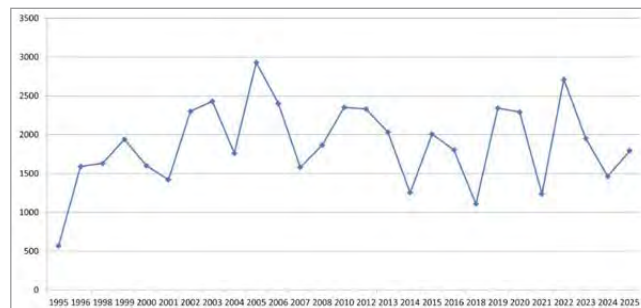


Figure 5. – Évolution des effectifs maximums de Chiroptères sp. (dont le Minioptère de Schreibers) en période de mise bas, site d'Esparron de 1995 à 2025

Site d'Entraygues (83)

Le gîte d'Entraygues ne dispose actuellement d'aucune protection physique ou réglementaire pour les chauves-souris car c'est un site classé. Il est fréquenté par des individus de Minioptère de Schreibers en période de mise bas et de transit.

Son suivi est assuré par le Conservatoire d'Espaces Naturels. Une importante diminution des effectifs de Minioptère de Schreibers est observée dans la cavité, le nombre d'individus étant passé de 800 à 325 en seulement 7 ans (figure 6). Cette diminution pourrait être due à une dégradation physique du site ainsi qu'à une importante fréquentation humaine. Le gîte d'Entraygues fait donc partie des sites prioritaires en PACA pour l'identification des causes de cette importante baisse d'effectif et pour, si besoin, la mise en place de protections physique et/ou réglementaire.

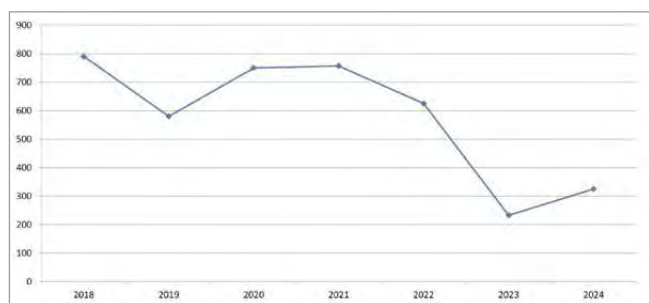


Figure 6. – Évolution des effectifs maximums de Minioptère de Schreibers en période de mise bas, site d'Enraygues de 2018 à 2024

Site de Montauroux (83)

Le site de Montauroux est protégé par un APPB depuis 2011. Des premiers travaux de mise en protection physique ont été réalisés par le propriétaire en 2010. Il est fréquenté par des individus de Minioptère de Schreibers en période de transit.

Son suivi est assuré par le Syndicat Mixte pour les Inondations, Aménagement et la Gestion de l'Eau maralpin. Une importante diminution des effectifs est observée de 2000 à 2008, puis le nombre d'individus poursuit une légère diminution de 2011 à 2019 (figure 7). Les effectifs sont en légère croissance depuis.

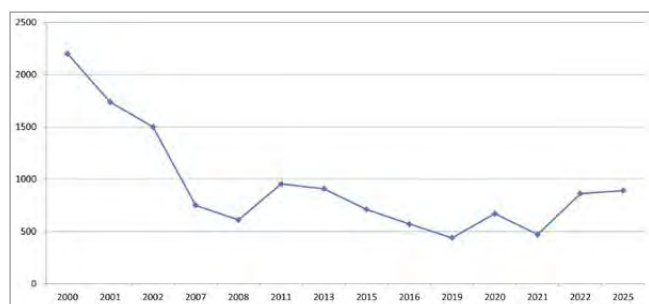


Figure 7. – Évolution des effectifs maximums de Chiroptères sp (principalement Minioptère de Schreibers) en période de transit, site de Montauroux de 2000 à 2025

PERSPECTIVES

Les mesures de protection sont efficaces pour limiter le dérangement dans les gîtes majeurs de la région PACA. Bien que les effectifs de Minioptère de Schreibers semblent baisser dans les gîtes protégés, cette diminution est bien moins importante que dans des gîtes où la fréquentation humaine n'est pas gérée. L'utilité d'une protection physique a notamment été démontrée en région PACA. En effet, une cavité quasiment désertée depuis plus de 10 ans a été protégée physiquement à l'automne 2024. Une colonie d'environ 70 Murins de Capaccini et quelques Minioptères de Schreibers a occupé cette cavité au printemps 2025.

Les mesures de protection se poursuivent en région PACA. Actuellement, 10 APPB et 6 protections physiques sont en projet. Deux projets de RNR ciblés sur les chauves-souris sont également en cours pour des secteurs où gîte le Minioptère de Schreibers.

Au niveau national, un programme LIFE sur le Minioptère de Schreibers, porté par la SFEPM et coor-

onné au niveau régional par le GCP, a été déposé en septembre 2025 avec de nombreux partenaires régionaux et est en cours d'examen.

RÉFÉRENCES

- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021. - *Les chauves-souris de France, Belgique et Luxembourg et Suisse*. Biotope - M.N.H.N., Mèze - Paris, 592 p.
- AULAGNIER S., HAFFNER P., MOUTOU F., 2020. - *Mammifères d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient*. Delachaux et Niestlé, 320 p.
- AULAGNIER S. & PRESETNIK P., 2020. - Schreibers' Bent-Winged Bat *Miniopterus schreibersii* (Kuhl, 1817). In : Hackländer K., Zachos F.E. (eds) *Handbook of the Mammals of Europe*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65038-8_48-1
- BASCOLE P. & DEVAUX T., 2024. - AMI Surveillance nationale du Minioptère de Schreibers – Rapport final d'activité. SFEPM, MNHN, OFB.
- COLOMBIER J., 1959. - La campagne 1959 de baguage cheiroptérologique. *Annales de la Société des sciences naturelles et d'archéologie de Toulon et du Var*, 11 : 144-147.
- COLOMBIER J., 1961. - Bagueage des chauves-souris dans le Var. *Annales de la Société des sciences naturelles et d'archéologie de Toulon et du Var*, 13 : 173-176.
- ROUÉ S. & NÉMOZ M., 2002. - *Mortalité exceptionnelle du Minioptère de Schreibers en France lors de l'année 2002*. Bilan National. SFEPM, Toulouse, 27 p.
- TAPIERO A., 2017. - *Plan national d'actions en faveur des Chiroptères 2016-2025*. Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie. Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, Paris.
- U.I.C.N. FRANCE, M.N.H.N., S.F.E.P.M. & O.N.C.F.S., 2017. - *La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine*. U.I.C.N. France - M.N.H.N. - S.F.E.P.M. - O.N.C.F.S., Paris, 16 p.



Colonie de mise bas de Minioptères de Schreibers, Orgon, juin 2024
© Théo Defrancq

POSTER

40 ans de suivis chiroptérologiques dans la grotte de Cailhol (Hérault)

Pascal MÉDARD*, Stéphane AULAGNIER**

* Espace Nature Environnement, 1 chemin de la Fumade, 34210 Félines-Minervois.

** Comportement & Ecologie de la Faune Sauvage, INRAE,

Université de Toulouse, CS 52627, 31326 Castanet Tolosan cedex. stephane.aulagnier@inrae.fr

Résumé. - De 1983 à 2022, 152 séances de prospections ont permis d'identifier les variations saisonnières et à plus long terme du peuplement de Chiroptères de la grotte de Cailhol (Hérault). Alors que la cavité a hébergé toutes les espèces troglophiles de la région méditerranéenne de France continentale, trois périodes contrastées ont marqué son occupation du printemps à l'automne, avec des maternités de *Minioptère* de Schreibers et de Murin de Capaccini de 1983 à 1992, une relative désertion de 1993 à 2005, année du retour d'une colonie de *Rhinolophe* euryale. En hiver, la cavité est plus fréquentée depuis 2005, par les espèces de rhinolophes. Facilement accessible, la grotte a nécessité la mise en place de protections (grille, périmètre de sécurité), nécessaires mais qui ont eu un impact sur le peuplement.

Mots clés. - Chiroptères, cavité, maternité, hibernation, transit, suivi à long terme

Abstract. - From 1983 to 2022, 152 surveys have been conducted in the Cailhol cave (Hérault, France) for counting bats throughout the seasons. Most cave-dwelling bats of the French Mediterranean area were identified along three main periods. From 1983 to 1992 the cave was mainly occupied by a maternity of *Miniopterus schreibersii* and *Myotis capaccinii*. After a relative desertion, it was occupied from 2005 onward by a colony of *Rhinolophus euryale*. From the same year, the number of wintering rhinolophids (at least three species) is increasing. Approachable from the road, this cave required and still require physical protection. Unfortunately, the cave entrance is small and grilles prevents some bat settlement, and the more recent security fence is less effective.

Key-words. - Chiroptera, cave, maternity, hibernation, transit, long-term monitoring

INTRODUCTION

En Europe, les Chiroptères ont été étudiés par le baguage dès le début du XX^e siècle qui a été essentiellement développé à partir de 1932 [HUTTERER *et al.* 2005]. Puis, des suivis réguliers à long terme des populations ont été initiés en 1943 aux Pays-Bas pour les cavités du Limburg [WEINREICH & OUDE VOSHAAR 1992], puis en Grande-Bretagne à l'été 1962 pour les maternités et l'hiver 1962-1963 pour les gîtes d'hibernation de Grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) [RANSOME 1989]. En Tchécoslovaquie, parallèlement à un premier suivi hivernal du peuplement d'une cavité de Moravie en 1958 [ZUKAL *et al.* 2003], les premières prospections de Petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) en hibernation ont débuté en 1958, pour devenir régulières à partir de 1968 [CHYTYL & GAISLER 2012]. Cette dernière année, un suivi de gîtes arboricoles a été initié [LUČAN & HANÁK 2010], avant celui de nombreux sites souterrains d'hibernation en 1970 [HORÁČEK 2010]. En France, encouragés par le groupe Chiroptères national de la SFEPM (Société Française d'Étude et de Protection des Mammifères), les suivis ont débuté dans les années 1980 pour les gîtes d'hibernation [ARIAGNO & SALAÜN 1991, LEMAIRE & ARTHUR 2007, GOYAUD *et al.* 2009, FAUVEL 2013], puis les maternités [ARTHUR *et al.*

2014]. Le Languedoc-Roussillon n'a pas échappé à cette tendance, avec plusieurs cavités hébergeant d'importantes colonies de chauves-souris, tant pour l'hibernation que pour la mise bas [BOLÉAT *et al.* 2022]. Le premier objectif de ces inventaires était de recenser les gîtes souterrains du *Minioptère* de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*), espèce grégaire qui réunit généralement autour d'elle d'autres espèces méditerranéennes. Ainsi, dès 1981 Pascal Médard identifia un réseau de 15 sites d'intérêt patrimonial des



Figure 1. - Localisation géographique du site Natura 2000 "Causse du Minervois" et de la grotte de Cailhol (Hérault, France) (source: DREAL Occitanie)

Pyrénées-Orientales à l'Aude et à l'ouest de l'Hérault, dont la grotte de Cailhol, et assura un suivi bénévole de ces sites jusqu'à la constitution du réseau Natura 2000.

La grotte de Cailhol se situe sur la commune de La Caunette (34), plus précisément au hameau de Cailhol. Elle est incluse dans le Site d'Intérêt Communautaire (SIC) FR 9101444 "Causses du Minervois" classé en 2015 (figure 1). Son intérêt chiroptérologique a été mis en évidence à la fin des années 70 par Pascal Médard et François Sagot sur les indication d'un berger, Georges Menot. Depuis et afin de connaître l'évolution des populations de Chiroptères occupant la grotte ainsi que d'identifier les menaces qui pourraient peser sur ces animaux, un suivi annuel de ce site est réalisé, en grande partie de manière bénévole et par conséquent plus ou moins régulier. Après 40 années d'étude, il était essentiel de faire la synthèse des données acquises.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

De 1983 à 2022, 152 séances de prospections (visites de la cavité complètes ou partielles, comptages en sortie de gîte et/ou captures au filet). Ces prospections s'inscrivant dans le suivi des 15 sites ont été complètes et plus régulières les premières années, avant de parfois se limiter aux espaces connus pour être fréquentés. À Cailhol, ce sont la voûte d'entrée claire et sa partie sombre, le palier supérieur, l'abri sous roche, le premier puis le deuxième et enfin le troisième palier de descente, la première et la deuxième grande salle basse avec le départ du couloir menant aux salles de reproduction. Afin de tenir compte du cycle de vie complet des Chiroptères, ces 152 suivis ont été répartis entre les différentes saisons de façon à étudier l'utilisation de la grotte lors du transit printanier (20 de mi-mars à mi-mai), de la période de mise bas et d'élevage des jeunes (53 de mi-mai à mi-août), du transit automnal (35 de mi-août à mi-novembre) ainsi que de l'hibernation (44 de mi-novembre à mi-mars). Lors de 14 visites la grotte était inoccupée.

RÉSULTATS

Diversité spécifique

Dix espèces ont été observées dans la grotte de Cailhol dont 8 inscrites à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore (en gras) :

- **Grand rhinolophe** *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774),
- **Petit rhinolophe** *Rhinolophus hipposideros* (André, 1797),
- **Rhinolophe euryale** *Rhinolophus euryale* (Blasius, 1853),
- **Rhinolophe de Méhely** *Rhinolophus mehelyi* Matschie, 1901,
- **Minioptère de Schreibers** *Miniopterus schreibersii* (Natterer in Kuhl, 1817),
- **Murin de Capaccini** *Myotis capaccinii* (Bonaparte, 1837),
- **Grand murin** *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797),

- **Petit murin** *Myotis blythii* (Tomes, 1857),
- **Murin de Daubenton** *Myotis daubentonii* (Kuhl, 1817),
- **Oreillard gris** *Plecotus austriacus* (Fischer, 1829).

Entre 1983 et 1989, au moins 5 espèces (toutes inscrites à l'annexe II) ont été vues, avec un biais à prendre en compte. C'est au fil des années de suivis que Pascal Médard, observateur principal, a acquis les connaissances nécessaires pour déterminer avec précision les différentes espèces, parfois gîtant à bonne distance ou dans des anfractuosités. Ainsi des individus ressemblant à des rhinolophes euryales mais au pelage plus orangé ont été identifiés comme rhinolophes de Méhely sur la base de la morphologie de la selle et de la lancette de la feuille nasale. Il est possible que cette espèce ait occupé la grotte dans les années 1980 mais qu'elle n'ait pas été identifiée au milieu de regroupements de rhinolophes euryales. Depuis 1984 plusieurs individus sont présents chaque hiver. Le Minioptère de Schreibers, présent en période de mise bas, représentait alors l'essentiel des effectifs qui fréquentaient la cavité. À noter la présence régulière du Murin de Capaccini de mars jusqu'à l'envol des jeunes autour du 15 juillet, leur départ coïncidant avec l'assèchement de la Cessière, rivière coulant dans un canyon en dessous du site. Un Petit murin a été identifié avec certitude une fois dans l'essaim regroupant minioptères, rhinolophes et murins de Capaccini.

Lors de la décennie 1990, au moins 8 espèces (dont 7 inscrites à l'annexe II) ont été contactées, avec l'identification de plus ou moins cinq rhinolophes de Méhely et d'un Murin de Daubenton, apparition possiblement corrélée avec la dégradation de la qualité des eaux de la Cesse et de son affluent la Cessière. Ceci est d'autant plus remarquable que la pression de prospection a été inférieure à celle de la décennie précédente (un seul comptage en sortie de gîte et 17 visites ont été réalisées contre 33 visites entre 1983 et 1989).

C'est de 2000 à 2009 que la diversité spécifique a été la plus faible avec les absences notables du Minioptère de Schreibers et du Murin de Capaccini. Pour ce dernier l'assèchement prématuré de la Cessière lié à l'exploitation anthropique de l'eau a amené la colonie à se déplacer dans la grotte de Bize-Minervois, située 12 km en aval près de la Cesse. Seuls les rhinolophes gîtaient dans la grotte de Cailhol durant cette décennie.

À l'inverse, de 2010 à 2019 la diversité spécifique a atteint un maximum dans la cavité. En effet, les 10 espèces citées ci-dessus ont été observées durant les prospections effectuées dans le site au cours de ces années (au total 60 visites), dont l'Oreillard gris qui n'a été vu qu'à deux reprises (le 5.02.2010 et le 12.03.2010), très probablement les deux mêmes individus venus hiberner durant l'hiver 2009-2010.

Le 31.08.2020, au moins 6 espèces étaient rassemblées dans le gîte : Grand rhinolophe, Petit rhinolophe, Rhinolophe euryale/de Méhely, Murin de Capaccini, Grand/Petit murin et Murin de Daubenton. Cette prospection a été la plus riche en nombre d'espèces alors que la grotte n'a pas été visitée dans son intégralité.

De 2020 à 2022, 8 espèces (dont 7 inscrites à l'annexe II) ont été recensées dans la grotte de Cailhol. Malgré un nombre

élevé de visites (30) les rares minioptères de Schreibers présents durant la fin d'été 2015 n'ont pas été revus, huit murins de Capaccini n'ont été observés que le 31.08.2020.

Transit printanier

Jusqu'à la fin des années 1990, la grotte de Cailhol a constitué un gîte de transit printanier pour 7 espèces (figure 2). Au maximum, ce sont 5 espèces qui ont occupé le site en même temps le 13.05.1995 et le 5.04.1998. De 1984 à 1998, les effectifs par espèce ont oscillé respectivement entre 1 et 8 individus pour le Grand rhinolophe, 1 et 7 individus pour le Petit rhinolophe (moins fréquemment rencontré que le Grand rhinolophe), 1 et 29-30 individus pour le Rhinolophe euryale, 1 et 1070-1090 individus pour le Minioptère de Schreibers et 1-80 individus pour le Murin de Capaccini. Le nombre de petits murins n'a pas été relevé et 1 Rhinolophe de Méhely a été déterminé le 16.03.1996. Les plus importants rassemblements ont été observés le 5.04.1988 pour le Minioptère et le 5.04.1998 pour le Murin de Capaccini, ce même jour, un groupe de 225 minioptères de Schreibers était aussi présent dans la

cavité.

Entre 1999 et 2014, la cavité n'a pas été visitée à cette saison. Depuis la reprise des prospections printanières le 21.03.2015, sont seulement présents des rhinolophes dont les effectifs totaux varient entre 2 et 28 individus. Le 24.04.2015, à la suite d'un dérangement, il n'y avait aucune chauve-souris dans la grotte. C'est le Petit rhinolophe qui a été vu le plus grand nombre de fois. Le 21.03.2015, 16 individus étaient répartis dans la cavité alors que la température extérieure était de +10 °C. Le 11.04.2018, 17 grands rhinolophes séjournaient à Cailhol alors que la température extérieure était aussi fraîche (+12 °C) et que de fortes pluies tombaient. Ces deux données constituent le maximum des effectifs en transit printanier, sans doute à cause du mauvais temps. Le Rhinolophe euryale a atteint son effectif maximal le 13.04.2017 avec 5 individus.

Mise bas et élevage des jeunes

L'occupation estivale de la grotte de Cailhol présente trois phases (figure 4), une première de 1983 à 1992 avec de forts effectifs liés à la présence d'une maternité de Minioptère

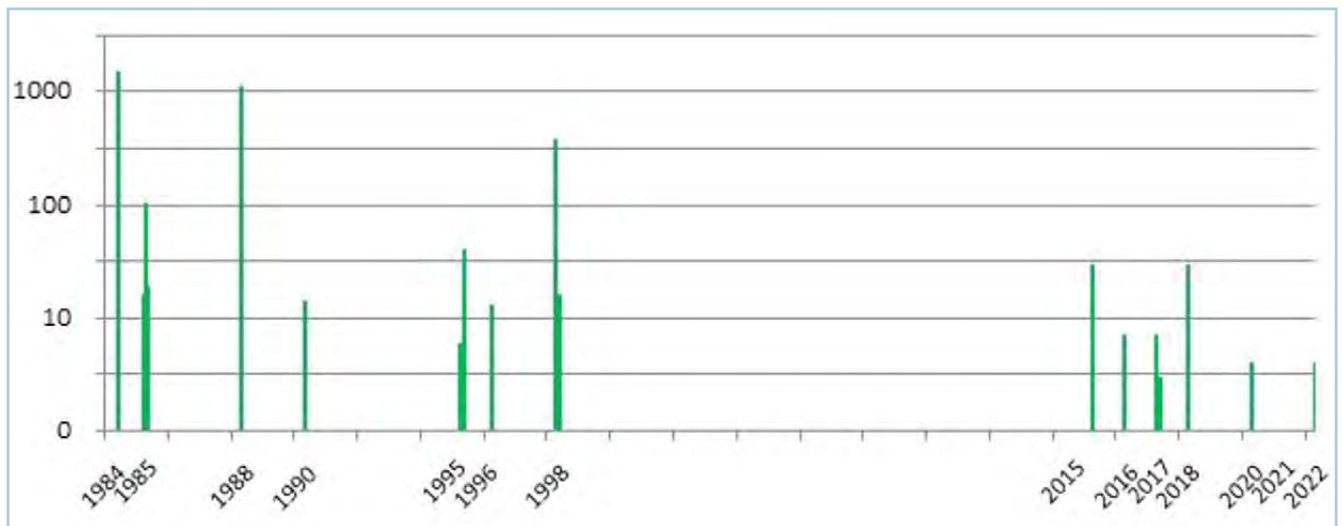


Figure 2. - Fréquentation par les Chiroptères de la grotte de Cailhol (Hérault, France) au printemps de 1983 à 2022

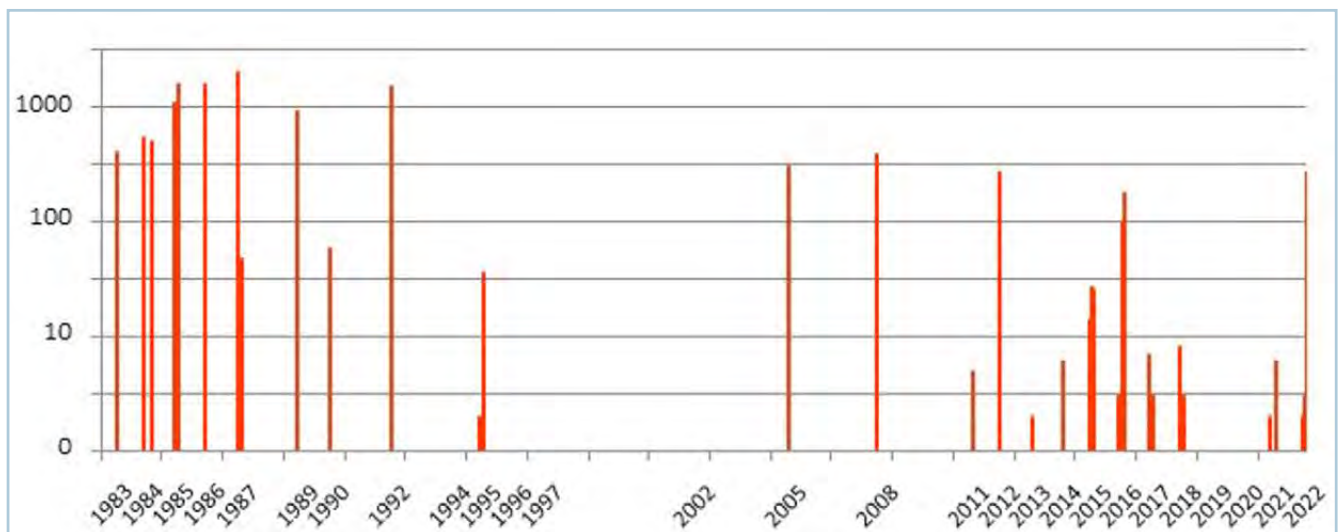


Figure 3. - Fréquentation par les Chiroptères de la grotte de Cailhol (Hérault, France) en été de 1983 à 2022

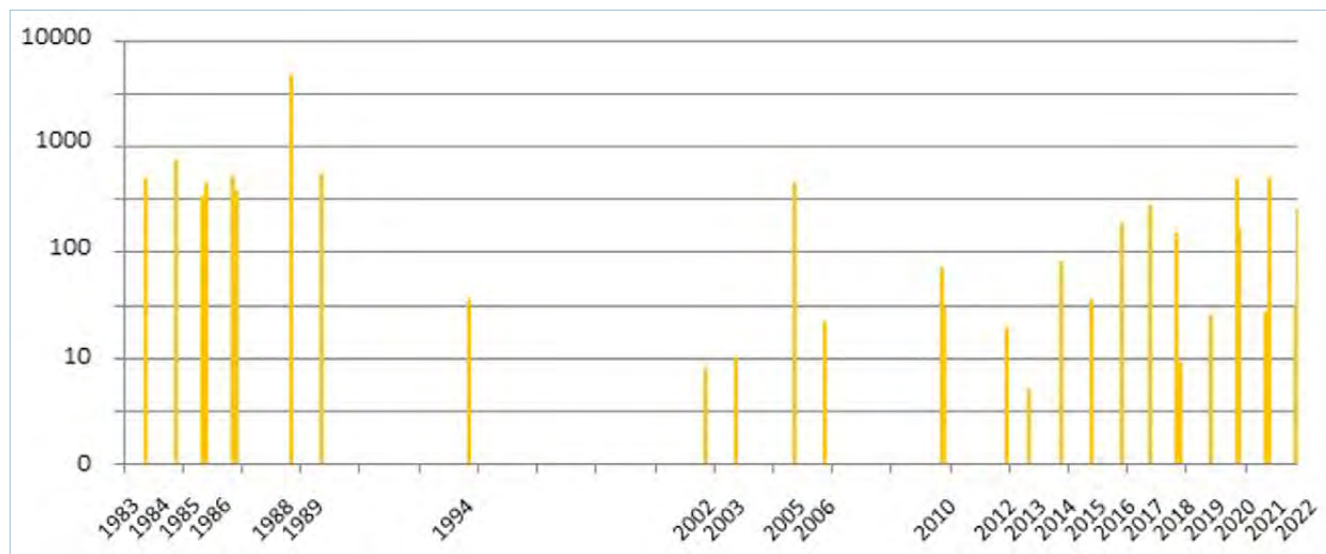


Figure 4. - Fréquentation par les Chiroptères de la grotte de Cailhol (Hérault, France) en automne de 1983 à 2022

de Schreibers jusqu'en 1991, une deuxième jusqu'en 2016 avec la présence irrégulière d'une centaine d'individus, maternité de Rhinolophe euryale, une troisième depuis 2017 avec l'absence de colonie de parturition.

Les prospections ont permis d'inventorier au moins 7 espèces, les mêmes qui gîtaient dans la grotte au printemps dans les années 1980 et 1990. Le Grand rhinolophe et le Petit rhinolophe ont été contactés respectivement 8 et 11 fois. Seulement, 1 ou 2 grands rhinolophes ont été vus lors de quelques visites tandis que le nombre maximal de petits rhinolophes a atteint 4 individus le 20.07.2014 et le 27.07.2021. Les premières données attestant la présence estivale du Petit rhinolophe datent du 20.07.2014 puis, l'espèce a été observée de façon assez régulière jusqu'en 2022. Par contre, la dernière observation de Grand rhinolophe a été réalisée le 11.07.2018.

Le nombre de grands/petits murins a généralement oscillé entre 1 et 5 ou 6 animaux. La présence de juvéniles le 21.06.1987 et la capture de 10 petits murins le 12.07.1995 sont des événements à souligner. Le 6.08.2022, 15 petits murins dont des immatures se trouvaient dans la grotte.

Entre 1984 et 1992, la grotte de Cailhol a joué un rôle de grande importance pour le Minioptère de Schreibers et le Murin de Capaccini, espèce qui mettait bas au fond du réseau dans les fissures calcaires d'une salle alors très humide avant que les femelles et leurs jeunes forment des essaims composés au maximum de 29 à 40 individus. Le plus grand regroupement de minioptères de Schreibers comptait 4 500 à 5 000 individus le 14.08.1984. Cependant, il est important de préciser que le 21.06.1987 (essaïm de 2000 individus) et le 14.07.1992 (essaïm couvrant 1 m²) aucun jeune ou immature n'a été observé. Le 21.06.1987, les petits n'étaient peut-être pas encore nés, mais le 14.07.1992...

Depuis juillet 2005, ce sont uniquement de grands rassemblements de rhinolophes euryales qui ont été vus dans la grotte à plusieurs reprises. Ces animaux semblent réinvestir leur ancien gîte de mise bas occupé entre 1983 (400 individus) et 1987 (50 individus) puis abandonné,

à la suite de dérangements comme en 1986. Les 11 et 18.09.2020 des jeunes ont été observés au plafond de la voûte d'entrée. En 2022, les dernières sorties dans la cavité tendent à confirmer cette tendance avec plusieurs centaines d'individus le 6.08.2022 et la présence d'immatures le 25.08.

Il est à signaler qu'il n'y avait aucune chauve-souris lors de 13 des 53 visites, avec une absence totale de Chiroptères lors des étés 1994, 1996, 1997, 2002, 2019 et 2020.

Transit automnal

La fréquentation automnale de la grotte de Cailhol est assez régulière (figure 5), avec une colonie de Minioptère de Schreibers (100 à 4 500 individus) de 1983 à 1989 suppléée par une colonie de Rhinolophe euryale en légère augmentation de 2013 à 2021 (jusqu'à 520 individus).

En rajoutant le Murin de Daubenton aux espèces précédemment observées, au moins huit espèces ont été observées pendant les périodes de transit automnal étudiées au fil des 40 années. C'est aussi durant cette phase du cycle biologique des chauves-souris que le nombre d'espèces différentes était maximal, avec 6 espèces présentes le 31.08.2020.

Comme en période estivale, des grands rassemblements de Minioptère de Schreibers ont été observés entre 1983 et 1989, essentiellement des immatures et quelques mâles d'après les données de capture. L'effectif était au plus bas le 20.08.1989 avec 100 individus à la suite d'un dérangement par des spéléologues. Le lendemain entre 420 et 530 minioptères étaient comptés. L'hypothèse selon laquelle des animaux se sont réfugiés dans des zones hors de la vue de l'observateur est envisagée. Trois jours plus tard, 4 500 individus occupaient le gîte. Cette donnée correspond à l'effectif maximal de Minioptère de Schreibers contacté lors du transit automnal. Ce maximum est similaire à celui de la saison estivale observé le 14.08.1984 (4 500 à 5 000 individus). De 1984 à 1988 la population de Minioptère de Schreibers était stable alors qu'entre 1994 et 2022, une seule observation de Minioptère de Schreibers a été réalisée (2 individus le 23.09.2015).

Le Murin de Capaccini, bien que moins fréquent et surtout moins nombreux que le Minioptère de Schreibers, a constitué des groupes assez importants dans les années 1980. Deux données sont particulièrement intéressantes : 56 individus dont des immatures le 20.08.1989 et environ 155 individus le 8.10.1985. Comme pour le Minioptère de Schreibers, ce murin devient rare à partir des années 1990. Il n'a été présent que deux fois entre 1994 et 2022 (1 individu le 27.08.2018 et 8 individus le 31.08.2020).

Depuis 1984, le Rhinolophe euryale fréquente la cavité pratiquement chaque automne puisqu'il occupait le site lors de 33 des 35 visites. Entre 1980 et 1990, 1 à environ 120 animaux ont été comptabilisés. Comme pour la période de mise bas, c'est à partir des années 2000 que de gros rassemblements sont observés, atteignant 480 à 520 individus le 6.10.2021. Des jeunes étaient présents les 11 et 18.09.2020 ainsi que des immatures le 25.08.2022.

Le Grand rhinolophe et le Petit rhinolophe sont présents régulièrement avec des effectifs maximums de 15 grands rhinolophes le 18.09.2020 et 9 petits rhinolophes le 9.11.2012. Un à deux grands/petits murins ont été vus au total quatre fois. Le Murin de Daubenton occupait le site lors de deux de nos passages le 27.08.2018 et le 31.08.2020 (2 individus).

Hibernation

En hiver, la grotte de Cailhol héberge de faibles effectifs de Chiroptères (figure 6) avec une nette tendance à l'augmentation au cours des vingt dernières années avec la présence régulière et en nombre croissant de grands et petits rhinolophes depuis la mise en place d'un périmètre de sécurité. Cette fréquentation n'est toutefois pas uniforme au cours de l'hiver et pourrait être liée aux dérangements et aux températures dans la cavité et dans les autres gîtes alentours.

Depuis le début des suivis, 8 espèces ont hiberné dans la grotte de Cailhol. Certaines ont été de passage comme le Murin de Daubenton (1 individu le 21.02.1998) ou l'Oreillard gris (2 individus le 5.02.2010 et le 12.03.10). Le Minioptère de Schreibers ainsi que le Murin de Capaccini

ont aussi été rarement observés et en faibles effectifs. Les deux espèces étaient dans la grotte lors de 3 des 44 prospections hivernales. Un minioptère occupait la grotte le 10.02.1984, 3 le 8.03.1985 et jusqu'à 7 ou 8 le 10.03.1989. Un Murin de Capaccini était présent durant les mois de février et mars 1985 et 2 individus ont été contactés le 27.01.2017.

Les espèces les plus présentes en hibernation sont les rhinolophes. Le Rhinolophe euryale a été observé lors de 39 visites, le Petit rhinolophe lors de 40 visites, le Grand rhinolophe lors de 43 visites, ce qui représente pratiquement la totalité des sorties. De 1984 à 2009, la grotte a hébergé 1 à 2 rhinolophes de Méhely, 1 à 3 rhinolophes euryales, 1 à 12 grands rhinolophes, 1 à 22 petits rhinolophes. À partir des années 2000 les effectifs de cette dernière espèce augmentent. De 2010 à 2019, les effectifs étaient de 1 à 5 rhinolophes de Méhely, 1 à 13 rhinolophes euryales, 2 à 21 grands rhinolophes, 3 à 22 petits rhinolophes. De 2020 à 2022, les effectifs atteignent des records avec 4 rhinolophes de Méhely, 4 rhinolophes euryales, 23 grands rhinolophes (les 6.12.2020 et 9.01.2021) et surtout 42 petits rhinolophes (le 27.01.2022).

L'effectif total maximum en période d'hibernation s'élève à 67 animaux le 25.01.2022 (2 rhinolophes de Méhely, 2 rhinolophes euryales, 21 grands rhinolophes et 42 petits rhinolophes). Le Grand/Petit murin n'a jamais été vu en hibernation dans le site.

DISCUSSION

Au cours des 40 années, la grotte de Cailhol a hébergé toutes les espèces troglodytes de la région méditerranéenne de France continentale [ARTHUR & LEMAIRE 2015], à l'exception du Murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*), avec une présence constante du Rhinolophe de Méhely, espèce considérée éteinte, qui reste difficile à identifier, notamment au cœur des colonies de mise bas de rhinolophes euryales. Toutefois, bien que des chauves-souris soient présentes à toutes les saisons, le peuplement de cette grotte a connu et connaît encore de fortes variations de composition et d'effectifs. Du printemps à l'automne

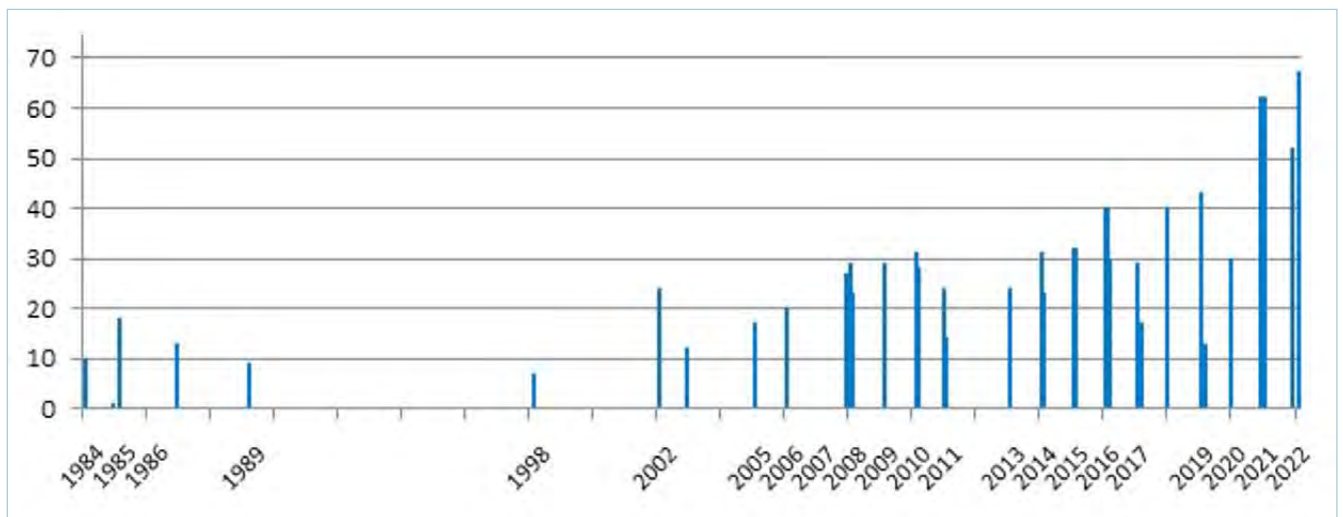


Figure 5. - Fréquentation par les Chiroptères de la grotte de Cailhol (Hérault, France) en hiver de 1983 à 2022

il est possible d'identifier trois périodes très contrastées : - de 1983 à 1992 la grotte était occupée par des colonies de Minioptère de Schreibers, de Murin de Capaccini, de Rhinolophe de Méhely et de Rhinolophe euryale, - de 1993 à 2005 la grotte est relativement désertée, - 2005 est l'année du retour d'une maternité de Rhinolophe euryale/Rhinolophe de Méhely avec des mises bas seulement certaines années, mais un effectif automnal en forte croissance. En hiver, la grotte est plus fréquentée depuis 2005, par les espèces de rhinolophes, mais en faible effectif, avec une récente augmentation du Petit rhinolophe.

La disparition de la maternité de Minioptère, espèce encore abondante dans le secteur malgré la forte mortalité constatée en 2002 [NÉMOZ & ROUÉ 2002, VINCENT 2005, ROUÉ *et al.* 2015], est concomitante de la pose d'une grille en fer forgé en 1991 pour limiter la fréquentation de la cavité (propriété privée). Or, il a été montré par la suite que ce type de dispositif, recommandé pour la protection des gîtes souterrains [MITCHELL-JONES *et al.* 2007], est rédhibitoire pour le Minioptère de Schreibers [MOESCHLER *et al.* 2010], voire un obstacle majeur pour les colonies populeuses ou les rassemblements automnaux d'autres espèces [e.g. SPANJER & FENTON 2005, PUGH & ALTRINGHAM 2005, TOBIN & CHAMBERS 2017]. La disparition de la maternité de Murin de Capaccini peut être rattachée à la perte de conditions favorables créées par la présence des minioptères et à l'assèchement de plus en plus précoce de la Cessièrre après la mise en place d'une station de pompage dans le cours d'eau. Les rhinolophes qui possèdent des ailes plus larges, qui leur assurent un vol plus manœuvrable, traversent plus aisément des grilles.

Assez peu nombreux en toutes saisons dans les années 1980, conséquence possible de sa raréfaction en France [BROSSET *et al.* 1988], le Rhinolophe euryale occupe la grotte de Cailhol avec des effectifs notables ces vingt dernières années, faibles mais réguliers en hiver (moins d'une dizaine d'animaux en léthargie localisés au même emplacement chaque année avec 3 à 6 rhinolophes de Méhely), nombreux mais irréguliers les autres saisons (400 à 500 à l'automne 2020 et 2021), avec une maternité certains étés seulement (en 2016 par exemple). Dans le Lot, MASSON [1999] a observé un déplacement de la colonie entre plusieurs salles d'un ensemble de cavités au cours de l'été en réponse possible à la variation des besoins énergétiques et physiologiques des individus. L'occupation estivale irrégulière de la grotte de Cailhol par le Rhinolophe euryale serait-elle due à des conditions météorologiques particulières ou au dérangement dans une cavité de reproduction habituelle? L'utilisation du même gîte pour la parturition et l'hibernation est exceptionnelle chez cette espèce [Garin & Goiti 2023].

Le Grand rhinolophe est présent dans la grotte de Cailhol surtout en hiver (une seule visite négative en 1984) avec des effectifs, faibles, qui tendent à augmenter ces dernières années avec un maximum de 23 individus en 2021. Les effectifs hivernaux du Petit rhinolophe augmentent parallèlement avec un maximum de 42 individus en 2022, alors qu'un à deux individus étaient parfois observés dans les années 1980. Cette tendance peut être rapprochée de

l'augmentation constatée des populations de ces espèces dans les gîtes hivernaux, tant en France que dans le Languedoc-Roussillon [KERBIRIOU *et al.* 2018]. Hors période hivernale, la fréquentation de la grotte est assez irrégulière, les effectifs atteignant 17 grands rhinolophes et 8 petits rhinolophes en avril 2018, mais seulement 2 et 4 en été, lorsque les maternités s'installent préférentiellement dans les bâtiments [ARTHUR & LEMAIRE 2015]. Contrairement à ce qui a été observé en Bretagne [BOIREAU 2014], la pose de la grille n'a pas entraîné la désertion du site par le Grand rhinolophe.

Hormis lors de quelques visites et rarement pour des animaux clairement identifiables en colonies mixtes, les Grand et Petit murins ont été observés de façon assez sporadique, le plus souvent lors du transit printanier ou automnal, mais avec un essaim de Petit murin début août 2022, prémices d'une maternité? Le Languedoc-Roussillon héberge le plus gros effectif de Petit murin en France [VINCENT 2014], où le nombre de sites de mise bas ne dépasserait pas la trentaine, ce qui confère à chacun un intérêt tout particulier.

ÉLÉMENTS DE CONSERVATION

Menaces

La principale menace qui affecte les Chiroptères de la grotte de Cailhol est le dérangement humain (constaté lors de 52 sur 158 visites entre 1983 et 2022), malgré la présence d'une première grille en fer forgé posée dans l'urgence en 1991 par Espace Nature Environnement et un périmètre de sécurité depuis 2020. Des vidéos et différents indices prouvent que des personnes pénètrent dans la grotte, par exemple en janvier 2011 (feu allumé sous la voûte) ou en février 2022 (traces de pas). Des visiteurs vont encore plus loin et commettent de réelles infractions au code de la propriété privée. Plusieurs fois, des barreaux de la première grille ont été enlevés. En 2019, des fouilles clandestines ont été menées dans la zone de pénombre de la voûte d'entrée. En 2022, le périmètre de protection a été forcé (vis du verrou du haut, puis boulons du cache-verrou dévissés). De multiples dégradations ont été constatées : panneau d'information brûlé, fausse caméra vidéo cassée... Tous ces faits ont des répercussions visibles sur le comportement des Chiroptères. Plusieurs fois, une répartition anormale des animaux a été observée, des individus très stressés s'envolaient très vite.

Ces intrusions dans la cavité et autres dérangements ne sont pas anodins puisqu'ils menacent la reproduction des chauves-souris. En effet, les femelles gestantes peuvent avorter suite au stress provoqué par un dérangement [HEIDEMAN 2000]. Quant aux mères, portant leur unique jeune de l'année, elles peuvent laisser tomber leur nouveau-né au sol entraînant leur mort [MCCracken 1989, FUREY & RACEY 2016]. Les individus en léthargie sont également très vulnérables. Des réveils répétés en hibernation épuisent leurs réserves de graisse nécessaires pour passer l'hiver [THOMAS *et al.* 1990, THOMAS 1995a, b]. Des dérangements réguliers entraînent également la désertion du site [RACEY & ENTWISTLE 2003]. Aucune chauve-souris n'occupait la grotte lors de 14 visites.

Actions réalisées et à réaliser

Les premières actions de protection de la cavité datent du début des années 1990 avec des courriers aux clubs spéléologiques, à la DIREN, à la mairie... Suite à l'autorisation donnée par le propriétaire à Espace Nature Environnement, des panneaux d'information et de sensibilisation ainsi qu'une première grille ont été mis en place en 1991. En 2012, Espace Nature Environnement devient propriétaire du site grâce à l'aide financière de la Fondation Nature et Découvertes. Durant l'année 2016, un piège photographique a été posé. Il semble qu'il ait participé à la quiétude des habitants de la cavité car aucune trace de dérangement n'a été constatée cette année-là. Enfin, en 2020, un périmètre de sécurité a été déployé autour de l'entrée de la cavité, les panneaux d'information et de sensibilisation ont été remplacés.

Malgré les efforts déjà déployés, des actions restent à réaliser. En premier lieu, il est nécessaire d'entretenir l'entrée du site, par un débroussaillage sélectif, de manière à ce que la cavité reste facilement accessible aux animaux, entre autres aux espèces au vol rapide comme le Minoptère de Schreibers. Il est également important que les sapeurs forestiers du secteur d'Olonzac effectuent le débroussaillage autour de la DFCI (Défense de la Forêt Contre les Incendies) de telle sorte que l'accès menant à la grotte, située à proximité immédiate d'une voie de communication, ne soit pas mis en évidence comme actuellement. L'installation d'une vidéo-surveillance du site permettrait un meilleur respect de la propriété privée. Enfin, des outils de communication sur le travail d'étude et de mise en tranquillité des trois principaux sites (grottes de Cailhol, de Bize-Minervois et d'Aldène) de la vallée de la Cesse, doivent permettre d'informer et de sensibiliser les donneurs d'ordres, les élus locaux, les divers groupes politiques œuvrant pour l'ouverture des espaces naturels au public, et enfin le grand public (notamment les touristes). La mise en place du site Natura 2000 FR 9101444 "Causses du Minervois" sur la base de la richesse chiroptérologique locale, sous tutelle du Parc Naturel Régional du Haut-Languedoc, y contribue. Par ailleurs la politique de développement des loisirs et des sports de pleine nature, encouragée au niveau national et européen pour la santé des populations humaines, surtout urbaines, doit s'accompagner d'un respect de la biodiversité et notamment des espèces sensibles aux dérangements.

CONCLUSION

Avec sept espèces inscrites à l'annexe II de la Directive Habitats Faune Flore, la grotte de Cailhol est un site d'intérêt pour les Chiroptères. De gîte important de reproduction pour le Minoptère de Schreibers et le Murin de Capaccini, la grotte de Cailhol est devenue un site de reproduction pour le Rhinolophe euryale et surtout d'hibernation pour toutes les espèces de rhinolophes de la région. Malgré deux dispositifs de protection, cette cavité reste soumise à des dérangements en partie liés à un accès facilité par les aménagements locaux. Avec une mise en tranquillité plus efficiente il est probable que son occupation par les différentes espèces de chauves-souris augmenterait. En 2024 et 2025 aucune pénétration

de la grotte n'a été constatée. Avec la prise de conscience de la fragilité des colonies de Chiroptères, l'espoir renaît de revoir la mise bas du Minoptère de Schreibers et du Murin de Capaccini. Cependant, le changement climatique et les usages anthropiques qui pèsent lourdement sur les rivières méditerranéennes, pourraient obérer le retour du murin.

Par ailleurs, l'inventaire chiroptérologique devra être poursuivi avec utilisation d'enregistreurs d'ultrasons passifs pour mesurer l'activité des rhinolophes en période estivale, la fréquence des visites des minioptères de Schreibers, et l'installation de thermo-hygromètres afin d'analyser finement les conditions de fréquentation de la grotte par les différentes espèces selon les saisons.

Remerciements - La première grille avait été financée par le WWF France, le Conseil Général de l'Hérault et d'une manière privée par E. Guibert et P. Médard, salariés d'Espace Nature Environnement. Une partie de l'acquisition de la grotte a été aidée financièrement par Nature et Découvertes par le biais de son opération « euros plus », proposant à ses clients d'arrondir le montant de leurs achats à l'euro supérieur. Suite au premier prix du concours, la fondation Vinci Autoroutes a fourni les moyens à Espace Nature Environnement pour mener à bien ce travail et pour installer un périmètre de sécurité avec une grille en fer forgé. L'association Derivaz qui travaille pour la protection et l'étude des Chiroptères de l'Aude participe au débroussaillage de l'extérieur de la grotte, ainsi que le berger du village de La Caunette (34210) avec son troupeau. Merci enfin à l'ensemble des habitants des villages et hameaux alentour pour le respect de la tranquillité du site et de ces occupants.

Accessibilité aux données - Médard P., 2022. - Synthèse des suivis chiroptérologiques de la grotte de Cailhol - SIC FR9101444 "Causses du Minervois" (Hérault/Aude) 1983-2022. Espace Nature Environ., Félines-Minervois, 24p + ann.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARIAGNO D. & SALAÜN D., 1991. - 1980-1990: Dix ans de suivi des populations de Chiroptères dans le département du Rhône. *Bièvre*, 12: 47-56.
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2015. - *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Deuxième édition*. Biotope - M.N.H.N. (Parthenope), Mèze-Paris, 544p.
- ARTHUR L., LEMAIRE M., DUFRÈNE L., LE VIOL I., JULIEN J.F. & KERBIRIOU C., 2014. - Understanding bat-habitat associations and the effect of monitoring on long-term roost success using a volunteer dataset. *Acta Chiropterol.*, 16(2) : 397-411.
- BOIREAU J., 2014. - Impacts des grilles à barreaux horizontaux sur les populations hivernantes de Grand rhinolophe *Rhinolophus ferrumequinum* en Bretagne occidentale. *Symbioses*, n.s., 32 : 44-48.
- BOLÉAT C., CARRÉ B., CHARLOT B. & PENVERN J., 2022. - Liste hiérarchisée des gîtes à Chiroptères d'intérêt majeur en

- Occitanie. Actualisation 2022. C.E.N. Midi-Pyrénées - G.C.L.R., Toulouse - Prades-le-Lez, 28p.
- BROSSET A., BARBE L., BEAUCOURNU J.-C., FAUGIER C., SALVAYRE H. & TUPINIER Y., 1988. - La raréfaction du Rhinolophe euryale (*Rhinolophus euryale* Blasius) en France. Recherche d'une explication. *Mammalia*, 52(1) : 100-122.
- CHYTL J. & GAISLER J., 2012. - Development of the *Rhinolophus hipposideros* population in southern Moravia, Czech Republic. *Vespertilio*, 16: 131-137.
- FAUVEL B., 2013. - 25 ans de suivis du site d'hibernation des Chiroptères de Bossancourt et Arsonval, Aube. *Cour. sci. Parc Nat. Rég. Forêt d'Orient*, 37: 85-104.
- FUREY N.M. & RACEY P.A., 2016. - Conservation ecology of cave bats. in: Voigt C.C. & Kingston T. (eds): *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing World*. Springer, Cham, 463-500.
- GARIN I. & GOITI U., 2023. - Mediterranean horseshoe bat *Rhinolophus seuryale* Blasius, 1853. In: Russo D. (ed): *Handbook of the Mammals of Europe. Chiroptera*. Springer Nature, Cham, 813-837.
- GOYAUD, C., SUDRAUD, J. & PAILLAT, J.-P., 2009. - Vingt-six ans de suivi des cavités de Saint-Michel-le-Cloucq et de Pissotte (Vendée). *Natur. vendéen*, 9: 61-69.
- HEIDEMAN P.D., 2000. - Environmental regulation of reproduction. in: Crichton E.G. & Krutzsch P.H. (eds): *Reproductive biology of bats*. Academic Press, San Diego, 469-499.
- HORÁČEK I., 2010. - I. Monitoring bats in underground hibernacula. in: Horáček I. & Uhrin M. (eds): *A tribute to bats*. Publishing House, Lesnická Práce, 93-109.
- HUTTERER R., IVANOVA T., MEYER-CORDS C. & RODRIGUES L., 2005. - Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Naturforsch. Biol. Vielf.*, 28: 3-162 + app.
- KERBIRIOU C., BAS Y., JULIEN J.F. & GROUPES CHIROPTÈRES SFPEM, 2018. - Estimations des tendances des populations de Chiroptères à partir des suivis de gîtes hivernaux. *Symbioses*, n.s., 37: 7-15.
- LEMAIRE M. & ARTHUR L., 2007. - 20 ans de suivi d'un site d'hibernation à chauves-souris. Le complexe des cavités de Veaugues, département du Cher (1988 – 2007). *Symbioses*, n.s., 20: 43-52.
- LUČAN R.K. & HANÁK V., 2010. - Bats in tree cavities: a long term study 1968-2007. in: Horáček I. & Uhrin M. (eds): *A tribute to bats*. Publishing House, Lesnická Práce, 311-312.
- MASSON D., 1999.- Histoire naturelle d'une colonie de parturition de Rhinolophe euryale, *Rhinolophus euryale*, (Chiroptera) du sud-ouest de la France. *Arvicola*, 11(2) : 41-50.
- MCCRACKEN G.F., 1989. - Cave conservation: special problems of bats. *Natn. Speleo. Soc. Bull.*, 51: 47-51.
- MITCHELL-JONES T., BIHARI Z., MASING M. & RODRIGUES L., 2007. - Protection et gestion des sites souterrains pour les Chiroptères. *Eurobats Publ. Ser.*, 2: 1-38.
- MOESCHLER P., ROUÉ S. & ZBINDEN K., 2010. - Protection des colonies de minioptères (chauves-souris) par fermeture des grottes: une démarche inadéquate? *Rhinolophe*, 18: 113-128.
- NÉMOZ M. & ROUÉ S.Y., 2002. - Mortalité exceptionnelle du Minioptère en 2002. *Envol Chiros*, 6: 3-6.
- PUGH M. & ALTRINGHAM J.D., 2005. - The effect of gates on cave entry by swarming bats. *Acta Chiropterol.*, 7(2) : 293-299.
- RACEY P.A. & ENTWISTLE A.C., 2003. - Conservation ecology of bats. in: Kunz T.H. & Fenton M.B. (eds): *Bat ecology*. Univ. Chicago Press, Chicago - London, 680-743.
- RANSOME R.D., 1989. - Population changes of Greater horseshoe bats studied near Bristol over the past twenty-six years. *Biol. J. Linn. Soc.*, 38(1) : 71-82.
- ROUÉ S., HAQUART A. & HAFJA J., 2015. - Résultats des comptages simultanés des gîtes de Minioptère de Schreibers lors des automnes 2013 et 2014 (période de transit automnal) en France. *Envol Chiros*, 19: 7-8.
- SPANJER G.R. & FENTON M.B., 2005. - Behavioral responses of bats to gates at caves and mines. *Wildl. Soc. Bull.*, 33(3) : 1101-1112.
- THOMAS D.W., 1995a. - Hibernating bats are sensitive to non-tactile human disturbance. *J. Mammal.*, 76(3) : 940-946.
- THOMAS D.W., 1995b. - The physiological ecology of hibernation in vespertilionid bats. *Symp. zool. Soc. Lond.*, 67: 233-244.
- THOMAS D.W., DORAIS M. & BERGERON J.M., 1990. - Winter energy budgets and cost of arousals for hibernating little brown bats, *Myotis lucifugus*. *J. Mammal.*, 71(3) : 475-479.
- TÖBIN A. & CHAMBERS C.L., 2017. - Mixed effects of gating subterranean habitat on bats: a review. *J. Wildl. Manage.*, 81(7) : 1149-1160.
- VINCENT S., 2005. - Statut et répartition française du Minioptère de Schreibers. in: *Actes des IV^{èmes} Rencontres Chiroptères Grand Sud*. S.F.E.P.M., Toulouse, 50-56.
- VINCENT S., 2014. - Chiroptères de l'annexe II de la Directive Habitats - Faune - Flore. Synthèse actualisée des populations en France - Bilan 2014. https://observatoire-mammiferes.fr/static/docs/poster_synt_eff_chiros_bourges_2014_maj_A3.pdf
- WEINREICH J.A. & OUDE VOSHAAR J.H., 1992. - Population trends of bats hibernating in Marl caves in The Netherlands (1943-1987). *Myotis*, 30: 75-84.
- ZUKAL J., ŘEHÁK Z. & KOVAŘÍK M., 2003. - Netopýři Sloupsko-šošůvských jeskyní (Moravský kras). *Lynx (Praha)*, 34: 205-220.

Lien vers le poster : https://www.researchgate.net/publication/396237069_Poster-Bourges-Cailhol

POSTER

Projet de territoire pour la préservation des chauves-souris : cas du projet mené au Brusquet et à Draix (Alpes-de-Haute-Provence) en 2022 et 2023 pour la préservation du Petit rhinolophe

Elfie LOUBINOUX*, Justine PONCET** et Emmanuel COSSON*

*Groupe Chiroptères de Provence : 04 86 68 86 28 – gcp@gcprovence.org

** FNE 04

LE PETIT RHINOLOPHE, UNE ESPÈCE EN DÉCLIN EN PACA

Initié sur le littoral, le déclin du Petit rhinolophe atteint dorénavant les zones préalpines. L'une des causes de ce déclin est la ruine du petit patrimoine bâti et la rénovation inappropriée des bâtiments.

Dans le secteur de Draix et du Brusquet (1077 habitants cumulés), dans les Alpes-de-Haute-Provence, deux gîtes sous maîtrise publique font l'objet d'un déclin important du Petit rhinolophe en période de reproduction. Une sensibilisation ainsi que des rénovations et des aménagements spécifiques sont nécessaires pour inverser cette tendance.

C'est pour cela qu'un programme de restauration des gîtes à Petit rhinolophe a été mis en place dans la commune du Brusquet et de Draix, dans le cadre de l'appel à projet MobBiodiv'Restauration de l'OFB.

Le projet est constitué de trois volets d'actions : augmentation des connaissances, restauration des gîtes et sensibilisation, afin de créer une dynamique de préservation du Petit rhinolophe sur le court terme, c'est-à-dire pendant la durée du projet, et le long terme, à l'aide d'un livret créé pour les élus.

Le point fort de ce projet est d'associer différentes thématiques liées à la conservation du Petit rhinolophe, suscitant également l'intérêt des élus :

- Patrimoine bâti : rénovation du bâti communal dégradé (églises, chapelles, etc.),
- Patrimoine étoilé : diminution de la pollution lumineuse.

D'une pierre trois coups : on préserve à la fois le patrimoine bâti, le Petit rhinolophe et on diminue les coûts liés à l'éclairage pour les communes !

Amélioration des connaissances

L'objectif est de mieux comprendre le réseau de gîtes dans ce secteur et les modifications thermiques à la suite des travaux réalisés.

- Une recherche de gîtes par télémétrie avec des bénévoles (capture, pose d'émetteur et tracking de jour) est réalisée,
- Une cartographie et des analyses acoustiques actives et passives permettent d'identifier des corridors écologiques et la pollution lumineuse de la commune,
- S'y ajoutent des prospections des bâtiments et des comptages dans les gîtes,
- Une étude thermique, avant et après travaux, est effectuée dans un des bâtiments rénovés.

Bilan de cette action :

- Sept gîtes ont été découverts ou redécouverts,
- 355 petits rhinolophes ont été dénombrés en août 2022 puis 311 en juin 2023.

Restauration des gîtes et étude du potentiel de restauration

L'objectif est d'enrayer le déclin des populations, préserver les gîtes et permettre la création de nouveaux gîtes. Pour cela :

- Des gîtes à Petit rhinolophe sont rénovés,
- La commune est accompagnée dans ses démarches : expertise des bâtiments communaux et de leur potentiel pour les chauves-souris,
- Une convention refuge est signée pour les gîtes restaurés.

Bilan :

- Trois gîtes ont été rénovés et un bâtiment aménagé pour le Petit rhinolophe,
- Des petits rhinolophes se sont réinstallés dans l'ensemble des gîtes rénovés avec doublement des effectifs après travaux pour l'un d'eux.



Gîte de Sévigné après aménagement, Draix © M. Tetu

Sensibilisation des différents publics

L'objectif est de sensibiliser la population locale, les élus et les institutions à la préservation du Petit rhinolophe et des chauves-souris en général.

- Un livret à destination des élus et techniciens pour la



Gîte de Notre-Dame de Lauzière, le Brusquet. Avant travaux/Après travaux © E. Loubinoux

- prise en compte des chauves-souris dans les bâtiments a été créé,
- Des animations scolaires et deux “Nuit de la Chauve-souris” ont intégré la thématique de la pollution lumineuse,
- Un panneau de sensibilisation est installé à Notre-Dame de Lauzière (gîte rénové),
- Une émission sur le projet a été diffusée sur une radio locale,
- Enfin, de nombreuses communications ont relayé les actions sur les réseaux sociaux tout au long du projet.

Bilan

- 62 personnes et 25 élèves sensibilisés,
- Livret distribué à 93 institutions, téléchargeable via le QR code,
- Deux personnes se sont avérées intéressées pour suivre les gîtes sur le long terme.

Un projet de territoire reproductible

Ce modèle de projet associant les trois volets d’actions peut être mis en œuvre dans d’autres territoires ayant des problématiques de déclin du Petit rhinolophe.

La mise en place de ce projet nécessite :

- Des gîtes dans des bâtiments publics ayant besoin d’aménagements ou de rénovations, et dont les populations de Chiroptères déclinent,
- Un intérêt des acteurs du territoire (notamment la commune concernée) pour la préservation des chauves-souris et du patrimoine bâti.

Ce projet peut également être adapté pour d’autres espèces de Chiroptères gîtant dans les bâtiments.

Retour d’expérience sur le projet

Les points positifs

- Nous avons reçu un très bon retour de la commune concernant l’accompagnement pour la rénovation des bâtiments et la réduction de la pollution lumineuse,
- Une mobilisation importante du public sur les animations est constatée,
- Des propriétaires privés ayant des Petits rhinolophes ont été sensibilisés à travers les différentes prospections,
- Premiers retours positifs des institutions pour le livret (DDT, OFB, etc.),
- Le partenariat entre GCP et FNE 04 fut enrichissant pour les deux associations.

Les difficultés

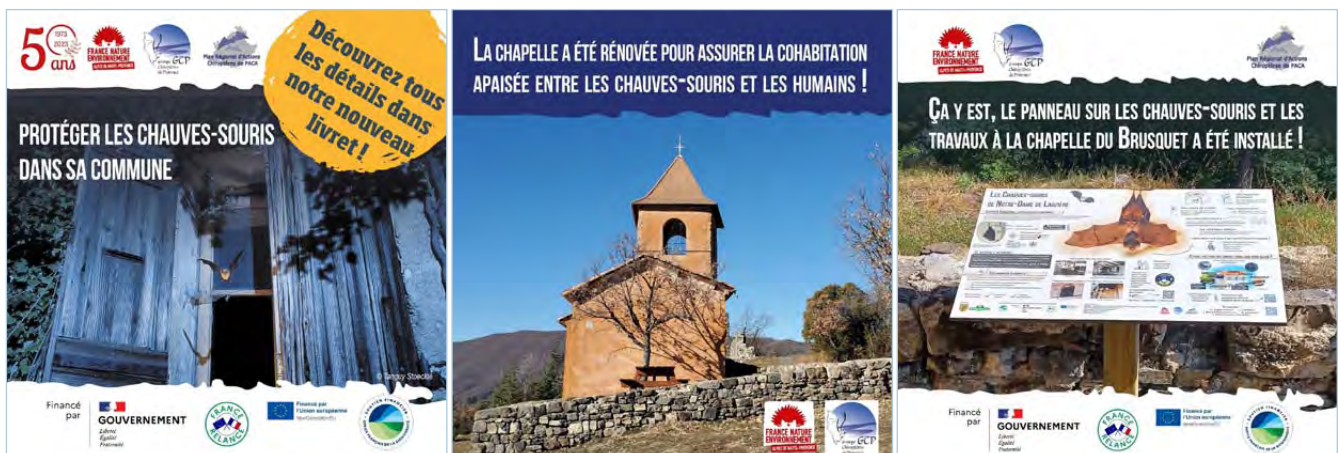
- Des élus des communes alentours se sont sentis peu mobilisés.

ET ENSUITE ?

- L’augmentation des connaissances continue avec des tracts disponibles à la mairie du Brusquet pour recenser d’autres gîtes à chauves-souris,
- Les gîtes découverts seront suivis par des bénévoles chaque été,
- Une conférence à destination des élus sur la rénovation des bâtiments en faveur des chauves-souris a été réalisée par le GCP et FNE 04 à Digne (Festival Inventerre).

L’objectif est de permettre aux élus et aux institutions de s’approprier le livret pour la rénovation des bâtiments en faveur des chauves-souris, et de faire émerger de nouveaux projets pour la protection des chauves-souris.

Livret disponible ici



Communication via Instagram par FNE 04

COMMUNICATION

Déploiement du programme Vigie-Chiro à La Réunion : « Vigie-Chiro-RUN »

Pierre-Emmanuel BASTIEN et Gildas MONNIER
Groupe Chiroptères Océan Indien

Résumé. - Les chauves-souris de l'île de La Réunion sont-elles en déclin ou en augmentation ? Cette question n'avait jamais fait l'objet d'étude avant le lancement de ce projet en 2023. Grâce aux ultrasons (écholocation) produits par les espèces insectivores au sein de leurs environnements nocturnes, nous allons tenter d'évaluer les tendances d'évolution des populations de Chiroptères de l'île de La Réunion par un suivi acoustique standardisé pluriannuel. Les tendances d'évolution ainsi obtenues fourniront des connaissances et des arguments pour la mise en œuvre d'actions de conservation en faveur des Chiroptères.

LES CHIROPTÈRES DE L'ÎLE DE LA RÉUNION

L'ordre des Chiroptères est représenté à La Réunion par trois espèces de chauves-souris, seuls mammifères indigènes existants sur l'île. Le sous-ordre des Yangochiroptera (Chiroptères de petite taille) qui nous intéresse ici est constitué aujourd'hui de deux espèces : le Petit molosse de La Réunion (*Mormopterus francoismoutoui*) et le Taphien de Maurice (*Taphozous mauritianus*). Une troisième espèce appartenant au sous-ordre des Yinpterochiroptera est également présente suite à son retour naturel au début des années 2000 depuis l'île voisine de Maurice, il s'agit de la Roussette noire (*Pteropus niger*). Cette dernière n'émettant pas d'ultrasons, elle n'est pas concernée directement par ce projet.

MISE EN PLACE DU PROTOCOLE VIGIE-CHIRO

Comme beaucoup d'outils et de programmes nationaux, il était très difficile de transposer de but en blanc l'outil et notamment le protocole point fixe retenu. Volcan actif, période cyclonique, multitudes de micro-climats, accessibilité, milieux accidentés, diversité des habitats et relief sont autant de paramètres qu'il nous fallait prendre en compte pour la bonne mise en place de l'outil et pour assurer sa robustesse. Il nous a donc fallu mener une phase de réflexion pour adapter au mieux le protocole national aux paramètres physiques, géologiques, climatiques et écologiques.

Tout d'abord, il nous a fallu établir un plan d'échantillonnage adapté au protocole national point fixe.

Ainsi, par le biais d'un tirage aléatoire stratifié en lien avec la géologie de l'île et les habitats qui en résultent, 100 points ont été tirés aléatoirement, soit 10 pour chacun des trois cirques, 10 pour les zones humides (figure 1), 10 pour la zone d'emprise du Piton de la Fournaise et 50 pour le reste des milieux non retenus.

S'en est suivi un travail cartographique d'analyse pour ajuster les points et s'assurer de la faisabilité technique sur le terrain. Enfin, la définition des points définitifs s'est faite sur le terrain durant l'hiver austral 2023, après l'obtention des autorisations publiques et privées nécessaires (figure 2).



Figure 1. - Point aléatoire: la plaine des Cafres

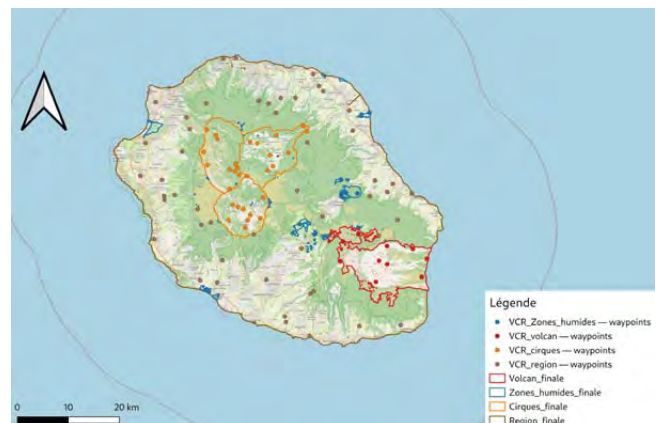


Figure 2. - Tirage aléatoire stratifié en fonction des six classes retenues

Il est à noter que le suivi des points fixes s'effectue trois fois par an contre deux fois en métropole, soit en juillet-août (hiver austral : période de moindre activité), en décembre/janvier (été austral : période de mise bas pour les deux espèces insectivores décrites) et en mars/avril (été austral : période d'émancipation des jeunes et deuxième pic de mise bas pour le Taphien de Maurice).

Remarque: pour mener à bien ce projet et connaître les premières tendances d'évolution des populations de Chiroptères, un minimum de 5 années de suivi est nécessaire.

UN PREMIER BILAN : 2023-2024 EN CHIFFRES

L'étude a été coordonnée par Pierre-Emmanuel Bastien et Gildas Monnier. L'équipe de terrain comprend pour ces deux premières sessions Pierre-Emmanuel Bastien, Gildas Monnier et Lisa Thiriet.

L'hiver austral 2023 et l'été austral 2023-2024 ont permis l'acquisition des premières données (Figure 3), et nous vous proposons de découvrir cela en chiffres et « en os ».

Concernant l'acquisition des premières données acoustiques, ceci concernant à la fois l'audible et l'in audible, nous avons réalisé 194 nuits d'enregistrements au cours des deux sessions (hiver austral 2023 et été austral 2023/2024). Cela a permis l'obtention de 235 000 sons en hiver et 513 000 sons en été (figure 4).



Figure 3. - Enregistreur en place au sein du cirque de Salazie

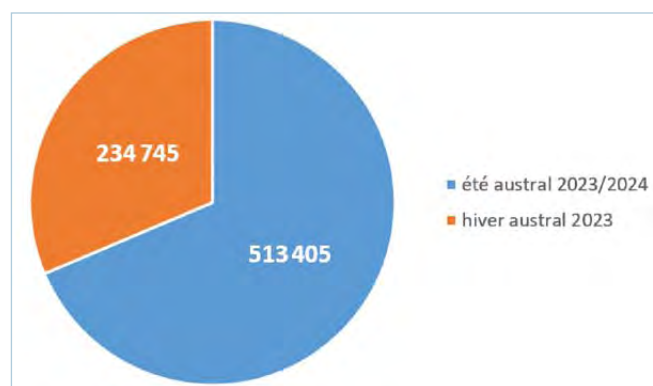


Figure 4. - Données acoustiques enregistrées durant un an (2023/2024)

Cette collecte a été possible par le déploiement de 17 enregistreurs Song Meter Mini Bat mis en place par 3 salariés de l'association. Pour donner une idée de l'aspect logistique, cela a représenté 240 kilomètres parcourus à pied par session et 14 700 mètres de dénivelé positif (D+) et négatif (D-). Cela revient pour l'équipe à parcourir par an 720 km à pied, et grimper et descendre 44 kilomètres ! Ceci s'est sans compter les 5 287 km réalisés en voiture, les 14 bivouacs et les 66 journées de terrain (figure 5).



Figure 5. - Salarié en action du côté de Piton Rouge et programmation d'un enregistreur

CONCLUSION

À l'heure de la présentation de ce poster, seul de premiers résultats bruts sont obtenus, que ce soit des résultats techniques, comme scientifiques avec les premiers retours du logiciel open-source Tadarida. Il nous faudra attendre un minimum de cinq années de suivi pour obtenir les premières tendances d'évolution des Chiroptères réunionnais. Néanmoins, d'ici là, un travail doit être conduit par notre équipe pour établir des correspondances entre les espèces métropolitaines et réunionnaises. En effet, le logiciel n'a pas été entraîné avec les espèces locales. De ce fait, il va falloir se pencher sur les possibilités de discriminer le Petit molosse de La Réunion et le Taphien de Maurice au sein des espèces de métropole.

En parallèle, tout un travail va être conduit autour des 100 points définitifs afin de les décrire et d'analyser leurs caractéristiques à l'échelle du territoire. Enfin, les premiers résultats obtenus, nous apporterons des éléments clé, par exemple, la répartition spatiale et altitudinale des espèces ou encore l'activité durant les trois périodes suivies site par site.

Avec le soutien financier de l'État au titre du Fonds vert - France Nation Verte et technique du MNHN.



Mise en place d'une trame sombre opérationnelle : retour d'expérience du Maine-et-Loire

Mehdi DRIDI*, François MALINGE**, Benjamin MÊME-LAFOND***

*Syndicat Intercommunal d'Énergie du Maine-et-Loire (SIEM), m.dridi@sieml.fr

**Centre Permanent d'initiatives pour l'Environnement de Loire Anjou (CPIE Loire Anjou), f-malinge@cpieloireanjou.fr

***Ligue pour la Protection des Oiseaux en Anjou (LPO Anjou), benjamin.meme-lafond@lpo.fr

Résumé. - La pollution lumineuse constitue une menace croissante pour la biodiversité nocturne, notamment pour les Chiroptères, dont les comportements et déplacements sont profondément perturbés par les éclairages artificiels. En France, l'éclairage public, qui peut représenter jusqu'à 40 % de la consommation électrique des communes, soulève des enjeux à la fois écologiques et économiques. Dans ce contexte, le syndicat intercommunal d'énergie du Maine-et-Loire a développé une méthodologie pour élaborer une trame sombre à l'échelle du département visant à identifier les corridors biologiques et les zones favorables nocturnes afin de les confronter aux données d'éclairage public et proposer des solutions techniques pour réduire ou supprimer la pollution lumineuse. Cette étude présente la méthode d'élaboration, les résultats obtenus et les perspectives pour la conservation des Chiroptères.

Mots-clés. - trame sombre, Chiroptères, pollution lumineuse, corridors biologiques, éclairage public, SIG, conservation

INTRODUCTION

La pollution lumineuse est aujourd'hui reconnue comme un facteur majeur de perturbation des écosystèmes nocturnes. En perturbant les cycles naturels de lumière et d'obscurité, l'éclairage artificiel peut altérer les comportements de prédation, de reproduction et de migration des espèces. Nous avons choisi les Chiroptères pour leur fonction d'espèces parapluie afin de protéger l'ensemble de la faune nocturne.

Les Chiroptères, en particulier, subissent des impacts significatifs sur leurs comportements. Les espèces lucifuges (ex. : *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis* spp.) évitent les zones éclairées, tandis que certaines espèces opportunistes (*Pipistrellus pipistrellus*, *P. kuhlii*) peuvent chasser autour des lampadaires, créant une compétition défavorable. La fragmentation lumineuse réduit les possibilités de déplacement entre gîtes et terrains de chasse, notamment dans les paysages bocagers du Maine-et-Loire. Parallèlement, l'éclairage public engendre une consommation énergétique considérable avec des répercussions financières et environnementales. En Maine-et-Loire, une nouvelle approche a été mise en œuvre pour concilier ces enjeux à travers l'élaboration d'une trame sombre. Cette démarche vise à identifier et à protéger les corridors biologiques nocturnes tout en optimisant la gestion de l'éclairage public. Cet article détaille la méthodologie employée, les résultats obtenus et les implications pour la conservation des Chiroptères.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Collecte des données

Pour élaborer la trame sombre, différentes données SIG ont été compilées :

- la couche des gîtes de Chiroptères, comprenant 625 sites connus (com. CPIE et LPO 2023) inclut des informations sur la localisation des gîtes et les espèces présentes ;
- les couches cartographiques détaillées, incluant l'occupation des sols via BD Topo (IGN – 2023), les données du registre parcellaire graphique (RPG – 2021), les données satellitaires CESBIO (theia-land - 2023), l'hydrographie et les zones urbaines, ont également été intégrées ;
- une attention particulière a été portée sur certains milieux propices aux Chiroptères : les lisières des massifs boisés, les prairies naturelles et les cœurs de plan d'eau ;
- enfin, les données relatives à l'éclairage public, telles que la localisation, la puissance, la température de couleur, les horaires d'extinction ou les zones problématiques des 85 000 points lumineux des communes adhérentes au syndicat ont été collectées.

Cette étude ne prend pas en compte les impacts cumulatifs de l'éclairage privé, qui peut également perturber les corridors biologiques.

Méthodologie d'élaboration de la trame sombre

La méthodologie repose sur une analyse cartographique approfondie. Chaque habitat a été évalué et noté en fonction de sa pertinence écologique pour les Chiroptères selon les critères établis par Barataud [2001]. L'outil Biodispersal, intégré dans un système d'information géographique (SIG), a été utilisé pour modéliser les milieux favorables aux différents comportements des Chiroptères créant une carte représentant un maillage de carrés de 10x10 m à l'échelle du département. Ensuite les chemins de moindre coût ont été modélisés pour les déplacements des Chiroptères grâce au logiciel Graphab, ce qui a permis de créer la trame sombre

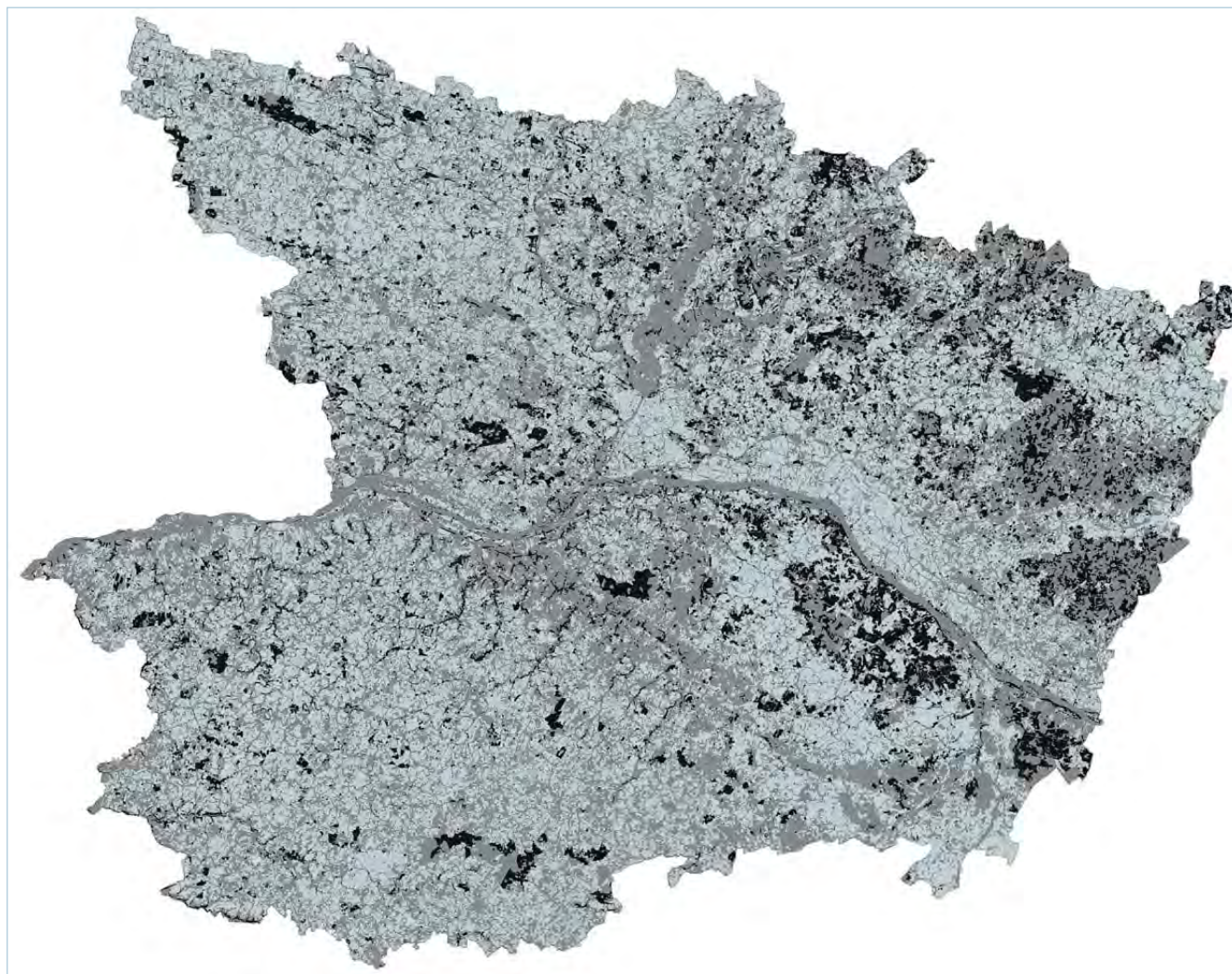


Figure 1. - Carte de la trame sombre en Maine-et-Loire, avec les niveaux de sensibilité
Noir : favorable aux Chiroptères – Gris : zones intermédiaires – Blanc : défavorable aux Chiroptères

départementale avec une échelle pouvant être utilisée à la taille d'un quartier, une commune ou un département et identifier les zones les plus favorables aux Chiroptères ainsi que les corridors de déplacement entre ces zones.

Identification des zones de conflit

La superposition des données naturalistes et des données techniques de l'éclairage public a permis de localiser les zones environnementales favorables et les corridors biologiques nocturnes en conflit, les « zones de friction ». Ces zones ont été classées en fonction de leur niveau de sensibilité et de l'impact potentiel de l'éclairage sur les Chiroptères. Cette classification a été effectuée en tenant compte de plusieurs facteurs, notamment la proximité des gîtes des Chiroptères, la densité de l'éclairage et la température de couleur des lampes.

RÉSULTATS

Cartographie de la trame sombre

La cartographie de la trame sombre a permis de diviser le territoire en trois niveaux de sensibilité.

Les zones favorables (zones noires dans la figure 1), 10 % du territoire, sont celles où les conditions sont optimales pour les Chiroptères. Ces zones incluent des habitats naturels tels que les forêts, les prairies et les zones humides, qui offrent des conditions idéales pour la chasse et la reproduction des Chiroptères.

Les zones intermédiaires (zones grises dans la figure 1), 49 % du territoire, présentent des conditions modérées, avec des habitats partiellement perturbés par l'éclairage public.

Enfin, **les zones défavorables** (zones blanches dans la figure 1), 41 % du territoire, sont celles où les perturbations sont les plus marquées, avec une forte densité d'éclairage public et des habitats fragmentés.

Zones de friction et préconisations

L'analyse a révélé 1 478 zones de friction, impliquant 11 962 points lumineux, soit environ 10 % du parc lumineux (tab. 1). Les principales problématiques identifiées concernent les horaires d'éclairage, le matériel utilisé et les températures de couleur. Pour répondre à ces problématiques, des préconisations techniques ont été formu-

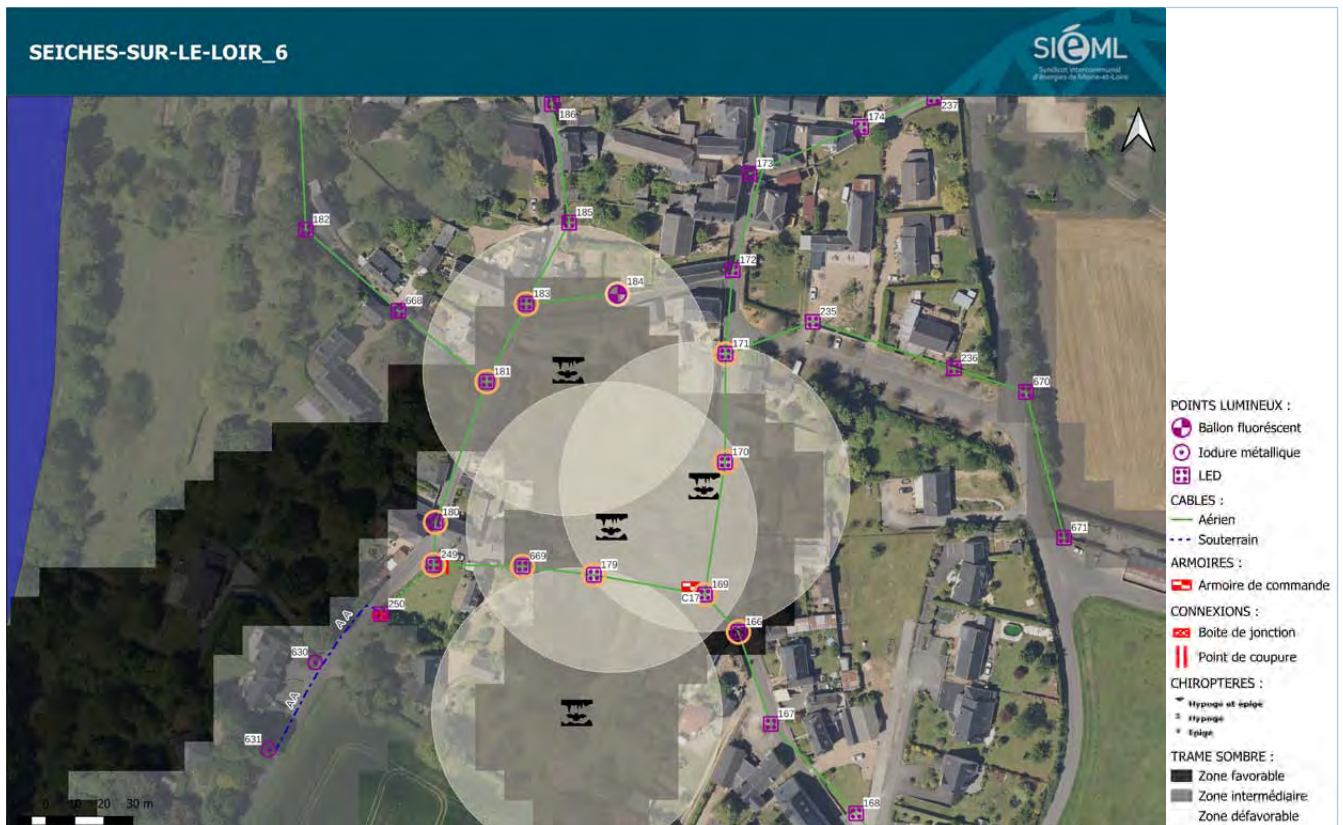


Figure 2. – Exemple de carte représentant la zone de friction, commune de Seiches-sur-le-Loir (49)

lées. Par exemple, l'utilisation d'horloges connectées est recommandée pour ajuster les horaires d'éclairage, tandis que le remplacement des lampes à décharges par des LED à température de couleur inférieure ou égale à 2700 K est encouragé. Dans les zones les plus sensibles, des températures de couleur inférieures ou égales à 2200 K sont préconisées pour minimiser l'impact sur les Chiroptères.

Deux niveaux de vigilances ont été identifiés :

- niveau 1 (enjeu majeur à traiter en priorité) correspondant aux zones proches de gîtes de Chiroptères, de zones favorables ou de matériel problématique,
- niveau 2 (enjeu modéré mais à prendre en considération) pour les zones moins prioritaires.

Type de problématique	NIVEAU DE VIGILANCE		
	1	2	TOTAL
Horaires	310		310
Matériels	353	59	412
Températures	256	235	491
Températures et Matériels	265		265
Total général	1184	294	1478

Tableau 1. - Répartition des zones de friction (zones favorables pour les Chiroptères et éclairage public en conflit) par type de problématique
1 : enjeu majeur – 2 : enjeu modéré

Niveau environnemental de la zone	Eclairage moyen à maintenir	uniformité	température de couleur	temporalité d'allumage
Faible	10 lux	≥ 0,4	2700 K	Régime variable avec possibilités de points permanents, horaires selon usages des espaces publics
sensible	7,5 lux	≥ 0,4	2700 K ou 2200 K	Régime variable, horaires selon usages des espaces publics, coupure estivale
très sensible	5 lux	≥ 0,3	≤ 2200 K	Régime variable, horaires selon usages des espaces publics, coupure estivale, systèmes à détection et gradation

Tableau 2. - Préconisations pour limiter l'impact des nouvelles installations d'éclairage public sur les Chiroptères (uniformité = indice de répartition de la lumière dans une zone donnée, exprimée comme le rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen sur une surface spécifique)

Ces zones de friction ont été divisées par le nombre d'intercommunalités du territoire pour réaliser huit atlas (fig. 2) qui ont été présentés durant une série de réunions pour expliquer la démarche afin que les collectivités puissent appréhender ce nouvel outil de décision qu'est la trame sombre.

Pour les communes les plus motivées dans la démarche, un plan d'action par commune est mis en place. Ces préconisations (tab.2) incluent non seulement des mesures techniques, telles que le remplacement des lampes et l'ajustement des horaires d'éclairage, mais aussi des sessions de sensibilisation et de formation pour les gestionnaires de l'éclairage public. L'objectif est de réduire l'impact de l'éclairage sur les Chiroptères tout en maintenant un niveau de service acceptable pour les collectivités. Un programme de rénovation annuel est mis en place et des préconisations adaptées en fonction des zones pour tout nouvel aménagement ont été instaurées.

DISCUSSION

Pertinence écologique

La méthodologie employée s'est avérée efficace pour préserver les corridors biologiques nocturnes en tenant compte des besoins spécifiques des Chiroptères. Les zones de friction identifiées sont principalement situées à proximité des gîtes et des corridors biologiques, ce qui souligne l'importance de ces milieux pour la conservation des espèces. Cependant, cette étude présente certaines limites, notamment l'absence de données sur les éclairages privés, qui pourraient également perturber les corridors biologiques nocturnes.

La pertinence écologique de cette approche réside dans sa capacité à intégrer les besoins des Chiroptères dans la gestion de l'éclairage public. En identifiant les zones de friction et en proposant des solutions techniques adaptées, cette méthodologie permet de concilier les enjeux de conservation de la biodiversité avec les besoins d'éclairage public.

Limites et perspectives

Bien que cette approche soit prometteuse, elle nécessite d'être pérennisée dans les documents d'urbanisme, tels que les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT), pour assurer une gestion durable de l'éclairage public. Par ailleurs, la sensibilisation des acteurs territoriaux est essentielle pour une meilleure prise en compte des enjeux de biodiversité nocturne. Les perspectives incluent l'intégration de la trame sombre dans les politiques publiques et la poursuite des efforts de sensibilisation.

Les limites de cette étude incluent également le manque de données sur les comportements spécifiques des Chiroptères en réponse à différents types d'éclairage. Des études complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les impacts de l'éclairage sur les espèces et pour affiner les préconisations techniques. De plus, la mise en œuvre des préconisations nécessite une collaboration étroite

avec les communes et les intercommunalités, ainsi qu'un financement adéquat pour couvrir les coûts de rénovation de l'éclairage public.

La démarche de traitement des données cartographiques se base sur une temporalité à un instant donné, l'analyse cartographique a été réalisée sur des données des années 2023 et antérieures. Cela permet de pérenniser des espaces et corridors propices aux Chiroptères notamment autour des gîtes anthropiques mais trouve ses limites dans la prise en compte de l'évolution future de l'aménagement du territoire. Il faut programmer un protocole de mise à jour des données afin de prendre en compte cette évolution.

Les perspectives pour cette approche incluent l'intégration de la trame sombre dans les politiques publiques de gestion de l'éclairage public et la sensibilisation des acteurs locaux aux enjeux de biodiversité nocturne. En adoptant une approche collaborative et en s'appuyant sur des outils SIG, il est possible de protéger les écosystèmes nocturnes tout en optimisant l'utilisation des ressources énergétiques.

CONCLUSION

Cette étude démontre qu'il est possible de concilier économie d'énergie et préservation de la biodiversité nocturne en adaptant la gestion de l'éclairage public. La méthodologie développée en Maine-et-Loire peut servir de modèle pour d'autres territoires, en intégrant les corridors biologiques nocturnes dans les politiques d'aménagement.

La mise en œuvre de cette méthodologie nécessite une collaboration étroite entre les différents acteurs, y compris les communes, les intercommunalités, les experts en écologie nocturne et les gestionnaires de l'éclairage public. En travaillant ensemble, il est possible de développer des solutions durables qui préservent la biodiversité nocturne tout en répondant aux besoins d'éclairage public.

Remerciements. - Les auteurs remercient le Syndicat Intercommunal d'Énergie du Maine-et-Loire (SIEM), le Centre Permanent d'Initiatives pour l'Environnement de Loire Anjou (CPIE Loire Anjou), la Ligue pour la Protection des Oiseaux d'Anjou (LPO Anjou) pour leur collaboration et leur soutien technique et la Fédération Nationale des Collectivités Concédantes et Régies (FNCCR) pour son financement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- SORDELLO R., PAQUIER F., DALOZ A., 2021. – *Trame noire – Méthode d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre*. OFB, Paris, 116 p.
- BARATAUD M., 2001. – *Protocoles d'étude des habitats de chasse potentiels autour des colonies de mise bas des Chiroptères de l'annexe II de la Directive Habitats*. S.F.E.P.M., Paris, 79 p.
- RICH C., LONGCORE T. (EDS), 2006. – *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press, Washington DC, 480 p.

POSTER

Suivi des gîtes majeurs en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

Thomas MATHIEU et Delphine QUEKENBORN
Groupe Chiroptères de Provence, gcp@gcprovence.org - 04 86 68 86 28

OBJECTIFS

En 2022, 399 gîtes sont considérés comme prioritaires et/ou majeurs en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur. Le programme Gîtes Majeurs, initié en 2015, a pour vocation d'assurer une veille des populations de Chiroptères dans l'ensemble de ces gîtes, afin de définir des actions de conservation, particulièrement en lien avec le réseau Natura 2000.

En partenariat avec le service Natura 2000 de la DREAL Provence-Alpes-Côte d'Azur, le programme permet d'accroître les connaissances sur les gîtes à Chiroptères pour l'ensemble du réseau d'acteurs, de remédier aux menaces imminentes via les outils usuels des animateurs (contrats N2000) ou tout autre projet de conservation, d'orienter les priorités de gestion sur les périmètres Natura notamment.

MÉTHODES

Grâce à une coordination centralisée par le GCP, le suivi est décliné en réseau avec les différents partenaires de PACA : animateurs Natura 2000, chiroptérologues professionnels ou amateurs, gestionnaires, propriétaires et associations. En tout, 160 personnes représentant 30 structures ont participé au cours de l'année 2022.

Chaque gîte fait l'objet d'un suivi personnalisé (photos 1-2-3) sur une ou plusieurs périodes de l'année, encadré par un responsable de suivi engagé pour plusieurs années et ayant toutes les connaissances sur le gîte.

En fonction des espèces présentes, des effectifs et des périodes de présence, chaque gîte est caractérisé par un enjeu décroissant de l'échelle internationale à l'échelle locale.



Photo 1. - Comptage à vue



Photo 2. - Comptage sur photo



Photo 3. - Comptage en sortie de gîte

BILAN

Les points positifs

Les 20 gîtes d'intérêt international ou national sont suivis en priorité chaque année.

Globalement 60 % des gîtes sont suivis chaque année, en fonction des disponibilités des observateurs et des difficultés ponctuelles (dégradations impactant le gîte par exemple).

Les données récoltées, centralisées par la DREAL, servent à mettre à jour la connaissance sur les Chiroptères des sites Natura 2000 et également à prioriser chaque année les actions de conservation à mener : mise en protection physique, amélioration de la cohabitation, sensibilisation des propriétaires, lancement de protections réglementaires, etc.

Les points mitigés

La dynamique des suivis permet en parallèle la découverte de nombreuses pressions sur l'intégrité des gîtes : à la dégradation naturelle par le temps s'ajoutent de nouvelles

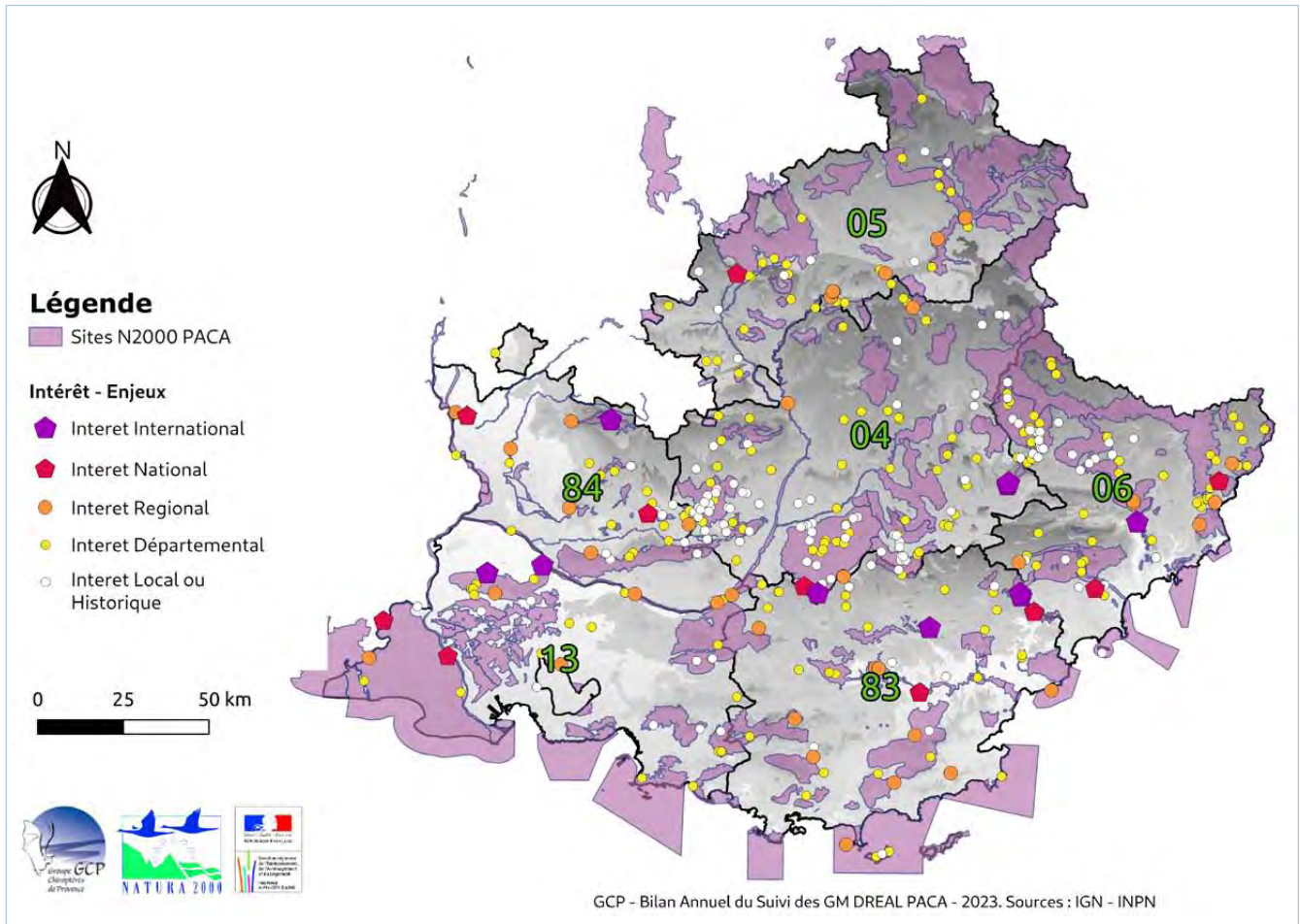


Figure 1. - Localisation des gîtes majeurs pour les Chiroptères en PACA

menaces de type loisirs souterrains (randonnées exploratoires, fêtes, feux), urbex (exploration urbaine), rénovation du petit patrimoine bâti (pour habitations ou résidences secondaires), travaux de sécurisation (cas des arbres-gîtes et des ouvrages de type centrales électriques, hydrauliques, ponts), géocaching collections privées (récoltes d'individus en hiver), dégradations volontaires (actes de cruauté avec armes et projectiles par exemple), etc.

Si les colonies en légère augmentation d'effectifs sont très rares, il est constaté des cas inquiétants de reports de colonies dérangées dans leur site.

Les points négatifs

De nombreuses colonies montrent des effectifs en diminution, autant en reproduction qu'en hibernation, et notamment au niveau des gîtes à forts enjeux.

En 2023, près d'un quart des gîtes majeurs (22 %) est dégradé dans leur fonctionnalité d'accueil des Chiroptères. En 2023, une colonie de Grand Rhinolophe dans un bâtiment agro-alimentaire a été totalement détruite, les nombreux cadavres découverts ont été soumis à analyse, les hypothèses sont une surchauffe (aérations du bâtiment modifiées) ou une intoxication (traitements raticides).

PERSPECTIVES

Afin d'améliorer le suivi de certains gîtes, le passage de chiroptérologues professionnels (évolution sur corde, technique de spéléologie, etc.) est proposé par le GCP et la DREAL en accompagnement des animateurs et animatrices Natura 2000.

Des prises de contact avec des structures de loisirs et d'activités de pleine nature sont engagées pour sensibiliser leurs utilisateurs à la présence des Chiroptères, et améliorer leur implication dans la conservation des gîtes.

Les sites à forts enjeux biologiques chez les propriétaires privés peuvent bénéficier de propositions de maîtrise foncière, avec un acte notarié tel que l'ORE (Obligation réelle environnementale), ou une acquisition par un conservatoire, voire le GCP. D'autres engagements plus légers comme les conventions refuges sont régulièrement proposés à tous les propriétaires de gîtes à Chiroptères.

Détecter des évolutions atypiques de population

Fait inquiétant, il a été constaté une augmentation brutale des effectifs d'une colonie de Petit murin (figure 1). Non explicable par un accroissement naturel, cette augmentation est certainement due à la fusion de deux colonies suite à la

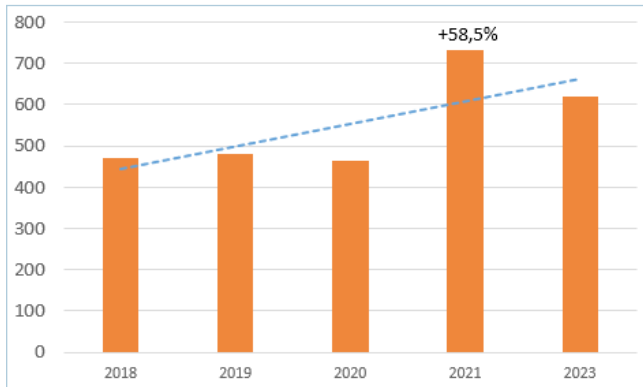


Figure 2. - Évolution des effectifs d'une colonie de Petit murin

désertion d'un site fortement dégradé (destruction, conditions altérées, dérangement trop important, aménagement défavorable, etc.).

Agir en priorité sur les gîtes fortement menacés



Photo 4. - Système anti-intrusion devant l'entrée d'une grotte abritant une importante colonie

La mise en protection d'une grotte aquatique par une grille n'était pas suffisante pour empêcher les abus de certaines personnes dérangeant une colonie de mise bas de Minioptère de Schreibers, de Murins de grande taille et de Murin de Capaccini, ce qui conduisait à des mortalités de juvéniles et des désertions ponctuelles. Il a été décidé la mise en place d'un système anti-intrusion sur les abords de ce site (photo 4), en partenariat avec le PNR et le propriétaire.

Argumenter sur les dégradations relevées

Une colonie de Grand rhinolophe fréquentant un gîte pour la mise bas a disparu brusquement alors que le Murin à oreilles échanquées y était déjà en régression rapide depuis quelques années.

Les hypothèses avancées sont l'utilisation importante de pesticides et/ou des dérangements excessifs et/ou une surchauffe brutale due à des modifications de l'aération du site. Le propriétaire étant motivé à conserver les chauves-souris, une recherche conjointe des causes est en cours.

CONCLUSION

Le maintien dans de bonnes conditions de conservation des populations de Chiroptères est un des enjeux majeurs

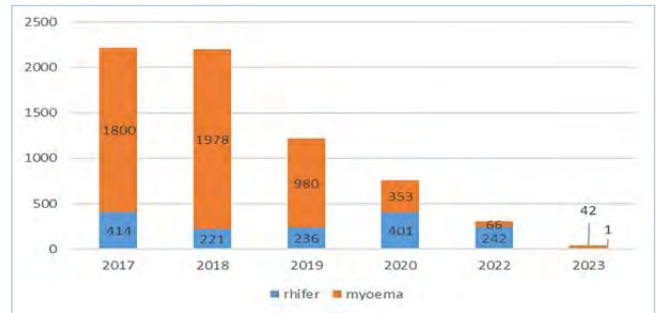


Figure 3. - Régression des effectifs d'une colonie de Grand rhinolophe (Rhifer) et de Murin à oreilles échanquées (myoema)

de la dynamique Natura 2000. Concrètement, les trois phases VOIR, COMPRENDRE, AGIR, permettent de mettre en œuvre cet objectif primordial.

À l'heure des grands changements globaux, d'une société toujours fortement consommatrice de nature et d'espaces naturels, le besoin d'un réseau structuré, compétent, dynamique et fluide est d'autant plus essentiel. Le programme régional de suivis des gîtes majeurs répond à ce besoin grâce à l'ampleur du réseau impliqué, à la connaissance accumulée et à une vive capacité de mobilisation pour la réalisation d'actions concrètes et de mesures d'urgence. Les efforts de chacun portent leurs fruits dans la réalité d'une conservation semée au fil des gîtes majeurs, année après année, et dont la vision globale montre un vrai progrès dans le maintien des capacités d'accueil des chauves-souris dans la région, laquelle est particulièrement remarquable par sa biodiversité.

Il est important de rappeler que la définition d'un « bon » gîte (ou favorable) à chauves-souris est un concept non naturel et non scientifique. Les experts et naturalistes savent décrire des facteurs d'attractivité, des causes de désertion, mais seules les chauves-souris savent que tel ou tel gîte est adapté pour elles. Les acteurs de la conservation savent créer des aménagements pour favoriser leur installation ou leur confort, mais elles seules décident s'ils correspondent à leurs besoins. Les chauves-souris sélectionnent leurs gîtes, selon la saison, selon leur état physiologique, leurs habitudes, selon les conditions ponctuelles... et elles transmettent ces connaissances de génération en génération en créant une mémoire collective, certaines colonies étant âgées de plusieurs centaines d'années.

Fort de ce constat, il est important de garder en ligne de mire que la conservation d'un gîte à Chiroptères doit être la priorité. Chaque perte d'un gîte est une perte nette et entraînera une déstructuration des populations.

À l'échelle locale ou transversale, le programme de suivi des gîtes majeurs permet donc de maintenir ou de restaurer une offre en gîtes variés, adaptés aux espèces, protégés, surveillés par un réseau dynamique d'acteurs multidisciplinaires. Dans une région telle que Provence-Alpes-Côte d'Azur qui peine à maintenir les effectifs des Chiroptères, cette compétence est un ancrage essentiel.

POSTER

30 ans de protection de gîtes majeurs en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Elfie LOUBINOUX, Anne PRACHE et Emmanuel COSSON
Groupe Chiroptères de Provence

INTRODUCTION

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur abrite 260 gîtes majeurs définis selon le Plan Régional d'Actions en faveur des Chiroptères (PRAC). Ils sont déclinés en différents niveaux d'intérêt (d'International à Départemental). Ce nombre ne comptabilise pas les gîtes d'intérêt local ou désertés.

Le dérangement humain et la dégradation des gîtes sont des causes importantes de déclin et de disparition des colonies de Chiroptères. Afin d'enrayer ce phénomène et de pérenniser la présence des colonies encore existantes, la protection des gîtes majeurs est impérieuse, particulièrement les gîtes cavernicoles et rupestres.

La protection des gîtes majeurs (figure 1) est l'une des mesures phares des Plans national et régional d'actions en faveur des Chiroptères mis en place par l'État.

Typologie

La protection des gîtes peut être de différents types, et nous allons nous concentrer ici sur les protections suivantes :

- La protection physique : grilles, périmètre grillagé, fermeture à clés, etc. (figure 2)
- La protection réglementaire : Arrêté de Protection de Biotope (APB), obligation réelle environnementale (ORE), arrêté de parc national, mesures spécifiques de plan d'aménagement forestier (PAF), etc.

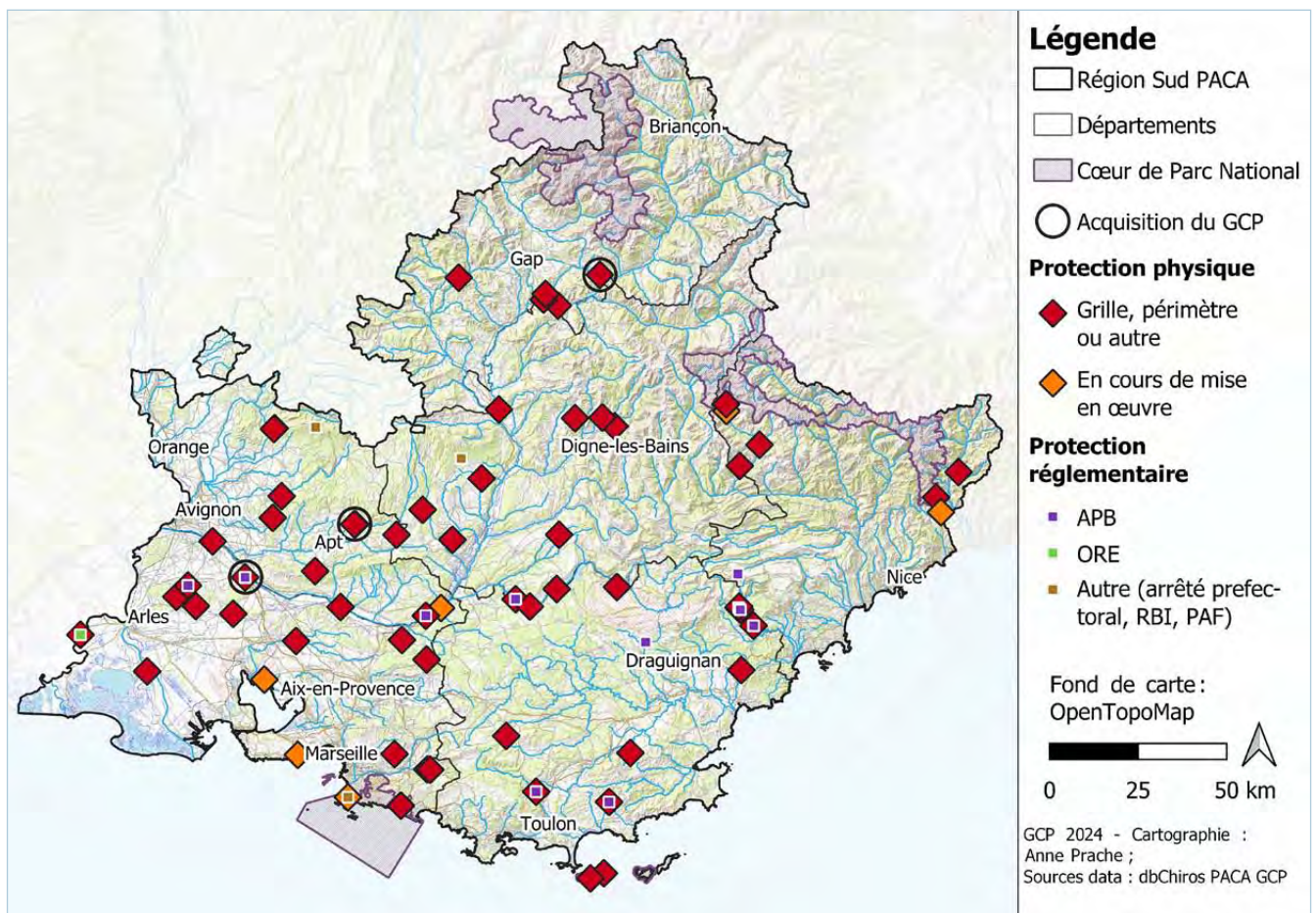


Figure 1. - Les gîtes majeurs en sud PACA



Figure 2. - Exemple de protection physique

Zoom sur les ORE

L'Obligation Réelle Environnementale (ORE) est un contrat, pris devant notaire entre un propriétaire et un cocontractant, ayant pour but de mettre en place une protection environnementale attachée au bien du propriétaire.

Le type de protection est choisi en consensus entre les propriétaires et le co-contractant (conserver un bâtiment en l'état, conserver les milieux naturels, mener certains travaux, etc.)

Afin de pérenniser les actions mises en œuvre, ce contrat peut perdurer jusqu'à 99 ans après sa signature. Le contrat est attaché au foncier et se transmet aux nouveaux propriétaires.

Une ORE pour les chauves-souris

En 2023, le GCP a réalisé la première ORE en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur pour les chauves-souris dans un gîte d'intérêt national en Camargue.

En effet, la dégradation du bâtiment avait conduit à la désertion de la colonie de reproduction de Grand rhinolophe et Murin à oreilles échanquées.

Une importante rénovation de toiture a été effectuée dans l'édifice privé, puis l'ORE a été signée entre le GCP et la propriétaire très engagée dans la protection de sa colonie depuis des décennies.

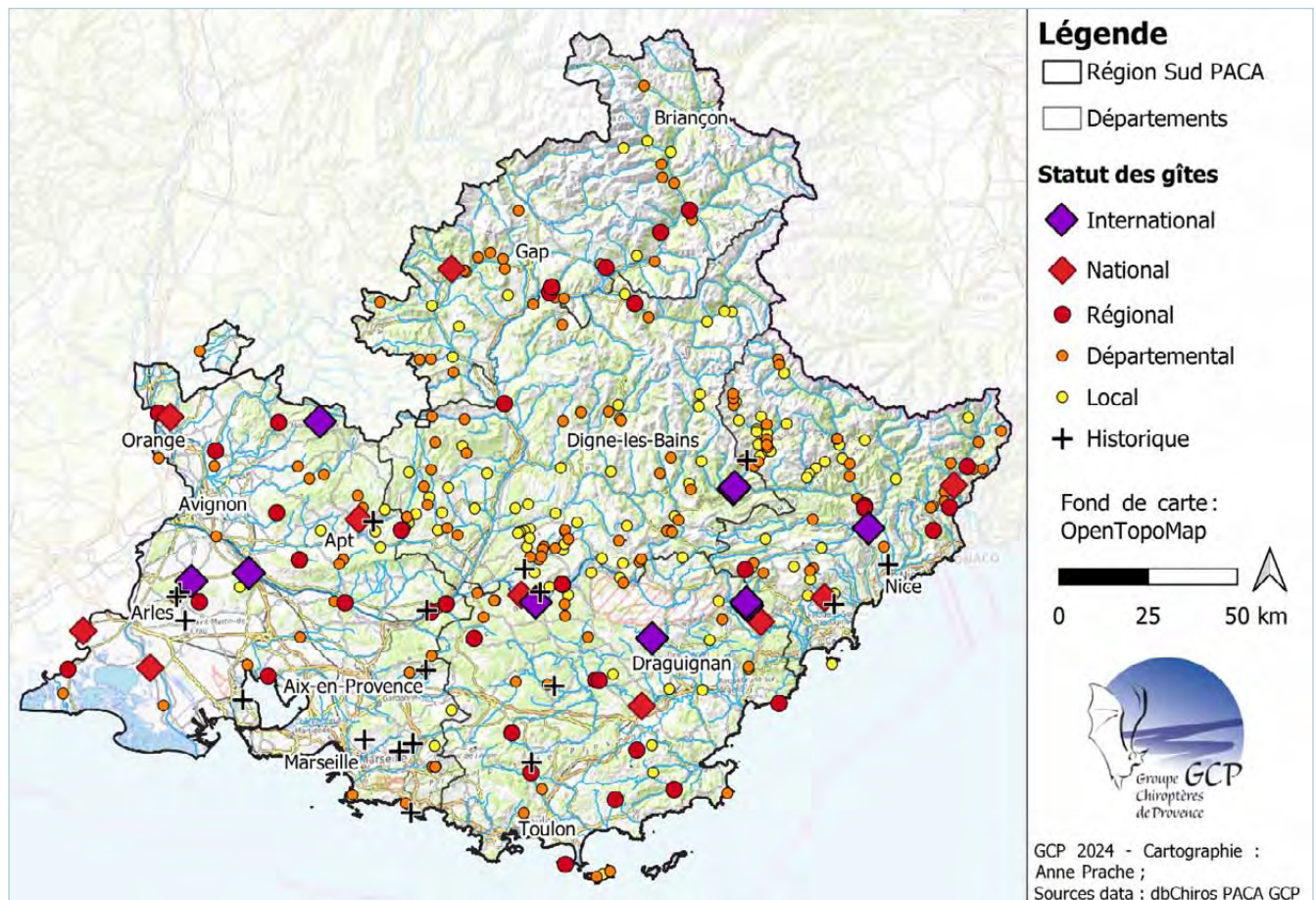


Figure 3. - Localisation des gîtes à Chiroptères répertoriés suivant leur intérêt chiroptérologique

Zoom sur les Arrêtés de Protection de Biotope

Les Arrêtés de Protection de Biotope (APB) visent à protéger les habitats d'espèces protégées. Ils permettent d'interdire certaines activités pouvant porter atteinte à l'état de conservation des milieux. Indirectement, les APB permettent de limiter la responsabilité du propriétaire en cas d'accident.

Exemple d'une grotte doublement protégée à Jouques (13)

Cette grotte est un gîte majeur d'intérêt régional hébergeant 700 minioptères de Schreibers et murins de Capaccini. En 2022, le site a été protégé physiquement avec un périmètre grillagé et un APB.

Cette double protection a pu être mise en œuvre grâce à un partenariat entre le propriétaire privé très engagé, la métropole Aix-Marseille Provence, le Comité départemental de spéléologie et de canyonisme des Bouches-du-Rhône (CDSC13) et le GCP.

Il aura fallu 10 ans de travail.

Bilan des protections et des gestionnaires des sites

Parmi les 260 gîtes majeurs de la région PACA (figure 3), 55 sont aujourd'hui protégés :

- 40 sont protégés physiquement uniquement,
- 5 sont protégés réglementairement uniquement,
- 10 sont protégés physiquement et réglementairement.

Par ailleurs, 85 gîtes font l'objet de mesures de gestion, impliquant une ou plusieurs structures (tableau 1) : conventions, plan de gestion, suivis, surveillance, entretien...

Structures (co-) gestionnaires	Nombre de gîtes protégés / gérés
Association : Groupe Chiroptères de Provence (GCP)	86
Parcs naturels régionaux	15
Départements	10
Parcs nationaux	9
Association : Conservatoire d'espaces naturels (CEN)	9
État (Centre des monuments nationaux, Conservatoire du littoral, Direction interdépartementale des routes)	5
Office national des forêts (ONF)	4
Communes et communautés de communes	2

Tableau 1. – Bilan des sites protégés suivant les structures gestionnaires

En conclusion

79 % de gîtes sont encore à protéger. Le travail de protection reste considérable.

POSTER

Outils de conservation pour les gîtes à Chiroptères déployés en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

Éva CICCARELLI & Delphine QUEKENBORN
Groupe Chiroptères de Provence, gcp@gcprovence.org

LES OUTILS DE CONSERVATION DES CHIROPTÈRES

Le Groupe Chiroptères de Provence (GCP) s'engage pour protéger les chauves-souris via des conventions variées, notamment les opérations refuges, les conventions de partenariat ou encore avec, récemment, la création d'un fonds de dotation.

LES OPÉRATIONS REFUGE EN RÉGION SUD PACA

La Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM), via le label « Refuge pour les chauves-souris », œuvre en proposant un accompagnement dans la protection de ces espèces. Le GCP, structure relais régionale, travaille à la mise en place de ces refuges depuis 2012.

La signature d'une convention implique un engagement moral des signataires et permet :

- de s'accorder sur une cohabitation réussie durant la période de présence des chauves-souris ;
- d'encadrer la réalisation de travaux sur le gîte, conciliant les souhaits des habitants avec la pérennisation de la colonie ;
- de favoriser l'emploi de matériaux durables et moins polluants, ainsi qu'une gestion des espaces naturels.

Au total, 94 conventions signées (figure 1) ont permis une sensibilisation du public, la pose de gîtes de type nichoir, une valorisation du guano et des suivis de populations.

Les conventions, dans le cadre de l'opération « Refuge pour les chauves-souris », sont contractualisées avec des particuliers (55 %), des collectivités (37 %) et des agriculteurs (8 %).

Le milieu agricole sera une priorité dans le choix des propositions de convention à venir.

« J'ai conçu une chiroptière amovible à la porte de mon garage ! Je l'ouvre pour laisser passer les Petits Rhinolophes qui l'occupent durant les beaux jours et je la ferme en hiver. »

Daniel, signataire d'une convention refuge en 2014.

Bilan des conventions refuge

L'expérience nous apprend que l'intérêt et l'affection naissent de ce que l'on connaît et côtoie.

Avec une convention refuge, un pas décisif est franchi dans l'ouverture à la nature de proximité et à la cohabitation durable. Bien souvent, il suffit de ce geste pour que le charme des chauves-souris opère naturellement et que les propriétaires se lancent dans une démarche de protection très efficace à long terme.

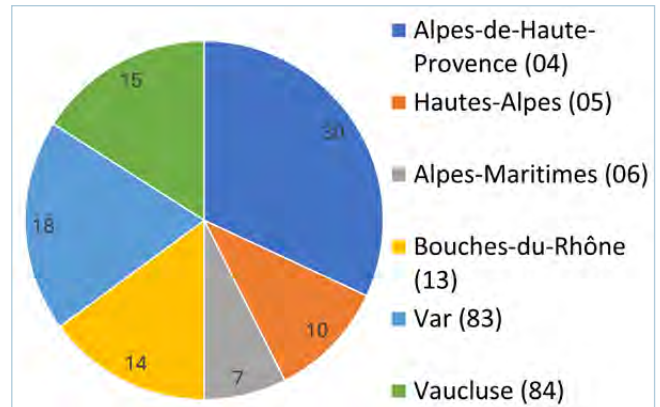


Figure 1. - Nombre de conventions refuge pour les chauves-souris par département



Colonie de Grand Rhinolophe © T. Mathieu

LES CONVENTIONS DE PROTECTION ET DE GESTION

Différents types de conventions peuvent être mis en place afin d'agir pour la conservation des Chiroptères. Elles servent à établir un engagement définissant des recommandations à respecter afin d'aider à la préservation des espèces présentes. Voici deux exemples non exhaustifs de conventions que nous pouvons rencontrer.

Convention de partenariat pour la protection

Un site EDF dans les Alpes-Maritimes est un gîte accueillant 2700 chauves-souris dont une colonie de reproduction de Minioptères de Schreibers, Murins de Capaccini, et Murins à oreilles échanquées et une autre colonie de Rhinolophes euryales, Grands et Petits Rhinolophes.

Cette convention de partenariat permet de réaliser des suivis, de sensibiliser, de sécuriser le site et d'effectuer des travaux conservatoires.



Grappe de Grands et Petits Murins © T. Mathieu



Colonie de Minioptères de Schreibers © A. Prache

Convention de travaux de protection

Une chapelle dans les Alpes-de-Haute-Provence abrite une colonie de Petit Rhinolophe.

En 2001, une grille est posée après restauration du bâtiment. Or, celle-ci bloque le passage des chauves-souris.

En 2004, la grille est retirée à la suite d'une démarche du GCP auprès de la commune qui a abouti à une convention de travaux pour la protection des chauves-souris.

En 2005, la pose d'une nouvelle grille offre à nouveau le passage aux chauves-souris.

Une convention de travaux permet la sauvegarde d'un gîte et la préservation de la colonie.



Carrière d'ocre propriété du GCP dans le Vaucluse © A. Prache

UN NOUVEL OUTIL : LE FONDS DE DOTATION GCP

Un fonds de dotation est une entité juridique à but non lucratif ayant pour objectif de réaliser une œuvre ou une mission d'intérêt général et/ou d'aider un autre organisme, également, à but non lucratif, à accomplir une mission d'intérêt général en lui versant des financements.

Le fonds de dotation, créé par le GCP le 16 février 2023, permet ainsi de conduire et soutenir toute activité d'intérêt général contribuant à la connaissance et à la protection des Chiroptères et de leurs écosystèmes. Dans le cadre d'un don, 66 % de la somme donnent droit à une réduction d'impôt.

Le fonds de dotation GCP permet de :

- financer des actions de conservation ;
- soutenir des organismes à but non lucratif tels que des associations ;
- développer des partenariats avec des organismes d'intérêt général ;
- recevoir et gérer des biens de tous types (dons fonciers, successions par exemple) ;
- proposer du mécénat/bénévolat en soutien aux actions des bénéficiaires du Fonds de dotation.

Opération Refuge
Créez chez vous un paradis pour ces petits mammifères volants

Opération pilotée à l'échelle nationale par la SFEPM
<http://www.sfepm.org/refugepourleschauves-souris>

Groupe Chiroptères de Provence (GCP)
487 Rue des Razeaux - 04230 Saint-Etienne-les-Organes -
www.gcp-provence.org - 04 86 68 86 28 - gcp@gcp-provence.org

Avec le soutien de la Région Sud Provence-Alpes-Côte-d'Azur

Convention pour l'établissement d'un Refuge pour les chauves-souris dans une propriété privée, associative ou collective

L'établissement d'un Refuge pour les chauves-souris est gratuit et n'implique pas de dépense pour le propriétaire. L'opération Refuge pour les Chauves-souris repose sur les engagements et propositions ci-dessous, détaillées dans deux documents : Le guide technique « Accueillir des chauves-souris dans le bâti et les jardins » et le livret « Les Chauves-souris dans les Bâiments ». Ces documents présentent comment et pourquoi protéger les chauves-souris dans le bâti et les jardins, et donne des informations utiles pour rechercher et identifier les chauves-souris pouvant être présentes dans ces espaces.

Engagements du propriétaire	Propositions
Le propriétaire, signataire d'un Refuge pour les chauves-souris, s'engage dans les constructions et espaces concernés (voir détail dans la Convention au verso) à :	Outre les engagements précédents, nécessaires à la vie des chauves-souris et au maintien de leurs populations, des mesures volontaires et complémentaires, laissées au choix des propriétaires, peuvent être prises afin de favoriser la protection des chauves-souris.
Engagement 1 : Conserver les gîtes hébergeant ou pouvant héberger les chauves-souris. Qu'il s'agisse du grenier, de la cave, d'arbres creux ou d'un mur, les chauves-souris sont les bienvenues, les accès à leurs lieux de vie ne doivent pas être modifiés.	Proposition 1 : Ouvrir des espaces aux chauves-souris par la création d'accès adaptés dans des bâtiments (cave, combles...). Cf. fiches techniques 5 et 6 du guide technique.
Engagement 2 : Si des travaux ou des modifications s'imposent, veiller à respecter les recommandations de la fiche technique 4 du guide technique sur les dates de réalisation des travaux, et contacter le GCP.	Proposition 2 : Installer des gîtes artificiels chez soi et aux environs. La fiche technique 12 en présente différents modèles utilisés par les chauves-souris en hiver comme en été.
Engagement 3 : Limiter au maximum les visites des sites occupés par les chauves-souris et, de manière générale, réduire autant que possible les activités provoquant un dérangement, sonore ou lumineux, dans un espace occupé par des chauves-souris.	Proposition 3 : récolter le guano en plaçant une bûche à l'aplomb de la colonie. Le guano de chauves-souris est un excellent engrais à utiliser avec parcimonie pour ne pas « brûler » les plantes.
Engagement 4 : Pour les espaces verts et jardins, adopter des pratiques de jardinage favorables aux populations d'insectes et aux chauves-souris, en limitant l'usage des pesticides, en favorisant la plantation d'espèces végétales locales, ou en conservant les vieux arbres et les branches portant des cavités. Le jardin « au naturel » doit être privilégié à des espaces exagérément entretenus.	Proposition 4 : sauvegarder les terrains de chasse et les corridors écologiques qui les relient aux gîtes (haies, allées forestières...), en recréer si possible. Maintenir et favoriser, dans les parcs et jardins, les milieux qui vont fournir aux chauves-souris leurs proies en quantité suffisante. Il conviendra aussi de maintenir des alignements d'arbres (en privilégiant les feuillus), veiller à ce que les accès aux gîtes soient protégés par la végétation mais assez dégagés, ou encore favoriser le pâturage des prairies par des herbivores non traités par des antiparasitaires rémanents (fiche technique 11 du guide technique).
Engagement 5 : Ne pas éclairer directement l'accès à un espace occupé ou favorable aux chauves-souris. Si un éclairage doit néanmoins être installé pour des raisons de sécurité, un accès de substitution fonctionnel, spécialement adapté au passage des chauves-souris, pourra être créé dans une partie non éclairée de l'édifice.	Proposition 5 : sensibiliser le voisinage en leur faisant découvrir la biologie des chauves-souris et en diffusant des éléments simples en faveur de leur conservation. Pour ce faire, il peut utiliser le panneau en PVC à fixer, au format A4, qui lui sera fourni, pour signaler l'existence de son refuge.
Engagement 6 : Exclure l'utilisation de produits toxiques pour le traitement des charpentes et des boiseries dans les lieux favorables ou fréquentés par les chauves-souris. Cf. recommandations de la fiche technique 7 du guide.	

Engagements du Groupe Chiroptères de Provence (GCP)

➤ Convention à retourner en deux exemplaires au Groupe Chiroptères de Provence

1/5



Convention pour l'établissement d'un refuge pour les chauves-souris dans une propriété privée, associative ou collective

COMMUNICATION

Un document stratégique d'urgence en faveur de la Roussette noire (*Pteropus niger*) à La Réunion (2023)

Pierre-Emmanuel BASTIEN

Groupe Chiroptères Océan Indien (GCOI) – pierre-emmanuel.bastien@gcoi.org

Résumé. – Il est mis en avant dans la littérature que le risque d'extinction des espèces insulaires est beaucoup plus important que celui des espèces continentales [DONLAN & WILCOX 2008, Drake *et al.* 2002]. Il en est même pour ce qui est de la disparition d'une espèce, notamment quand sa population, dans notre cas la Roussette noire (*Pteropus niger*), est de très petite taille [CACERES 2010]. Bien que la dynamique de la population soit positive, celle de La Réunion reste très sensible aux risques d'origine anthropique, au niveau de ses zones de repos, comme d'alimentation. Dans le courrier de l'Unesco de juillet-septembre 2021, Spatz & Holmes [2021] énonçaient que « La majorité des extinctions d'espèces dans le monde ont eu lieu sur des îles ». Il paraissait donc nécessaire de réaliser un document stratégique permettant, d'une part, de lister les potentielles menaces pouvant peser sur l'espèce et, d'autre part, d'établir une stratégie d'intervention pour chacune des menaces identifiées. Le travail proposé par le Groupe Chiroptères Océan Indien (GCOI) sous la forme d'un document stratégique est une méthodologie d'intervention. Elle est à appliquer, soit lorsqu'une menace pouvant impacter la population de Roussette noire et/ou son habitat est identifiée, soit lorsqu'une dégradation de son habitat est constatée, voire lorsqu'une mortalité (naturelle ou non) est observée. Il s'agit là d'un travail collaboratif avec les différents acteurs du territoire réunionnais (différents services de l'État, chambre d'agriculture, monde associatif, EDF, Total énergies...) concernés par la problématique Roussette noire, afin de rendre les actions opérationnelles.

Mots clés. – Roussette noire, *Pteropus niger*, Chiroptères, frugivore, document stratégique, conservation, collaboratif, menaces

INTRODUCTION

L'action décrite dans cet article s'inscrit dans un contexte où la Roussette noire (*Pteropus niger*), endémique des Mascareignes, est en danger critique de disparition sur le territoire français, et en danger d'extinction à l'échelle mondiale [UICN FRANCE *et al.* 2013]. Cette espèce a fait l'objet de la rédaction d'un Plan de conservation [CACERES 2010] qui constitue une base solide, mais qui s'avère être partiellement obsolète, du fait de l'évolution de la population de *P. niger* à La Réunion, notamment par la découverte en 2015 du principal dortoir connu actuellement. Malgré ce document, en dehors d'une amélioration des connaissances, peu d'actions de conservation ont été conduites en faveur de l'espèce depuis son retour au début des années 2000. La petite taille de la population constitue un facteur de fragilité et le risque d'observer un déclin de l'effectif ne peut pas être écarté.

Dans le cadre d'un programme FEDER dénommé CoCoPniger (<https://gcoi.org/nos-actions/feder-cocopniger/>), le GCOI s'est donné pour mission la production d'un document opérationnel permettant de prévenir tout déclin potentiel et/ou d'intervenir en cas de constat de déclin de l'espèce. Pour cela, les menaces potentielles ont été listées par le GCOI, puis un travail collaboratif a été engagé avec les principaux acteurs du territoire et des spécialistes de la conservation, afin de définir les mesures opérationnelles à mettre en œuvre. Bien que le GCOI soit moteur dans la

rédaction du document, le travail a été réalisé de concert avec l'ensemble des partenaires. Des réunions de travail et/ou des échanges téléphoniques ou par visioconférence ont été organisés avec certains partenaires pour préciser des éléments dans leur domaine d'expertise. Puis chaque partenaire a pu relire et amender la/les partie(s) du document relative(s) à son domaine d'activité.

DÉROULEMENT DU PROCESSUS DE RÉFLEXION/RÉDACTION

Le document opérationnel produit par le GCOI doit permettre de prévenir tout déclin potentiel et d'intervenir en cas de constat de déclin de l'espèce. Pour ce faire, le GCOI a souhaité s'entourer de l'ensemble des partenaires régionaux (Tableau 1) pour mener à bien un travail collaboratif afin de mettre en place une stratégie d'urgence. Au total, 18 structures partenaires locales ont été sollicitées pour 14 contributrices. Le GCOI a également pu échanger et travailler avec ses collègues mauriciens, néo-calédoniens, australiens et d'Afrique du Sud, concernés eux aussi par la famille des Pteropodidae.

La rédaction de la stratégie d'urgence s'est faite autour de quatre grands axes, à savoir :

- la définition des menaces potentielles par le GCOI,
- un travail collectif sur la validation des menaces et le développement de mesures à rendre opérationnelles,
- la rédaction du document stratégique par le GCOI,
- la validation du document par l'ensemble des partenaires.

Statut du partenaire	Structure	Présent dans la démarche
Étatique	DEAL	X
Étatique	DAAF	X
Judiciaire/réglementaire	DEAL	X
Judiciaire/réglementaire	OFB	X
Judiciaire/réglementaire	Gendarmerie	
Judiciaire/réglementaire	Parquet de Saint-Denis et de Saint-Pierre	
Judiciaire/réglementaire	Parquet de Saint-Pierre	
Scientifique	OFB	X
Scientifique	Laboratoire vétérinaire départemental de La Réunion	
Scientifique	Parc National de La Réunion	X
Scientifique	UMR PIMIT	X
Technique	Chambre d'agriculture	X
Technique	Fédération des chasseurs de La Réunion	X
Technique	OFB	X
Technique	SAFER Réunion	X
Technique	Département de la Réunion (ENS)	X
Technique	Région Réunion	X
Technique	Total énergies	X
Technique	EDF PÉI	X
Technique	EDF Renouvelables	X
Technique	Parc national de La Réunion	X
Technique	Société d'Études Ornithologiques de La Réunion (SEOR)	X

Tableau 1. – Partenaires sollicités dans le cadre de la démarche

Ce travail fut nécessaire pour la bonne acceptation de la démarche et du déploiement technique du document.

La première étape opérée par le GCOI était de savoir ce qui est attendu du document à produire pour le rendre le plus opérationnel possible. En effet, il doit permettre d'aller au-delà du plan de conservation établi en 2010 [CACERES, 2010] en permettant la mise en place rapide d'actions dès la parution du document. Pour ce faire, un travail bibliographique a été conduit d'une part à l'échelle des Mascareignes, et d'autre part plus largement à l'échelle des océans Indien et Pacifique où évolue la famille des Pteropodidae. Cela a permis de confronter les travaux déjà effectués sur cette famille en les transposant au contexte réunionnais, voire mauricien. Au total 32 travaux scientifiques couvrant la période 2018-2023 ont ainsi été analysés. En parallèle, les rencontres en visioconférence et les différents échanges par courrier électronique avec les collègues internationaux ont permis de faire ressortir des éléments nouveaux et/ou n'ayant peu ou pas encore fait l'objet de publication. Cela

concerne par exemple pour l'Australie et l'Afrique du Sud un taux de mortalité non évalué dans le cadre de collisions avec des fils barbelés obstruant les couloirs de vol et/ou les zones de nourrissage, ou encore l'impact du développement éolien en Australie.

Ce premier travail a donc fait ressortir huit menaces potentielles pour le territoire réunionnais :

- disparition des habitats et de la ressource alimentaire,
- braconnage,
- dérangements volontaires et involontaires,
- collisions,
- bio-accumulation de molécules toxiques
- épidémies,
- cyclones,
- faible variabilité génétique.

À partir de cette étape, le GCOI a souhaité réunir l'ensemble des acteurs concernés par la problématique Roussette noire dans le cadre d'un groupe de travail spécifique.

L'objectif était d'une part de présenter le travail en cours,

et le cadre dans lequel il s'insère, et d'autre part d'énoncer les huit menaces potentielles établies et de les confronter avec l'état des connaissances actuelles.

À la suite de ce premier Groupe de Travail (GT), des échanges plus précis avec chacune des structures concernées par une ou plusieurs menaces ont été conduits.

Cela a permis de définir finement la réalité de la menace, les acteurs impliqués, les risques à court, moyen et long terme, et de ce fait les causes possibles de déclin, pour terminer sur les réponses à apporter aux menaces potentielles.

La synthèse produite ensuite par le GCOI a donné lieu à un second groupe de travail. Sa restitution a permis de croiser les avis pour s'assurer que l'ensemble du document soit conforme aux champs d'actions des uns et des autres, compte tenu de la réalité économique du territoire réunionnais. Ceci bien entendu en prenant en considération l'écologie de la Roussette noire, les habitats disponibles et ceux qu'elle fréquente, ainsi que la réglementation en vigueur.

Après une validation par l'ensemble des partenaires, le document est paru mi-2023 et est disponible en téléchargement : https://gcoi.org/wp-content/uploads/2023/12/Action3_Document-operationnel-PTENIG23.pdf

ARTICULATION DU DOCUMENT : DÉFINITION DES MENACES ET MISE EN ŒUVRE DES MESURES

1. Disparition des habitats et de la ressource alimentaire

Il ressort que les habitats de forêts indigènes ne sont peu ou plus touchés par le développement de l'agriculture et de l'urbanisation, notamment au cœur du Parc National. Au total, 40 % du territoire est couvert par des espaces forestiers. Néanmoins, il convient d'être attentif aux zones de transition entre forêts indigènes et zones cultivées/urbanisées, du fait de leur constante évolution et de leur rôle dans le développement de la population de Roussette noire.

Pour une bonne prise en compte de l'espèce, il a été nécessaire de faire remonter ces connaissances de façon systématique auprès des services instructeurs et des collectivités. A ainsi été établi l'intérêt de développer des outils cartographiques à travers Vigie-foncier (SAFER Réunion), des mises à jour des PLU et des PLUi et enfin une Stratégie nationale pour les aires protégées.

En parallèle, un travail de veille et de sensibilisation doit avoir lieu avec la chambre d'agriculture, la SAFER, le GCOI et l'État. L'intégration de l'enjeu Roussette noire en MISEN (Mission Inter-Services de l'eau et de la Nature) a également été évoquée pour tendre vers une réactivité de l'ensemble des services de police.

2. Braconnage

Comme présenté précédemment, un travail en MISEN est ici nécessaire pour s'assurer d'une bonne prise en compte de l'espèce et de ses habitats.

D'un commun accord, il est ressorti que l'information et la sensibilisation restent les meilleurs outils pour s'assurer de l'acceptation de l'espèce.

En effet, les connaissances scientifiques solides acquises

sur l'espèce et les premiers résultats concernant l'écologie alimentaire permettent de communiquer efficacement en direction de la profession agricole et des acteurs associés (chambre d'agriculture et SAFER Réunion), des communes et du monde de la chasse. Il a donc été convenu et validé de travailler à la mise en place de réunions d'information, à la création de pages web dédiées (FDC 974, chambre d'agriculture, communes, ...), d'utiliser les magazines techniques locaux voire de mettre en œuvre des panneaux d'information sur les sites sensibles ouverts au public.

Un travail de surveillance et au besoin des actions judiciaires doivent également être mis en place pour s'assurer du bon respect de la réglementation espèce protégée.

3. Dérangements volontaires et involontaires

Il est reconnu aujourd'hui que les deux sous-ordres des Chiroptères (Yangochiroptera et Yinpterochiroptera) sont sensibles aux dérangements, volontaires ou non [ARTHUR & LEMAIRE 2021, PROBST & SANCHEZ 2015]. Ainsi, il est ressorti qu'un travail de fond doit concerner la prévention permettant l'anticipation et donc la réduction du risque. Comme pour les menaces précédentes, l'accent doit être mis sur la sensibilisation et la formation des différents acteurs du territoire. Par exemple, des formations conjointes (GCOI/ chambre d'agriculture, GCOI/FDC974, ...) ou encore la rédaction d'articles dans les magazines spécialisés peuvent être envisagées afin de donner plus de poids au message. Les partenaires pressentis pour cette action sont la chambre d'agriculture, les communes, la FDC Réunion, l'OFB ou encore le Parc National.

De plus, un travail avec les différentes structures utilisant des aéronefs (EDF, SDIS, Section Aérienne de la Gendarmerie, Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation et entreprises privées) doit également voir le jour pour définir des zones d'exclusion lors des entraînements et anticiper les phases d'approche lors des interventions.

Enfin, dans les secteurs à risques, une sensibilisation spécifique directe des usagers devra être mise en place via la présence de médiateurs les jours de forte affluence. Il faudra également réfléchir à une communication indirecte avec les communes concernées par les principaux dortoirs (panneaux d'information fixes ou interactifs, pupitres, QR code, éléments sonores). Par vigilance, il pourra être intéressant de ne pas réaliser forcément une communication spécifique Roussette noire, mais de placer des éléments au sein d'une communication plus globale sur le site et sur les espèces afin de réduire l'effet attractif.

4. Collisions

Concernant cette menace, plusieurs éléments en lien avec les activités humaines ont été ciblés : lignes électriques, fermes éoliennes, collisions aériennes et routières.

Il convient d'acquérir des connaissances fines sur le risque éolien en raison du développement de cette activité sur terre, et probablement en mer dans les années à venir. En effet, actuellement, les protocoles d'étude sont faibles, voire nuls, et surtout non adaptés au contexte réunionnais et aux espèces locales. De plus, nous avons une potentielle

augmentation significative des risques, en lien avec l'augmentation de la population de Roussette noire depuis le début des années 2000. Il ressort du travail collaboratif qu'il y a un réel besoin d'éléments de connaissance pour la bonne prise en compte de cette espèce, et ceci dans le cadre d'études ciblées hors champ ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement). Il paraît cohérent que ce travail de recherche soit mené de façon partenariale (EDF renouvelables et Total énergies), et qu'il soit appuyé par l'État pour tendre vers la mise en œuvre de potentielles mesures adaptées à l'espèce, qu'elles soient ou non correctives en fonction du parc éolien.

Pour ce qui est du risque de collision avec des aéronefs (hors drones), il faut établir un lien avec les cartes d'exclusion qui seront mises en œuvre avec le SDIS 974, le SAG et EDF. Il serait intéressant de mettre en place des temps de formation destinés aux pilotes sur la Roussette noire, ses habitats et son comportement. En plus de la sensibilisation, ceci permettrait de mettre à contribution les professionnels pour obtenir des remontées d'informations concernant :

- de potentielles collisions (lieu avec si possible point GPS, date, altitude de vol, nombre d'individu(s) impacté(s), comportements observés si possible, nombre d'individu(s) observé(s) sur la zone de collision) ;

- de potentielles observations en dehors de la zone connue actuellement (lieu avec si possible, point GPS, date, altitude de vol, comportements et nombre d'individu(s) observé(s) sur la zone).

Concernant le développement de l'utilisation des drones, et du risque accru de dérangement et de collision, un travail doit être mené conjointement avec les communes concernées, la DEAL Réunion et le Préfet pour les secteurs où un ou plusieurs dortoirs sont identifiés. Il convient ici de mener ce travail en parallèle des actions de prévention.

Dans le cadre de la politique globale de sécurité des aéroports, une liste d'espèces à risques est établie avec tout un ensemble de protocoles pour réduire voire supprimer ces risques. Bien qu'à l'heure actuelle, le danger de collision soit très faible, voire nul, il convient de prendre en compte l'espèce à la fois autour des aéroports, mais également au niveau des cônes d'envol et d'atterrissage. La prise en compte doit concerner les individus en tant que nuisance potentielle, mais aussi les habitats qu'ils pourraient être amenés à fréquenter pour se nourrir. Il convient donc de proscrire les arbres fruitiers (fruits charnus notamment) dans l'enceinte des aéroports, et également dans la zone élargie sous leur contrôle.

5. Bio-accumulation de molécules toxiques

Dans le cas du réseau de Surveillance de la Mortalité Anormale des Chiroptères (SMAC) et du réseau SAGIR, une recherche de contaminants pourra intervenir en dernier lieu si aucune autre cause n'est trouvée et seulement si le spécimen est « frais ».

Auparavant, il serait intéressant de faire un état des lieux des produits phytosanitaires utilisés légalement, et potentiellement illégalement à La Réunion, pour établir une liste des possibles contaminants. Après échange

avec l'OFB, il ressort comme important de conduire une étude de toxicovigilance sur la faune sauvage (chauves-souris comprises). L'objectif serait d'identifier les produits phytopharmaceutiques (PPP) ou biocides disponibles ou anciennement disponibles qui pourraient être responsables d'effets non-intentionnels aigus sur la faune sauvage. Les résultats de cette étude seraient une base de travail très importante dans le cadre de la surveillance de l'état de santé de la population de la Roussette noire.

6. Épidémies

Suite aux échanges avec l'UMR PIMIT, il ressort qu'un travail partenarial entre l'UMR et le GCOI pourrait être conduit pour avancer sur ce risque. Avant tout travail de surveillance continue, un état des lieux préalable se doit d'être conduit sur la population actuelle de Roussette noire, ceci afin d'établir la liste des pathogènes déjà existants. Ce travail serait facilité par les connaissances acquises sur la diversité virale et bactérienne et leurs dynamiques de transmission chez le Petit molosse de La Réunion (*Mormopterus francoismoutoui*). Elles permettraient dans un premier temps, de cibler des familles virales d'intérêt [AGUILLON *et al.* 2023, DIETRICH *et al.* 2015, JOFFRIN *et al.* 2021, 2022]. C'est aujourd'hui la priorité pour déceler une quelconque modification ou arrivée d'agents infectieux pathogènes pour les chauves-souris, et donc se prémunir face à un potentiel déclin de la population. Ces travaux de recherche pourront être mis en relation avec les changements globaux, la modification des habitats et la progression de l'urbanisation, le stress des animaux et les échanges commerciaux ; ils seront menés en étroite liaison avec nos collègues mauriciens, malgaches, seychellois et mahorais. Il nous faudra définir les éléments que nous rechercherons et ainsi adapter les protocoles à conduire. Une épidémiologie pourra être assurée dans un second temps et permettra aux différents partenaires de suivre la population et son état de santé.

7. Cyclones

La période cyclonique (décembre/avril) intervient en fin de mise bas et en plein dans la période d'élevage des jeunes. De ce fait, en cas de cyclone violent, il convient d'augmenter notre vigilance que ce soit pour des individus en perte, des individus ayant un comportement inhabituel, voire pour des individus s'étant déplacés dans de nouveaux secteurs. Pour ce faire, en amont de l'arrivée d'un cyclone, il convient de rappeler à chaque partenaire et aux collectivités les bons gestes à avoir en cas d'observations inaccoutumées de Roussette noire.

Concernant la population locale, une information pourrait être donnée avec le numéro du « Réseau Sauv' Souris » afin de donner la conduite à tenir en cas de rencontre avec un ou plusieurs individu(s). Pour cela, il sera possible d'utiliser les mêmes canaux que la Société d'Études Ornithologiques de La Réunion (SEOR) utilise (radio, télévision, réseaux sociaux) lors des moments à risques pour les pétrels et les puffins.

En parallèle, il sera possible de produire une note d'information à destination des compagnies réalisant des vols

d'hélicoptères touristiques, du SAG et des aérodromes concernant l'observation fortuite d'individus lors de leurs vols.

8. Faible variabilité génétique

L'étude visant à mesurer la variabilité génétique de la population de Roussette noire pourrait être menée en parallèle des travaux de recherches épidémiologiques et du réseau SMAC. Cela permettrait par exemple de mutualiser les moyens humains et techniques, mais aussi de réduire le dérangement et le stress liés aux captures. Pour ce travail de recherche, il conviendra d'étudier la diversité et la structure génétique au sein de la population afin de connaître son potentiel évolutif et sa viabilité. Pour ce faire, il serait possible de s'appuyer sur les travaux conduits à l'île Maurice par Larsen *et al.* [2014] qui ont utilisé un marqueur mitochondrial facilement déployable.

Dans un second temps, et si le besoin s'en fait ressentir, il serait possible d'évaluer la diversité génétique de la population en estimant des paramètres comme la diversité haplotypique (Hd), la diversité nucléotidique (π), l'hétérozygotie et la richesse allélique. Une étude de la structuration génétique à l'échelle de La Réunion, mais aussi entre les individus de La Réunion et de Maurice, pourrait également être menée afin de nous informer sur la présence ou l'absence de flux de gènes au sein de la population, et ainsi tenter de définir à partir de combien de noyaux d'individus s'est constituée cette nouvelle population. Il est à noter que du matériel génétique est déjà disponible et prêt à l'emploi auprès du GCOI.

CONCLUSION

La réalisation du document stratégique se voulait coopérative pour le rendre opérationnel dès la fin de sa rédaction, ceci en cas de déclin avéré de la population de Roussette noire réunionnaise. Nous avons réussi en un temps record (moins de 6 mois) à mettre autour de la table l'ensemble des partenaires (institutionnels, techniques, scientifiques) concernés de près ou de loin par l'espèce sur l'île, et à rédiger le document le plus juste possible en matière de prise en compte de l'espèce. À présent, nous attaquons la phase opérationnelle de ce document dans le cadre d'un nouveau projet d'envergure dénommé DUTRoN (<https://gcoi.org/nos-actions/dutron/>) financé par la DEAL Réunion dans le cadre du Fonds vert – France nation verte

BIBLIOGRAPHIE

- AGUILLON S., LE MINTER G., LEBARBENCHON C., HOARAU A.O., TOTY C., JOFFRIN L., RAMAANTSALAMA R. V., AUGROS S., TORTOSA P., MAVINGUI P. & DIETRICH M., 2023. - A population in perpetual motion: Highly dynamic roosting behavior of a tropical island endemic bat. *Ecology and Evolution*, 13 (2): e9814. <https://doi.org/10.1002/ece3.9814>
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021. - *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg & Suisse*. 3^e éd. Biotope-MNHN, Mèze-Paris, 592p.
- CACERES S., 2010. - *Plan de conservation de la Roussette noire (Pteropus niger) dans l'île de La Réunion*. Direction Régionale de l'Environnement de La Réunion (DIREN), ONCFS, 62 pp. + annexes. https://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/PDC_Roussette_cle0b11cd.pdf
- DIETRICH M., WILKINSON D. A., BENLALI A., LAGADEC E., RAMASINDRAZANA B., DELLAGI K. & TORTOSA P., 2015. - Leptospira and paramyxovirus infection dynamics in a bat maternity enlightens pathogen maintenance in wildlife. *Environmental Microbiology*, 17(11): 4280-4289. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12766>
- DONLAN J. & WILCOX C., 2008. - Diversity, invasive species and extinctions in insular ecosystems. *Journal of applied ecology*, 1114-1123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01482.x>
- DRAKE D. R., MULDER, C. P. H., TOWNS D. R. & DAUGHERTY C. H., 2002. - The biology of insularity: An introduction. *Journal of Biogeography*, 29(5-6): 563-569. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00706.x>
- JOFFRIN L., HOARAU A. O. G., LAGADEC E., KÖSTER M., RAMANANTSALAMA R. V., MAVINGUI P. & LEBARBENCHON C., 2021. - Astrovirus in Reunion Free-Tailed Bat (*Mormopterus francoismoutoui*). *Viruses*, 13(8): 1524. <https://doi.org/10.3390/v13081524>
- JOFFRIN L., HOARAU A. O. G., LAGADEC E., TORRONTI O., KÖSTER M., LE MINTER G., DIETRICH M., MAVINGUI P. & LEBARBENCHON C., 2022. - Seasonality of coronavirus shedding in tropical bats. *Royal Society Open Science*, 9(2): 211600. <https://doi.org/10.1098/rsos.211600>
- LARSEN P. A., HAYES C. E., WILKINS M. A., GOMARD Y., SOOKHAREEA R., YODER A. D. & GOODMAN S. M., 2014. - Population Genetics of the Mauritian Flying Fox, *Pteropus niger*. *Acta Chiropterologica*, 16(2): 293-300. <https://doi.org/10.3161/150811014X687251>
- PROBST J.-M. & SANCHEZ M., 2015. - Découverte d'une nouvelle colonie de Roussette des Mascareignes *Pteropus niger* (Kerr, 1792) dans l'Est de La Réunion. *Bulletin Phaethon*, 41: 1-44.
- SPATZ D. R. & HOLMES N. D., 2021. - Les îles, fragiles vitrines de la biodiversité. *Le Courrier de l'Unesco*, 2021(3): 23-24.
- UICN FRANCE, MNHN, SEOR, ARDA RÉUNION, INSECTARIUM DE LA RÉUNION, GLOBICE & KELONIA, 2013. - *La liste rouge des espèces menacées en France – Faune de La Réunion*. Paris: UICN France & MNHN, 23p. https://uicn.fr/wp-content/uploads/2010/07/Liste_rouge_France_Faune_de_La_Reunion.pdf



COMMUNICATION

Veille environnementale et actions juridiques en Lorraine

Laure DERSON*, Giacomo JIMENEZ**

*Lorraine Nature Environnement, juridique@lorrainenatureenvironnement.fr

**CPEPESC Lorraine, g.jimenez@cpepesc-lorraine.fr

Mots clés. – veille environnementale, juridique, partenariat, chauves-souris, réglementation

INTRODUCTION

Dans un pays de droit comme la France, la protection des chauves-souris et de leurs habitats devrait notamment s'appuyer sur le cadre juridique ainsi que sur les procédures administratives afin que ces espèces soient prises en compte le plus en amont possible et prévenir toute atteinte potentielle.

Cela implique la mise en place d'une veille environnementale et une veille des marchés publics, mais aussi la diffusion des connaissances, par le biais de synthèses bibliographiques sur des projets ainsi qu'auprès des particuliers et des collectivités lors des études et suivis scientifiques. Toutefois, lorsque les actions de prévention se révèlent insuffisantes ou qu'un délit est avéré, il peut être nécessaire de recourir à l'action judiciaire, en lien avec les administrations ou les tribunaux concernés. Un suivi minutieux des dossiers s'impose alors. Un suivi minutieux des dossiers est alors nécessaire. La CPEPESC Lorraine a depuis plusieurs années instauré un système de veille environnementale, et conduit plusieurs actions tant en matière de formation des bénévoles que de procédures judiciaires avec l'aide d'autres associations. C'est ce bilan, lucide et critique, assorti d'une réflexion sur les perspectives à définir, qui a été réalisé à l'occasion de la 20^e édition des Rencontre nationales Chauves-souris de Bourges.

LA VEILLE ENVIRONNEMENTALE

Dans le cadre de la veille environnementale réalisée par la Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères de Lorraine (CPEPESC Lorraine), plusieurs actions sont menées en parallèle et de manière complémentaire. L'association s'efforce de transmettre les informations concernant la présence de populations de Chiroptères de manière ciblée, persuadée qu'une diffusion tout azimut sur des plateformes en ligne serait contre-productive.

Le porter à connaissance et le contact direct

Dans cet objectif, les missions de connaissance de l'association telles que les suivis scientifiques des populations de Chiroptères en périodes hivernale et estivale permettent de garder le contact avec les propriétaires et les gestionnaires. Les échanges annuels assurent souvent une anticipation

des situations problématiques pouvant porter atteinte aux individus de Chiroptères ou à leurs habitats.

Ces situations peuvent être multiples comme la rénovation de bâtiments, les problèmes ou volontés de sécuriser un site ou encore l'implantation d'une activité économique ou culturelle. Cette méthode impliquant bénévoles et salariés de l'association est souvent la plus efficace, étant basée sur un lien de confiance bâti au fil des années. Des actions plus ponctuelles de porter à connaissance sont également réalisées comme lors des dernières élections municipales en 2020 : afin d'informer les nouvelles équipes de la présence de colonies de chauves-souris dans des bâtiments communaux, 790 courriers avaient alors été envoyés sous format numérique.

La veille des marchés publics

Depuis 2015, l'association réalise un travail minutieux : les principales plateformes de diffusion des marchés publics sont scrutées (BOAMP, AWsolutions, francemarche.com...) et tous les travaux pouvant impacter les Chiroptères sont identifiés tels que la rénovation de bâtiments ou d'ouvrages d'art, la gestion du patrimoine arboré, la rénovation de l'éclairage urbain, etc. La lecture de la presse locale peut aussi permettre d'être informé de projets beaucoup plus en amont.

Les sites concernés sont ensuite croisés avec la base de données régionale mise à jour par la CPEPESC Lorraine. Lorsque des enjeux chiroptérologiques sont connus, un courrier est systématiquement envoyé pour alerter les porteurs de projets. Quand aucun enjeu n'est connu mais que les travaux semblent problématiques compte tenu de leur nature ou que les sites concernés sont favorables aux chauves-souris en tant que gîte, terrain de chasse ou corridor de déplacement, des courriers peuvent également être envoyés.

Chaque courrier envoyé rappelle les enjeux connus ou suspectés, la réglementation relative aux espèces de chauves-souris protégées ainsi qu'à leurs habitats utilisés et utilisables. La mise en œuvre d'une expertise avant travaux est systématiquement demandée afin de prendre en compte la biodiversité dans les projets. Les éventuels rappels de l'historique de l'implication de l'association sont précisés.

Dans la mesure du possible, des associations spécialisées sur d'autres taxons ou actifs sur d'autres territoires

sont impliquées dans cette veille des marchés publics. La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) ainsi que l'Office Français de la Biodiversité (OFB) sont systématiquement en copie des courriers.

Ces dernières années, pour environ 43 % des alertes transmises, un contact a été instauré avec les porteurs de projets, et pour 20 % d'entre elles un engagement a été pris d'adapter le projet pour prendre en compte les populations de Chiroptères. Dans 57 % des cas en revanche les alertes ne donnent pas de suite, seuls les cas les plus problématiques sont alors suivis de près.

Des réunions sont parfois nécessaires pour expliquer les enjeux et la réglementation aux acteurs n'ayant jamais été confrontés à cette problématique. Parfois de premières recommandations sont données sur les expertises à mener et les taxons complémentaires à rechercher car cette veille ne profite pas qu'aux chauves-souris, certes souvent plus difficiles à détecter, mais aussi aux Oiseaux, Reptiles, Amphibiens ou encore aux autres Mammifères. Une surveillance sur le long terme est engagée suite aux courriers *a minima* pour les sites où des enjeux sont connus. En 2023, 27 alertes ont été réalisées sur la base de l'analyse des marchés publics pour un total de 98 heures de travail.

Les principales difficultés, rencontrées lors de la veille des marchés publics, sont l'alerte tardive arrivant alors que le porteur de projet recrute les entreprises sur un programme d'actions déjà défini. Les discussions engendrées se font dans l'urgence et sous pression des financeurs. Lorsque les alertes ne traitent que d'habitats utilisables par les Chiroptères sans preuve de présence, il est difficile d'intervenir sur les projets. Dans de nombreux cas, même si le travail de pédagogie a été réalisé par la CPEPESC Lorraine, les interventions de l'administration par la suite sont inappropriées et ne permettent pas d'appliquer la réglementation relative aux espèces de chauves-souris et à leurs habitats. Les points positifs de ce travail sont, dans un premier temps de faire connaître les enjeux concernant les espèces de chauves-souris anthropophiles et la réglementation relative aux espèces protégées, et d'apporter les solutions méthodologiques pour cela. Quand des gestionnaires de nombreux ouvrages sont touchés, ce peut être une avancée majeure pour la préservation de ces espèces. Dans un second temps, ce travail permet de légitimer nos actions lorsque la réglementation n'est pas respectée.

LES SYNTHÈSES BIBLIOGRAPHIQUES SUR EXPERTISES DE PROJETS

Une autre action majeure développée dans le Grand Est tient dans la structuration d'un réseau d'associations collaborant à la rédaction de synthèses bibliographiques multi-taxons. Au sein de la fédération d'associations l'Office des DONnées NATuralistes du Grand Est (ODONAT Grand Est), les données naturalistes sont valorisées sur commande.

Ce travail permet de faire connaître, pour des projets d'aménagement, l'effort de prospection des naturalistes impliqués dans ces associations et de réaliser un bilan des

connaissances des enjeux relatifs à la biodiversité. Ce travail n'est pas une simple diffusion de données brutes mais bien un travail d'analyse. Des recommandations sont émises par rapport au type de projet et aux inventaires complémentaires à mener, l'aire d'étude varie en fonction des aménagements prévus et des questions posées. Enfin, un avis de l'association sur la cohérence du projet vis-à-vis de l'application de la réglementation, des recommandations nationales et internationales issues de la bibliographie et de l'impact prévisible sur les populations de Chiroptères peut être ajouté.

Entre 2019 et 2023, à l'échelle du Grand Est, 223 synthèses bibliographiques ont été réalisées, 73 % d'entre elles concernaient des projets photovoltaïques et éoliens. La CPEPESC Lorraine a participé à 98 d'entre elles pour le taxon des Chiroptères et pour le territoire lorrain.

Ce travail atteint cependant ses limites et doit ensuite faire l'objet d'un suivi de la part des associations qui participent aux synthèses, ce qui est malheureusement rarement le cas. Un travail mené par le réseau ODONAT Grand Est montre que les synthèses arrivent trop tard dans la chronologie de l'instruction des dossiers, ce qui empêche de prendre en compte correctement les préconisations des associations.

Le porteur de projet obtient la synthèse bibliographique au mieux lorsque les inventaires de terrain sont en cours et dans le pire des cas, lors de l'instruction du dossier par l'administration. Une autre limite constatée concerne la diffusion des synthèses lors des enquêtes publiques. Dans le meilleur des cas, elles sont diffusées telles quelles en annexe de l'étude d'impact et dans le pire des cas, elles sont dénaturées voire omises.

Il est certain que ce travail irrite certains porteurs de projets lorsqu'une synthèse conclut à une incompatibilité du projet avec la préservation de la biodiversité. L'impact de ces porter à connaissance sur la teneur des projets est donc très limité à ce jour. Plusieurs solutions sont en cours de réflexion à la fédération ODONAT Grand Est pour pallier ces problèmes. Tout d'abord, une diminution des délais d'écriture des synthèses serait à notre portée pour diffuser plus rapidement les documents et donc intervenir plus tôt dans le développement du projet. Il est également envisagé de mettre à disposition du grand public les synthèses bibliographiques. Enfin, une veille assidue des enquêtes et consultations publiques doit permettre de vérifier la bonne diffusion des informations.

LA PARTICIPATION AUX ENQUÊTES ET CONSULTATIONS PUBLIQUES

Une veille des enquêtes et des consultations du public est réalisée mensuellement. Un travail de fond réalisé par Lorraine Nature Environnement permet de vérifier les différentes consultations et enquêtes en cours, les avis du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) et les arrêtés préfectoraux issus des recueils des actes administratifs des différentes préfectures. Des recherches spécifiques aux dossiers en cours, suivis par la CPEPESC Lorraine sont menées. Chaque dossier mis en

ligne sur le site de la DREAL Grand Est ou des préfetures du territoire lorrain est lu en détail.

Faute de temps suffisant, seuls les plus problématiques font l'objet d'une participation de la part de l'association. Ils sont choisis en fonction des enjeux, des problèmes identifiés dans les dossiers mais également en fonction de l'implication de l'association. En effet, un certain nombre de dossiers de demande de dérogation à la réglementation sont issus de la veille environnementale réalisée en amont. De même, certains projets passant en enquête publique ont fait l'objet de synthèses bibliographiques. Il convient donc de vérifier si les recommandations ont bien été suivies, les enjeux bien intégrés, et si nécessaire de faire remonter les manquements méthodologiques, techniques et surtout réglementaires.

Il est difficile de mesurer l'impact de nos contributions, mais dans de rares cas, il est certain que ces dernières ont permis d'éviter la concrétisation de projets incompatibles avec la préservation des populations de chauves-souris (*cf.* avis de commissaire enquêteur ci-après).

J'émet un **AVIS D'FAVORABLE à la demande présentée par la société SAS CPENR de la Côte Warin concernant une demande d'autorisation d'exploiter un parc éolien de deux machines et un poste de livraison sur le territoire des communes de Stenay et Martincourt-sur-Meuse.**

Et pour conclure, je voudrais reprendre la phrase de Madame ZIMMERMANN, présidente de la CPEPESC : « A l'heure de l'exigence écologique actuelle, la transition énergétique est certes une nécessité, mais elle ne doit pas se faire au détriment de la biodiversité. » (Page 6 de RD 37). Et je vais ajouter : ni au détriment de la qualité de vie des habitants.

Avis défavorable rendu par le commissaire enquêteur lors d'une consultation publique sur la base de l'argumentaire de la CPEPESC Lorraine

LES ACTIONS JURIDIQUES

Malgré une veille environnementale assidue et des outils mis en place qui se sont étoffés ces dernières années, le constat est plutôt amer. Dans de nombreux cas, l'amélioration des connaissances que nous pouvons acquérir sur la répartition des populations de chauves-souris ou leur écologie ne permet pas de mieux protéger ces espèces. Pour certains projets d'aménagement, la prise en compte des chauves-souris s'effectue dans la douleur et bien souvent la réglementation n'est pas respectée. Des aménagements d'une autre époque voient le jour sur des sites à forts enjeux, les pressions politiques et économiques empêchent le dialogue et l'évitement de l'impact de certains projets, voire leur abandon. De surcroît, le nombre de dossiers traités est infime par rapport au nombre de projets d'aménagement du territoire ou de rénovation de bâtiments par exemple. Le rapport d'experts à experts est souvent bloquant face à des professionnels de l'environnement peu scrupuleux et trop consensuels avec les porteurs de projets. Bien souvent les réponses de l'administration sont décevantes et encouragent les porteurs de projets à ne pas prendre en compte correctement les populations de Chiroptères. La question de la prise en compte de la biodiversité se résume bien souvent dans les discussions à un risque juridique.

Pour toutes ces raisons, la CPEPESC Lorraine et Lorraine Nature Environnement (LNE) ont acté un partenariat depuis

2022. En apportant un soutien financier, la CPEPESC Lorraine s'assure une aide juridique de LNE dans ses nombreux contentieux. A l'inverse, la CPEPESC Lorraine met au service du projet associatif de LNE ses connaissances et ses forces vives pour faire avancer la protection des Chiroptères en Lorraine. Laure Derson a assuré ce poste durant un an et demi, puis Alicia Julia un an de plus. Juristes de formation et salariées à LNE, elles ont accompagné la CPEPESC Lorraine dans ces différents contentieux.

Leur travail, dans un premier temps, aura été de mettre de l'ordre dans les dossiers juridiques en créant des tableaux de suivi de chaque procédure ainsi que des courriers. Les numéros de dossiers ont été demandés quand ils n'étaient pas connus et les suites données à d'anciennes plaintes ont été recherchées, de même que le dossier pénal s'il était disponible.

C'est ainsi que nous avons appris la condamnation d'une collectivité suite à la destruction d'un pont abritant une colonie de murins de Daubenton, ou encore, que le dérangement d'une nurserie de Petits rhinolophes en plein été au niveau d'un site Natura 2000 n'avait fait l'objet que d'un rappel à la loi de la part d'un procureur. Les premiers temps ont également été dédiés à la rencontre des procureurs des différentes juridictions afin de faire connaître l'association. Et surtout, un apprentissage mutuel a été nécessaire concernant les compétences naturalistes pour Laure, le jargon et les procédures judiciaires pour les salariés et bénévoles de la CPEPESC Lorraine.



Formation juridique des bénévoles de la CPEPESC Lorraine

DISCUSSION - UN PREMIER BILAN

Deux années et demie de collaboration entre les deux associations permettent de tirer un premier bilan. Les alertes déposées auprès de l'administration ne donnent pas suite à des procédures de leur part. Par exemple, la CPEPESC Lorraine a réalisé pour plusieurs dossiers, des demandes de rapport de manquement administratif ou encore de mises en demeure afin de faire intervenir les services compétents.

Des documents, pourtant publics, relatifs à notre environnement ne sont pas transmis (étude d'incidence, rapport de contrôle, suivi de mesures issues d'arrêtés préfectoraux...). L'association a dû s'organiser pour suivre les demandes transmises par recommandé, calculer les échéances pour

réaliser des recours à la Commission d'Accès aux Documents Administratifs (CADA), relancer l'administration suite aux réponses positives de la CADA. Puis, si nécessaire, des recours sont réalisés pour excès de pouvoir auprès du tribunal administratif en cas de refus de transmission.

Lors de contentieux, des compositions pénales (procédures alternatives aux poursuites judiciaires) sont réalisées sans que les associations parties civiles ne soient prévenues ni intégrées aux peines prévues. Il est même difficile de se porter partie civile sans relances très régulières auprès des tribunaux. Certains chefs d'accusation ne sont pas retenus faute de compréhension de la part des magistrats, notamment les atteintes relatives aux habitats d'espèces protégées. Les condamnations sont dérisoires par rapport aux destructions. Quand il ne s'agit pas d'un stage d'une journée pour nettoyer des déchets, ce sont des amendes minimales et rarement des actions concrètes en faveur des espèces concernées.

Concernant la gestion administrative des dossiers, de simples avis sont de plus en plus souvent émis par les préfetures. Ces documents, dont la valeur juridique peut être questionnée, préconisent des mesures d'évitement, de réduction et de compensation génériques pour différents projets. Malgré des risques caractérisés d'atteinte à des habitats de repos ou de reproduction ainsi qu'aux individus d'espèces protégées, aucune demande d'étude environnementale n'est demandée. Ces avis se substituent même à des demandes de dérogation, des fonctionnaires de l'administration rédigeant eux-mêmes les propositions de mesures sans connaissance des enjeux et pour des projets qu'ils ne maîtrisent pas.

CONCLUSION

Le bilan de la veille environnementale et juridique de la CPEPESC Lorraine permet d'identifier de nombreuses pistes de travail. Le lien avec les propriétaires et les gestionnaires reste indiscutablement la clef permettant une bonne prise en compte des populations de chauves-souris, avec une attention particulière portée aux changements de propriétaires lors de ventes ou d'héritages afin de les informer de la présence de chauves-souris et d'adapter les nouveaux projets en fonction de leur présence. Cependant lorsque la discussion n'est plus possible et que des atteintes flagrantes aux populations de chauves-souris et à leurs habitats sont constatées, les actions en justice permettent d'essayer de rétablir la situation. Les outils juridiques sont aujourd'hui maîtrisés et utilisés par la CPEPESC Lorraine de manière plus régulière grâce à l'accompagnement juridique de Lorraine Nature Environnement. Un groupe de travail juridique est en cours de constitution dans l'association avec la formation continue des bénévoles. Des formations sont également envisagées auprès des magistrats ou directement dans les écoles d'avocats. Enfin, une communication plus régulière vers le grand public permet dans certains cas de faire connaître les problèmes rencontrés et peut être un levier puissant pour faire évoluer des situations problématiques. Les contentieux en cours concernent à ce jour 4 252 individus de Chiroptères sur le territoire lorrain.

COMMUNICATION

Le réseau SMAC, un outil de vigilance : cas spécifique du Molosse de Cestoni, *Tadarida teniotis* (Rafinesque 1814) à Nice, France, 2022-2024

Loïc PALUMBO, Anouk DECORS*, Philippe BERNY**, Dominique GAUTHIER***, Guillaume LE LOC'H****, Karin LEMBERGER*****, Alexia ETLIN*****

*Office Français de la Biodiversité. sagir@ofb.gouv.fr

**VetAgro Sup, PavTox, 1 av. Bourgelat, 69280 Marcy-l'Étoile

***Laboratoire départemental vétérinaire et d'hygiène alimentaire (LDVHA) des Hautes-Alpes

****École nationale vétérinaire de Toulouse, UMR IHAP

*****VetDiagnostics, 3 av. de la Victoire, 69260 Charbonnières-les-Bains

*****Groupe Chiroptères de Provence, animationPRAC@gcprovence.org

Résumé. - Suite au signalement d'épisodes de détresse et de mortalité de dizaines de juvéniles de Molosse de Cestoni, répété en 2022 et 2023, via le réseau SOS chauve-souris à Nice, le Groupe Chiroptères de Provence a mis en place des investigations épidémiologiques dans le cadre du réseau SMAC (Surveillance de la Mortalité Anormale des Chiroptères). Ces investigations multichamps et interdisciplinaires ont permis de mettre en évidence une problématique d'intoxication au plomb des juvéniles dans un joint de dilatation entre deux bâtiments servant de gîte de reproduction. Le diagnostic a permis la mise en place d'une mesure de gestion pour préserver la population avec la fermeture du gîte avant la saison de reproduction 2024 et une mise en relation et des investigations pour déterminer le risque de santé publique.

Mots-clés. - Chiroptères, épidémiologie, intoxication, plomb, OneHealth, *Tadarida teniotis*, une seule santé

LE RÉSEAU SMAC ET LE CONTEXTE DU MOLOSSE DE CESTONI À NICE

En septembre 2022, le réseau SMAC (Surveillance de la Mortalité Anormale des Chiroptères) a enregistré une alerte à Nice, suite à l'observation de plusieurs dizaines de juvéniles de Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*) en détresse couplée à de la mortalité, au pied d'un gîte situé dans le joint de dilatation entre deux bâtiments (espacement de 3-4 cm) (fig. 1). Le signal de détresse enregistré par le réseau SOS chauve-souris¹, coordonné par le Groupe Chiroptères de Provence (GCP), a rapidement été considéré comme anormal par les chiroptérologues au regard de l'intensité du phénomène et de l'ensemble des SOS enregistrés depuis trente ans pour cette espèce à Nice. De nombreux appels témoignaient d'individus chutant en masse. Les bénévoles chiroptérologues du GCP et du centre de soins de la faune sauvage local se sont rapidement rendus sur place pour prendre en charge les animaux en détresse en centre de soins et la récupération des cadavres en vue d'investigations épidémiologiques. Des individus juvéniles vivants présentant une inaptitude au vol ont été observés au sol avec des lésions symétriques sur les ailes compatibles avec des fractures.

Des investigations ont donc été mises en place afin

¹ Pour en savoir plus sur le réseau SOS : <https://plan-actions-chiropteres.fr/agir-pour-les-chauves-souris/sos-chauves%E2%80%91souris/>

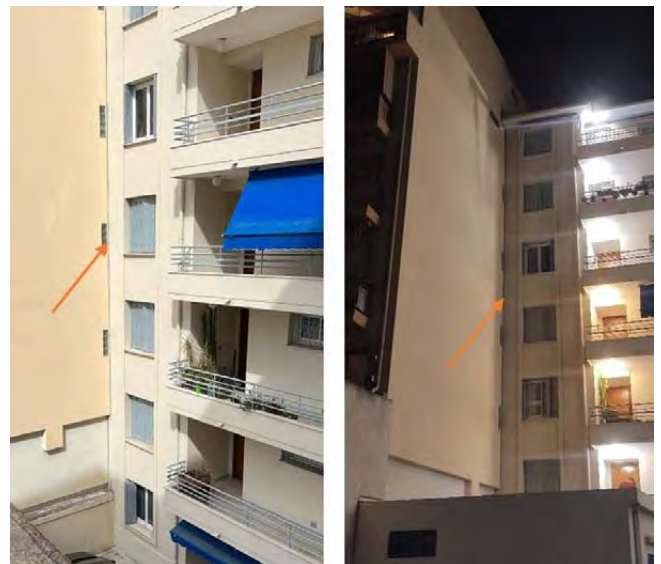


Figure 1. - joint de dilatation (flèche orange) entre deux bâtiments de la ville de Nice, abritant la colonie reproductrice de Molosse de Cestoni ayant fait l'objet d'un épisode de mortalité et morbidité de juvéniles répété en 2022 et 2023. Vue de jour à gauche et de nuit à droite. Crédits : GCP, septembre 2022

d'établir rapidement un diagnostic, évaluer les risques pour la population de chauves-souris et les populations humaines et éclairer la décision publique en matière de gestion de cet événement.

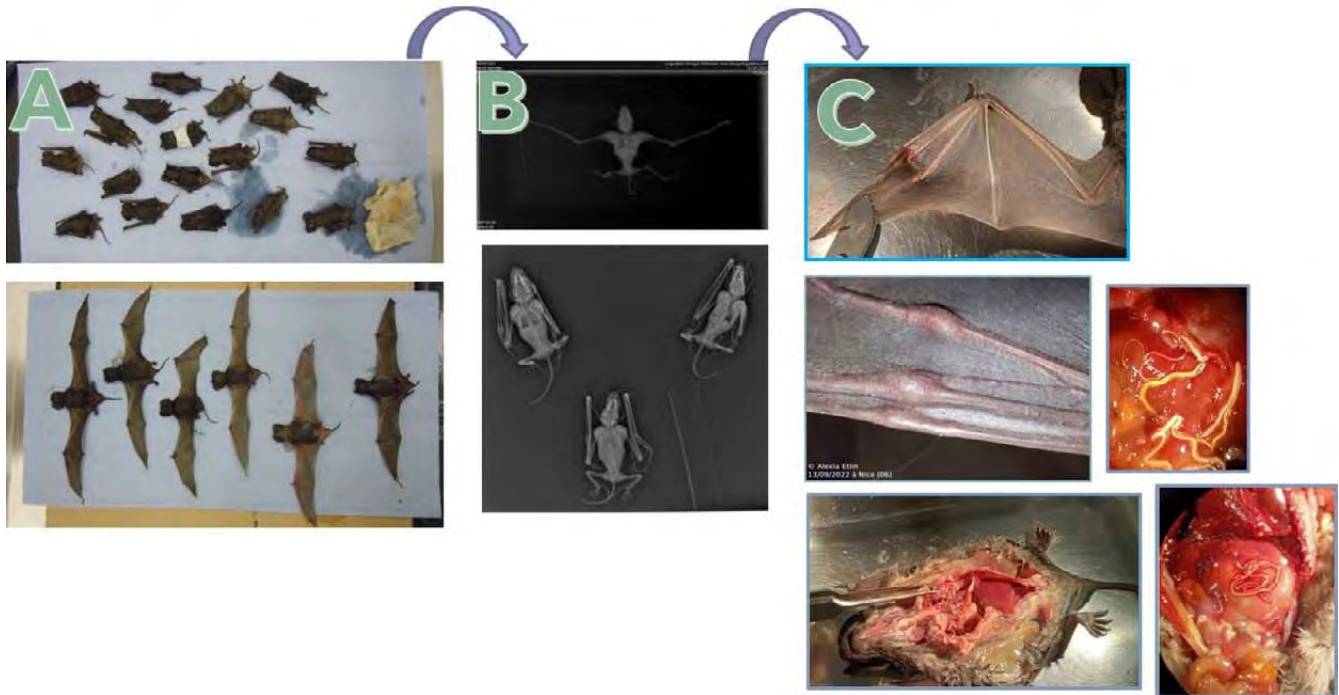


Figure 2. - Illustration des investigations diagnostiques suite à un épisode de mortalité et morbidité de juvéniles de Molosse de Cestoni répété en 2022, 2023 et 2024 du fait d'une intoxication au plomb. A : observation macroscopique de juvéniles trouvés morts avec des fractures et lésions ostéo-articulaires (crédits : LDVHA05, septembre 2022), en haut vue des 10 individus autopsiés, en bas vue de 6 individus ailes déployées. B : radiographies de trois individus juvéniles collectés en août 2022 (Crédits : clinique Lingostière/LDVH05, septembre 2022). C : autopsie d'un individu juvénile (haut : lésions osseuses de l'aile droite, milieu gauche : kyste osseux aile gauche, milieu droit : observation de filaires dans la cavité abdominale, bas gauche : vue globale après ouverture des cavités thoraciques et abdominales, bas droit : zoom sur les filaires de la cavité abdominale).

INVESTIGATIONS ÉPIDÉMIOLOGIQUES ET DIAGNOSTIQUES

les investigations épidémiologiques et diagnostiques se sont appuyées sur le réseau SMAC, destinataire de l'alerte. Initié par l'action 22 du premier Plan National d'Actions (PNAC) en faveur des Chiroptères entre 2009 et 2013, ce réseau de surveillance et de diagnostic des mortalités anormales des Chiroptères répond à des enjeux de conservation des chauves-souris en permettant la détection précoce de maladies à enjeu et la compréhension des processus aboutissant à la mort des animaux grâce à une démarche diagnostique généraliste [SCHUTZ *et al.* 2020]. Il a pris sa dimension nationale (Métropole et Outre-mer) en 2014 avant d'être pérennisé par l'action 2 du deuxième PNAC 2016-2025 [TAPIERO 2017]. Cette action est animée par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) en partenariat avec la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFPEM) et la Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels (FCEN) [SCHUTZ *et al.* 2020]. Localement la coordination est assurée par le service départemental de l'OFB et les chiroptérologues (GCP pour la région PACA). Ils animent un réseau d'observateurs qui leur font remonter les signaux de mortalité et s'appuient sur un service de proximité pour le diagnostic, via les laboratoires vétérinaires et d'analyse départementaux. Dans le cadre des investigations diagnostiques, un réseau partenaire peut être mobilisé. Ce réseau comprend des laboratoires d'histologie, de toxicologie, de parasitologie, mais aussi des laboratoires nationaux de référence (e.g. LNRFS - Laboratoire national de la rage et de la faune sauvage).

Suite à la prise en charge du signal par le réseau SMAC, la cellule diagnostique nationale a été activée rassemblant un épidémiologiste de l'OFB et des référents pathologistes pour appuyer les interlocuteurs départementaux du réseau. Toutes les constatations ont été enregistrées selon un questionnaire standardisé (fiche SMAC) et accompagnées de photographies des animaux morts et des traces entourant les cadavres ou de vidéos si l'animal était vivant.

L'âge des animaux a été déterminé sur le terrain à partir des épiphyses articulaires, de l'usure des dents et de la couleur du pelage, conformément au « Cahier technique pour l'identification des Chiroptères en main et le relevé de données » du MNHN [MARMET 2018].

La colonie a ensuite fait l'objet de passages réguliers par le GCP, qui ont permis de suivre la dynamique spatio-temporelle de ce phénomène de santé, son amplitude, de décrire le comportement de la colonie.

Entre le 26 août et le 7 septembre 2022, 110 individus juvéniles ont été collectés vivants et une trentaine d'individus morts. Les animaux ont été observés chutant d'un immeuble en milieu urbain : environ une dizaine de jeunes retrouvés au sol par nuit, morts écrasés, fracturés ou parfois en pleine forme (notamment juste après la chute, en très bon état général). À l'examen clinique, les animaux présentaient de façon non systématique et non exhaustive, des hématomes, fractures bilatérales sur les ailes (environ 10 % des individus), des déformations ostéoarticulaires (15 individus), des troubles nerveux, des signes de jaunisse (fig. 2). Les constatations de terrain n'ont pas mis en évidence de perturbations acoustiques, d'actes de malveillance avec

destruction volontaire, de prédatons dans ou en sortie de gîte, de départs prématurés des mères, permettant d'exclure l'ensemble de ces causes.

Courant septembre 2023, les observations ont été complétées par l'étude du comportement des adultes qui a mis en évidence un comportement anormal de la colonie, apparenté à un stress aigu des individus. Des cris sociaux étaient audibles vers 18 heures (*coucher du soleil vers 20h15*), et à partir de 21 h 30 des sorties courtes par groupes d'une vingtaine d'individus sont observées, puis dans les cinq minutes suivantes des juvéniles qui tombent du gîte. À la rentrée au gîte des individus volants, une vingtaine de minutes plus tard, une nette augmentation des cris sociaux est observée, avec de nombreux allers retours, et certains individus qui essayent en vain de récupérer des juvéniles dissimulés dans des espaces étroits, coincés après leur chute, ou blessés. S'en suit une période de calme, et le renouvellement de ce comportement trois à quatre fois dans la nuit avec la chute de nouveaux individus (*15 récupérés par nuit en moyenne*).

Pour établir un diagnostic de groupe (par autopsie ou histologie) 31 cadavres ont été collectés dont trois le 26 août 2022, radiographiés par la clinique vétérinaire Lingostière (06) le 2 septembre 2022, et 7 collectés le 6 septembre et une quinzaine entre 5 septembre et le 9 septembre 2022, le reste entre le 9 septembre et le 15 septembre qui ont été stockés dans le formol ou au froid négatif (-20 °C) en vue, respectivement, d'une analyse histologique ou d'une autopsie avec recherche de la rage et/ou bilan histologique sur les organes majeurs. Les radios ont été expertisées par une vétérinaire imageur. Le 16 septembre 2022, un examen nécropsique systématique et harmonisé a été réalisé par le LDVHA05 sur dix individus juvéniles et un examen externe par le vétérinaire a été réalisé sur 21 cadavres. Un examen histologique complet a été réalisé sur dix chauves-souris dont deux autopsiées et huit mises entières dans le formol, afin d'aider à orienter les hypothèses diagnostiques. La rage, principale maladie à enjeu zoonotique compatible avec le signalement, a été recherchée localement sur plusieurs individus par le Laboratoire National de la Rage de l'ANSES (LNR) (RT-qPCR SYBR Green; ANSES Nancy). La recherche de virus de la rage par l'ANSES s'est révélée négative sur l'ensemble des individus testés.

L'examen des radiographies a mis en évidence des fractures des ailes (épaule, humérus) et extrémités, unilatérales ou symétriques, ainsi que des cals osseux. La sous-exposition des clichés radiographiques n'a pas permis d'évaluer la densité osseuse.

Les nécropsies réalisées ensuite ont confirmé des fractures des ailes chez trois des dix individus, et ont également mis en évidence la présence de parasites type filaires dans la cavité abdominale de la moitié des individus. Les parasites n'ont à ce jour pas été identifiés. De plus, plusieurs individus présentaient des lésions pulmonaires de sévérité variable mais sans évidence de lien avec la clinique et la mortalité. Aucune autre lésion n'a été mise en évidence et l'état corporel des individus était variable.

Les investigations histologiques ont mis en évidence des

fractures des os longs avec nécroses et hémorragies, associées à des cals ostéo-cartilagineux anarchiques, compatibles avec des lésions traumatiques. Les lésions observées sur les os des ailes évoquent une altération de la maturation osseuse (toxique ou métabolique).

Suite à cette nouvelle mortalité et aux investigations initiales, les individus morts en 2022 et conservés congelés ont fait l'objet de quantification de plomb (PavTox, VetAgro Sup) à partir de prélèvements de foie, suite à l'observation de symptômes neurologiques d'individus en soins, de l'identification dans la littérature de cas similaires décrits en Italie en lien avec une intoxication au plomb [ANDREANI *et al.* 2019] et de l'existence de lésions osseuses similaires entraînées par l'intoxication chronique au plomb dans d'autres espèces [ÁLVAREZ-LLORET *et al.* 2017]. Les analyses de plombémie réalisées sur un mélange de prélèvements de foie des individus morts en 2022 ont mis en évidence une présence de plomb 200 fois supérieure à la valeur usuelle (369 970 µg/kg [0-2 000 µg/kg]).

En septembre 2023, de nouveaux signalements de juvéniles en détresse de la même colonie ont été reçus et 48 individus ont été admis en centre de soins. Sept cadavres ont également été collectés en vue d'investigations par le réseau SMAC. Ces individus ont fait l'objet de nécropsies et d'examen histologiques qui ont mis en évidence des lésions similaires à celles observées en 2022. Les analyses réalisées suite à la mortalité de 2023 ont mis en évidence des contaminations au plomb 18 à 160 fois supérieures aux valeurs usuelles sur les prélèvements de foie et de rein.

INTERPRÉTATION ÉPIDÉMIO-CLINIQUE ET MESURES DE GESTION

Nous avons donc observé une morbidité et létalité de type monospécifique, très agrégée dans l'espace et s'étalant sur deux semaines environ, affectant des individus juvéniles présentant des signes nerveux et des fractures unilatérales ou symétriques, incapables de réintégrer leur gîte, et ce plusieurs années consécutives.

Les examens histologiques, radiologiques et toxicologiques sont compatibles avec une intoxication au plomb. Vu la teneur en plomb des jeunes, en l'absence de signes cliniques chez les adultes, la source présumée d'exposition était une exposition par léchage du pelage, de la mère ou du juvénile, suite à un contact direct entre pelage et un matériau contaminé dans la fissure. Pour confirmer cette hypothèse, il pourrait être intéressant, lors de prochains épisodes de doser le plomb à la surface des poils.

Suite à l'identification de l'intoxication au plomb, une enquête environnementale a été conduite dans et autour du gîte pour préciser la voie d'exposition. Des prélèvements de surface dans le gîte ont mis en évidence la présence de quantités importantes de plomb (68 à 539 µg/m² selon les hauteurs de prélèvement). L'absence de contamination non retrouvée à l'intérieur de l'immeuble, suite à des analyses par le service de santé de la ville de Nice, a permis d'exclure un enjeu de santé publique pour le bâtiment concerné. Ces investigations de santé publique ont pu être réalisées suite à

un porter à connaissance auprès des gestionnaires de santé humaine et une coordination des différents acteurs, dans une démarche 'une seule santé'. Avec notamment l'hypothèse que le Molosse puisse être une espèce sentinelle pour une éventuelle intoxication au plomb pour les humains.

Suite à ces détections, le gîte a été condamné avant l'arrivée des femelles adultes pour la période de reproduction 2024, afin d'éviter de nouvelles contaminations et mortalités de juvéniles telles qu'observées en 2022 et 2023. Suite à la clôture du gîte, une enquête de terrain a été menée par le GCP pour rechercher des gîtes urbains d'été et d'hiver et mieux comprendre l'utilisation de ces gîtes par les molosses. Cette étude, encore en cours, a déjà permis d'identifier la présence de nombreux gîtes urbains utilisés ou écologiquement favorables à l'espèce dont un nombre important présente un risque important de contamination au plomb.

DISCUSSION

Suite à l'identification de la cause de mortalité, des investigations rétrospectives sur la base de signalements photographiques ou de précédentes prises en charge de SOS, ont permis de d'identifier un cas probable en 2021 et des cas possibles les années précédentes (postérieures à 2014).

Au cours des épisodes 2022 et 2023, plusieurs dizaines d'individus en détresse ont été admis dans les centres de soins de la région compétents pour la prise en charge de chauves-souris juvéniles mettant en évidence une prise en charge complexe et longue (1 an en moyenne). Les principales difficultés (spécifiques à ces intoxications) pour la prise en charge sont l'impossibilité de dosage de plomb

sur les individus vivants pour un suivi de plombémie, l'apparition de lésions possibles pendant plusieurs semaines après la prise en charge suite à l'intoxication, la présence de séquelles osseuses pouvant empêcher le vol et le retour dans le milieu naturel à l'issue de la période de soins et l'absence de traitement possible et de critère de tri pour l'optimisation des efforts de soin en fonction du pronostic (survie et possibilité de relâcher).

À ce stade, aucune procédure d'évaluation des soins n'est disponible dans le cadre de la prise en charge de juvéniles de Molosse de Cestoni ayant fait l'objet d'une intoxication au plomb. Des recommandations et protocoles de soin afin de maximiser les chances de survie et de relâcher dans le milieu naturel des juvéniles pris en charge par les centres de soins ont été rédigés, et sont mis à jour chaque année selon les retours d'expérience de prise en charge.

RÉFÉRENCES

- ÁLVAREZ-LLORET P., LEE C.M., CONTI M.I., TERRIZZI A.R., GONZÁLEZ-LÓPEZ S., MARTÍNEZ M.P., 2017. - Effects of chronic lead exposure on bone mineral properties in femurs of growing rats. *Toxicology*, 377: 64-72.
- ANDREANI G., CANNAVACCIUOLO A., MENOTTA S., SPALLUCCI V., FEDRIZZI G., CARPENÈ E., ISANI G., 2019. - Environmental exposure to non-essential trace elements in two bat species from urbanised (*Tadarida teniotis*) and open land (*Miniopterus schreibersii*) areas in Italy. *Environmental Pollution* 254:113034.
- MARMET J., 2018. - Cahier technique pour l'identification des Chiroptères en main et le relevé de données. Version 3. Rapport MNHN, SFEPM, CEN, ONF, 128 p.
- TAPIÉRO A., 2017. - *Plan national d'actions en faveur des Chiroptères*

COMMUNICATION

MIGRATLANE : développement d'un réseau acoustique passif pour le suivi des Chiroptères et des Oiseaux en mer

Anais PESSATO, Juliette BARON, Cassandre TREYVAUD, Sébastien VILLA,
Antoine CHABROLLE & Christian KERBIRIOU
Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle,
Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université,
Station Marine de Concarneau, place de la Croix, BP 225 Cedex, 29182 Concarneau, France
Auteur correspondant : anais.pessato@mnhn.fr

Résumé. – Lors de la mise en place de l'Observatoire de l'éolien en mer, un déficit de connaissances sur l'utilisation de l'espace maritime (Atlantique et Manche) par les Oiseaux et les Chiroptères, résidents et migrants, a été constaté. Le programme MIGRATLANE, qui a débuté en 2023, vise à combler ces déficits grâce au déploiement de dispositifs complémentaires de suivi (acoustique, radar, télémétrie...). Un des volets de ce programme repose sur des suivis acoustiques Oiseaux et Chiroptères réalisés sur des points fixes sur le littoral, sur des îles ou des structures en mer, ainsi que sur des campagnes bateaux effectuant des trajets dans le Golfe de Gascogne et en Manche. Les premiers sites équipés en 2023, 15 sites en Manche et 15 sites en Atlantique, ont permis de 1) tester le matériel dans des contextes maritimes très exposés aux vents et aux embruns, 2) évaluer des hauteurs de vol relatives sur certains sites et 3) mettre en lumière la présence de Chiroptères dans la Manche (septembre – octobre 2022 et 2023) lors d'une campagne bateaux de la flotte océanographique française (IFREMER, Observatoire PELAGIS). Ces données, recueillies lors de trois années consécutives pour le programme MIGRATLANE, permettront de préciser les déplacements migratoires des Chiroptères en mer mais aussi sur le littoral et de proposer les mesures nécessaires afin de limiter l'impact de projets d'aménagement, comme l'éolien en mer, sur ces populations.

Mots-clés. – Migration, Manche, Atlantique, éolien en mer, point fixe, transect bateaux, faune volante

Abstract. – When the French offshore wind observatory was established, a knowledge gap was identified regarding the use of the maritime space (Atlantic and English Channel) by birds and bats, both resident and migratory. The MIGRATLANE program, launched in 2023, aims to address these gaps through the deployment of several complementary monitoring tools (acoustics, radar, telemetry, etc.). One component of this program focuses on passive acoustic monitoring of birds and bats from fixed points along the coastline, on islands, or on offshore structures, as well as from boat surveys covering the Bay of Biscay and the English Channel. The first sites equipped, in 2023, 15 sites in the Channel and 15 sites in the Atlantic, enabled us to 1) test the equipment in maritime environments highly exposed to wind and spray, 2) assess relative flight heights at certain sites, and 3) highlight the presence of bats in the Channel (September–October 2022 and 2023) during a boat survey conducted by the French oceanographic fleet (IFREMER, PELAGIS observatory). Data collected over three consecutive years, for the MIGRATLANE program, will improve our understanding of bat migratory movements at sea as well as along the coast, and will help to identify appropriate measures to limit the impact of development projects, such as offshore wind farms, on these populations.

Keywords. – Migration, English Channel, Atlantic Ocean, offshore wind farm, fixed point, boat surveys, flying fauna

INTRODUCTION

Le constat de déficit de connaissances de l'utilisation de l'espace maritime français par les Oiseaux et les Chiroptères a été mis en évidence au niveau des façades Atlantique, Manche et sud de la mer du Nord par la communauté scientifique, les associations environnementales et les gestionnaires d'espaces naturels. Suite à ce constat, il est apparu nécessaire d'acquérir des connaissances sur les migrations, les comportements de vol et les zones fonctionnelles en mer des Oiseaux terrestres migrants, Oiseaux marins et Chiroptères, en considérant leurs interactions potentielles avec les activités anthropiques en mer, et en particulier le

développement de l'éolien. C'est dans ce contexte que le programme MIGRATLANE a été mis en place.

Le programme MIGRATLANE se compose de plusieurs volets (i.e. lots), dont quatre correspondant à différentes méthodes de suivi (télémétrie, acoustique et visuelle, radar et campagnes en mer par avion, fig. 1). Les quatre lots permettent le suivi de l'avifaune, cependant, seul le lot 3 permet l'étude spécifique des Chiroptères. Les objectifs du lot 3 sont de déterminer 1) les espèces en mer (Oiseaux et Chiroptères), 2) les variations saisonnières/journalières (temporelle), 3) les zones utilisées (spatiale), et 4) les comportements de vol (hauteur). Il s'agira d'étudier les variations spatio-temporelles en relation avec les conditions météo-

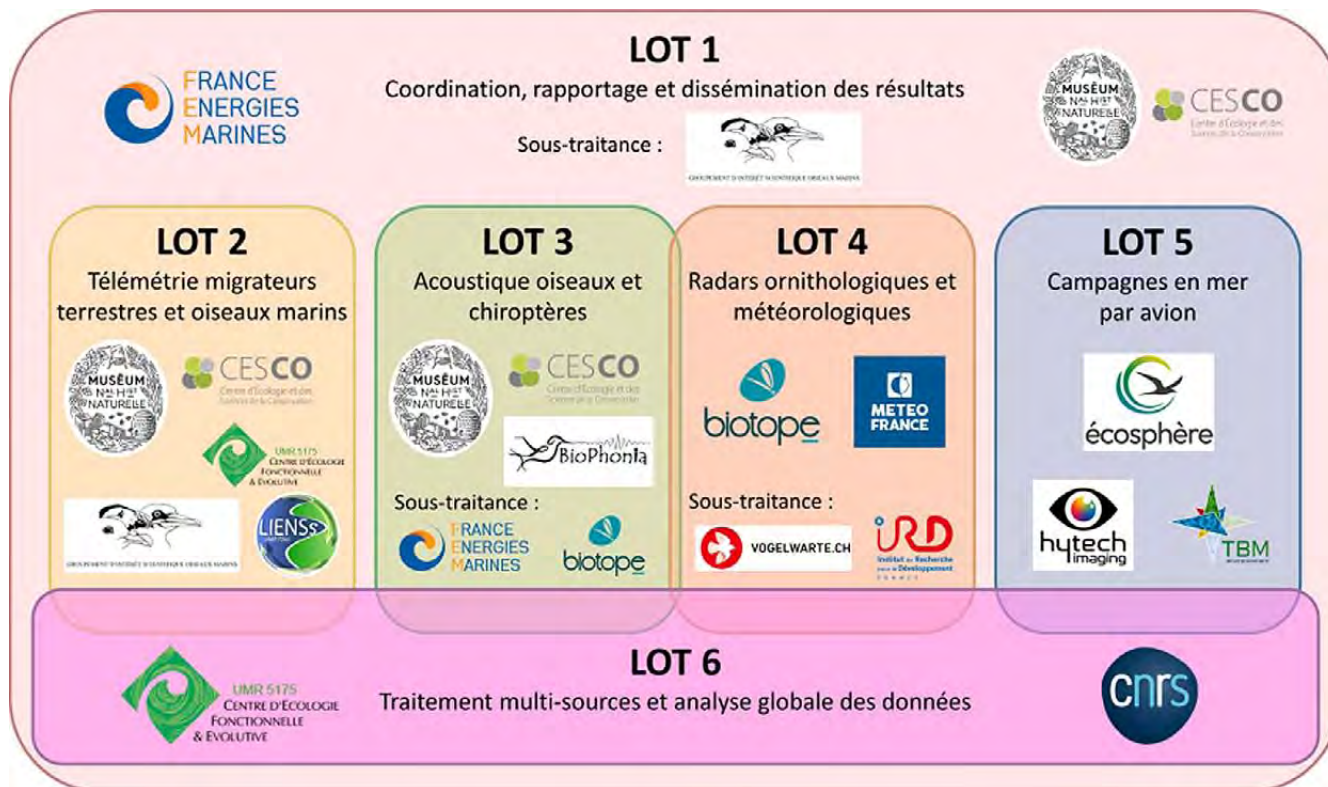


Figure 1. - Présentation des différentes thématiques et porteurs des différents volets (i.e. lots) impliqués dans le programme MIGRATLANE. Le lot 3 correspond aux suivis acoustiques des Oiseaux et Chiroptères et aux suivis visuels des Oiseaux depuis la côte ou des navires. Les titulaires du lot 3 sont le Muséum national d'Histoire naturelle et BioPhonia accompagnés de France Energies Marines et Biotope en sous-traitance. D'autres partenariats avec diverses structures (e.g. associations, services de l'État, compagnie maritime, particuliers) ont été mis en place au fil du projet (<https://www.eoliennesenmer.fr/observatoire/migratlane>, source: FEM)

rologiques, notamment lors des périodes de migration.

Ce programme de recherche est particulièrement important pour améliorer la compréhension de la migration des Chiroptères en Europe, spécifiquement en ce qui concerne l'exploitation de l'espace maritime dans l'ouest de l'Europe. Effectivement, Hutterer *et al.* [2005] ont rassemblé plus de sept décennies de données sur le baguage des Chiroptères en Europe et ont mis en évidence plusieurs routes de migration à travers l'Europe. De même, le projet « Bat Migration Routes in Europe » (<https://bat-migration-europe.netlify.app/project>) vise à déterminer les tendances spatio-temporelles de présence de trois espèces migratrices (*Pipistrellus nathusii*, *Nyctalus noctula* et *Nyctalus leisleri*) en utilisant des données acoustiques. Toutefois, ces travaux mettent en évidence une importante lacune en matière de données en zones côtières et maritimes.

La majorité des connaissances sur la migration des Chiroptères en mer provient d'études en mer du Nord et mer Baltique, sur la côte ou des îles, sur des plateformes pétrolières ou des parcs éoliens [e.g. AHLÉN *et al.* 2009, PETERSEN *et al.* 2014] et utilisant des méthodes de suivis acoustiques [e.g. JARZEMBOWSKI 2003, RYDELL *et al.* 2014] ou de télémétrie [e.g. BACH *et al.* 2022, LAGERVELD *et al.* 2024]. La Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) est l'espèce la plus communément étudiée dans cette région, et son parcours de migration en mer commence à être révélé [KRUSZYNSKI *et al.* 2021, LAGERVELD *et al.* 2024]. Les migrations ont lieu généralement au printemps

d'avril à juin, tandis qu'en automne, elles se produisent d'août à octobre [AHLÉN *et al.* 2009, JARZEMBOWSKI 2003, LAGERVELD *et al.* 2021, PETERSONS 2004, RUSS *et al.* 2001, RYDELL *et al.* 2014]. De plus, à l'échelle de la nuit, il a été démontré que l'activité en mer ne débute pas immédiatement après le coucher du soleil, mais plutôt quelques heures plus tard [BACH *et al.* 2022, LAGERVELD *et al.* 2023, 2014].

En France, il existe des données sporadiques concernant les présences de Chiroptères sur certaines îles ou en mer lors de suivis réalisés dans le cadre d'études réglementaires [BIOTOPE 2024, LECORPS 2015, O-GEO 2024, OUVRARD & FORTIN 2014]. Cependant, ces données demeurent insuffisantes pour établir des phénologies ou des zones de passage au large. Afin de combler ces lacunes, nous détaillons ci-dessous la mise en place d'un réseau de capteurs acoustiques passifs sur la Côte Atlantique, la Manche et la mer du Nord française, depuis le choix des emplacements jusqu'à l'utilisation de technologies en milieu marin. Les premières acquisitions sur plusieurs années de suivi ont validé l'efficacité des équipements et ont révélé la présence de diverses espèces de Chiroptères en mer.

MATÉRIEL & MÉTHODES

Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage points fixes a été élaboré de manière à assurer une répartition géographique relative-

ment uniforme des capteurs le long des façades Manche et Atlantique. En 2023, 30 emplacements, comprenant des sites à la côte, des îles (de préférence en face de points à la côte pour permettre une comparaison des flux) ou en mer, comme sur des plateformes expérimentales telles que le mât de Fécamp, ont été équipés. En 2024 et 2025, le plan d'échantillonnage a été complété (fig. 2).

Initialement, une collaboration inter-établissements publics entre le MNHN et le Service des Phares et Balises a été favorisée pour accéder à plusieurs sites sécurisés le long de la côte française et à des infrastructures (phare, feu, balise) permettant l'installation à des hauteurs conséquentes. D'autres sites ont été choisis en fonction de critères analogues, menant à des partenariats avec diverses structures incluant des gestionnaires d'espaces protégés, des organismes gouvernementaux (CROSS, Marine nationale), des associations ou même des entreprises et des particuliers. La date de mise en place a été influencée par les capacités d'accueil des partenaires sur le lieu d'installation, ainsi que par les délais liés aux procédures administratives et logistiques (e.g. convention, réception de matériels). Des capteurs ont donc été mis en place sur une variété de structures (comme des phares ou des toits de centres de soin) ou directement au sol, et ont nécessité la création du support de montage adapté à l'environnement marin (e.g. utilisation de mâts en

inox ou de poteaux ancrés dans des fondations en ciment).

Des capteurs acoustiques ont aussi été installés sur des bateaux durant des campagnes en mer couvrant la Manche et le golfe de Gascogne depuis 2022 (fig. 3). Ces campagnes comprennent les campagnes du Centre de la Mer de Biarritz (CMB, suivi à la journée de l'avifaune incluant les observations visuelles du projet ERMMA), les campagnes MEGASCOPE (PELGAS, CGFS et EVHOE, partenariat avec l'IFREMER et l'Observatoire PELAGIS, CNRS, université de La Rochelle, qui réalise également des observations visuelles de l'avifaune), des lignes de la Brittany Ferries (sous-traitance Biotope) et des lignes DFDS.

Enregistrements acoustiques

Le suivi des Chiroptères se fait à l'aide de capteurs acoustiques SM4-BAT (i.e. SM4 FS, Wildlife Acoustics) couplés à un microphone SMM-U2. Ces capteurs permettent d'enregistrer dans l'ultrason, ici à une fréquence de 384 ou 256 kHz. Suivant le protocole Vigie-Chiro, les capteurs ont été programmés pour débiter les enregistrements 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil, avec un déclenchement à 12 dB. Ce protocole a été déployé sur tous les sites points fixes et les bateaux, sauf sur les bateaux de la Brittany Ferries équipés par le bureau d'étude Biotope. Sur ces navires de

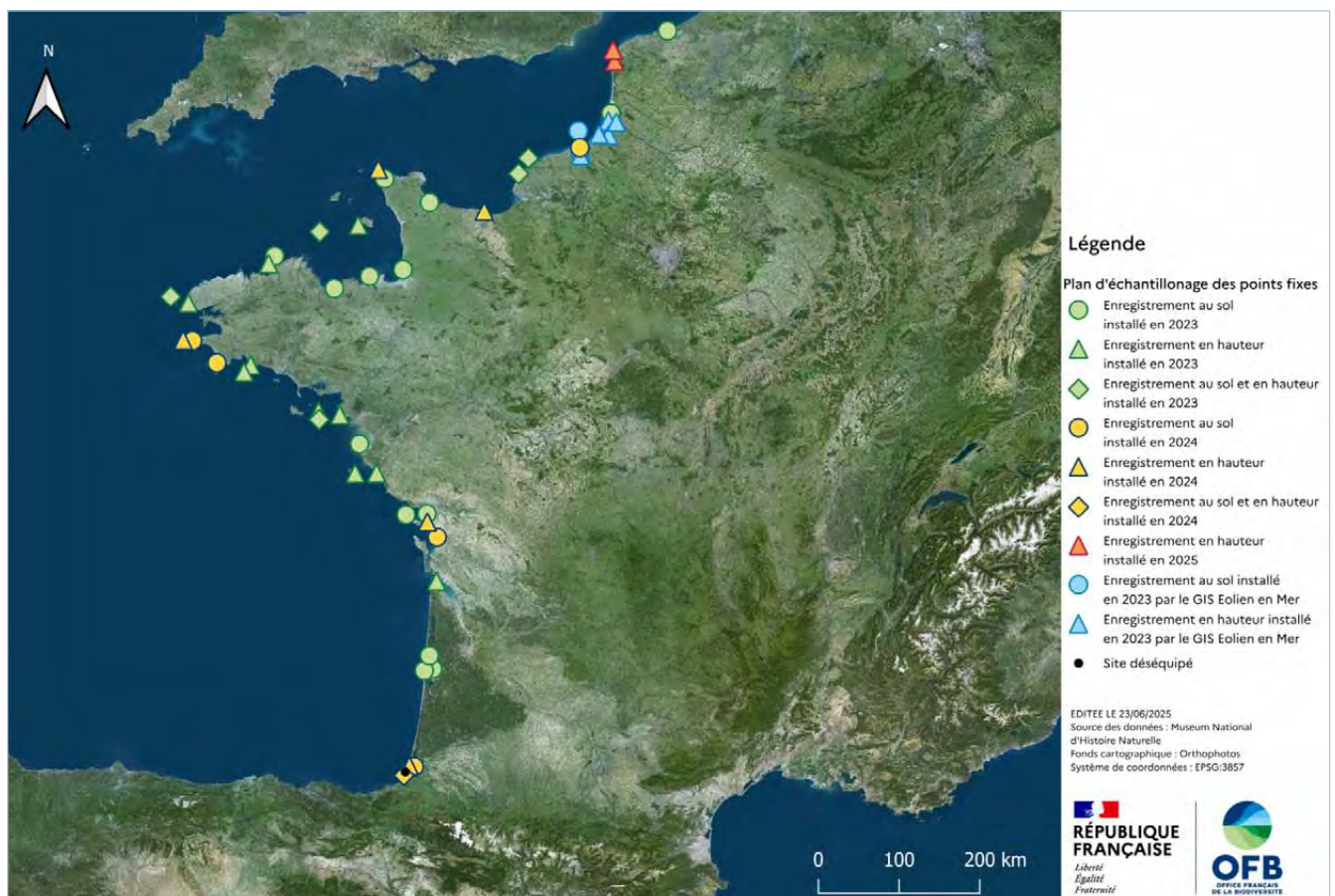


Figure 2. - Carte des sites échantillonnés de 2023 à 2025. Les couleurs correspondent à l'année d'installation et les symboles à la position des capteurs (haut et/ou bas). Les symboles bleus correspondent aux sites échantillonnés par le GIS Eolien en Mer Dieppe-Le Tréport qui sont intégrés au jeu de données MIGRATLANE (source: BARON *et al.* 2025)

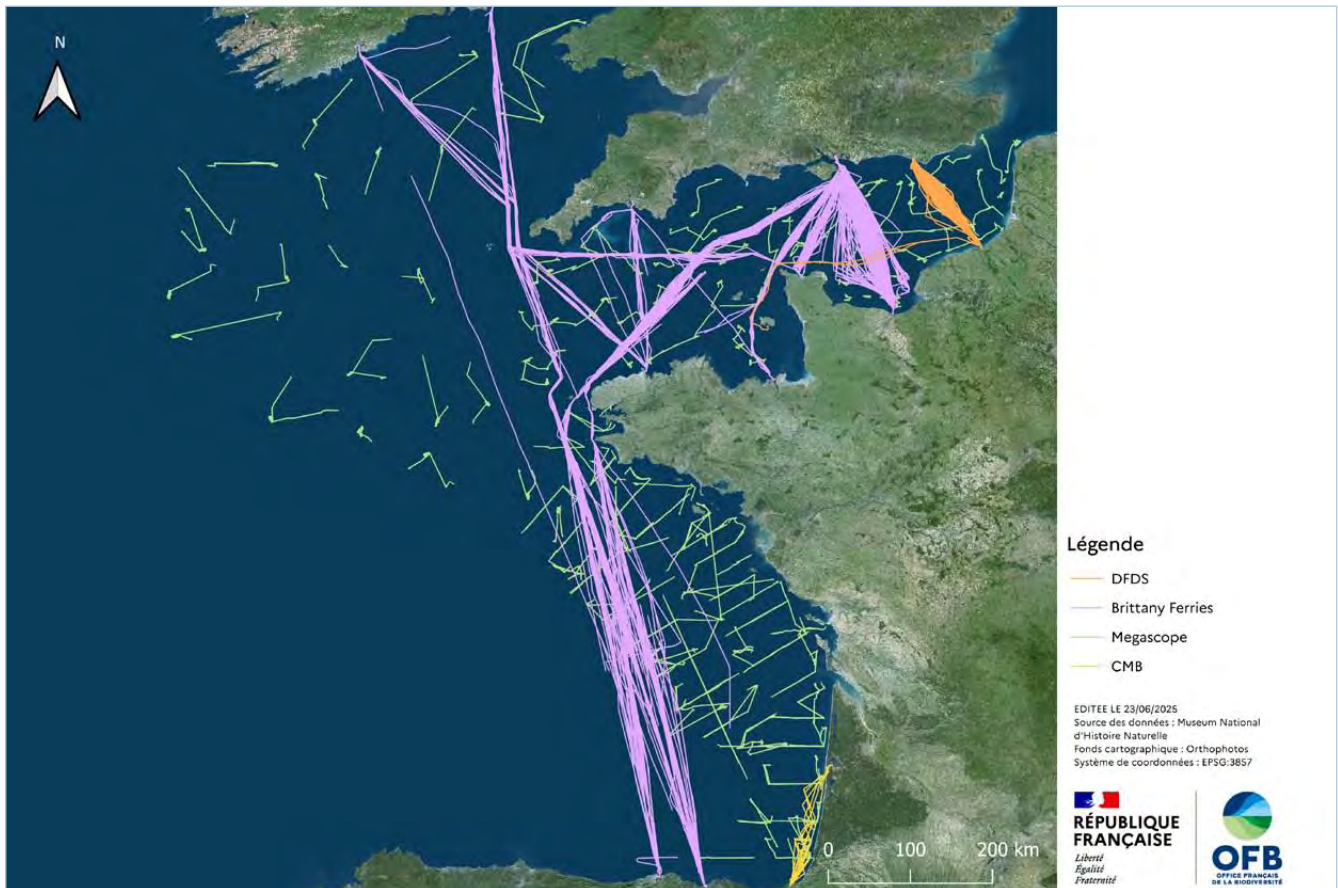


Figure 3. - Carte des transects échantillonnés depuis des navires en 2023 et 2024. Les couleurs correspondent au type de campagne/ferry (source : BARON *et al.* 2025)

la Brittany Ferries, les SM4-BAT sont couplés à des micros SMM-U1 et enregistrent de deux heures avant le coucher du soleil jusqu'à deux heures après le lever du soleil, à une fréquence d'échantillonnage de 192 kHz.

Avant installation, une première phase de test a été menée pour tester la résistance aux milieux marins (embruns, vents...), la capacité de stockage et l'autonomie du matériel. La capacité maximale de stockage s'est révélée être de 1 024 Go (deux cartes SD de 512 Go) suite à de nombreux dysfonctionnements de carte SD de 1 To. Afin d'augmenter l'autonomie des SM4-BAT il a été décidé de les brancher sur un capteur oiseau possédant un panneau solaire (Solar BAR, Frontier Labs). Ce branchement permet d'augmenter l'autonomie d'environ 3 semaines avec des piles D à plusieurs mois. Des maintenances sont toutefois nécessaires environ tous les quatre mois afin de récupérer les données des cartes SD. Sur les sites points fixes, les capteurs enregistrent tout au long de l'année.

Archivage et analyses acoustiques

Une fois collectées, les données (fichiers bruts.wav) sont, dans un premier temps, copiées en interne sur des disques durs puis envoyées en ligne via le portail Vigie-Chiro pour l'analyse acoustique et la bancarisation à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3, CNRS, Lyon).

Via le portail Vigie-Chiro, les fichiers bruts sont analysés

automatiquement par le logiciel Tadarida [BAS *et al.* 2017] et les tableaux de résultats sont accessibles en ligne. À l'aide de ces tableaux, une vérification manuelle des identifications avec un score de confiance $\geq 0,5$ est faite sur les sites en mer afin de confirmer l'identification des espèces. Une vérification sur un sous-échantillon de sites sur le littoral sera aussi effectuée. Chaque identification correspond à la présence d'au moins un cri dans une fenêtre de 5 secondes et est appelée « contact » (score de confiance $\geq 0,5$).

À ce stade de l'étude et au vu du temps nécessaire au prétraitement et à l'analyse acoustique, aucune analyse statistique stabilisée n'a été produite sur le jeu de données collectées. Les résultats présentés ci-dessous sont descriptifs.

PREMIERS RÉSULTATS

Points fixes

Les données recueillies par les capteurs placés en bas et en haut de structures (phares et mâts de mesure en mer), séparés par au moins 28 mètres, révèlent une activité notable de la Pipistrelle de Nathusius en hauteur, comparable voire supérieure à celle observée au sol (fig. 4). La Pipistrelle de Nathusius est détectable jusqu'à environ 25 m en milieu ouvert [BARATAUD 2012]. Sur le phare d'Eckmühl, le capteur en hauteur est positionné à environ 60 m, indiquant que les cris détectés proviennent d'individus volant dans un intervalle d'environ 35 à 85 m au-dessus du sol. De façon similaire, sur le mât de Fécamp, installé en Manche

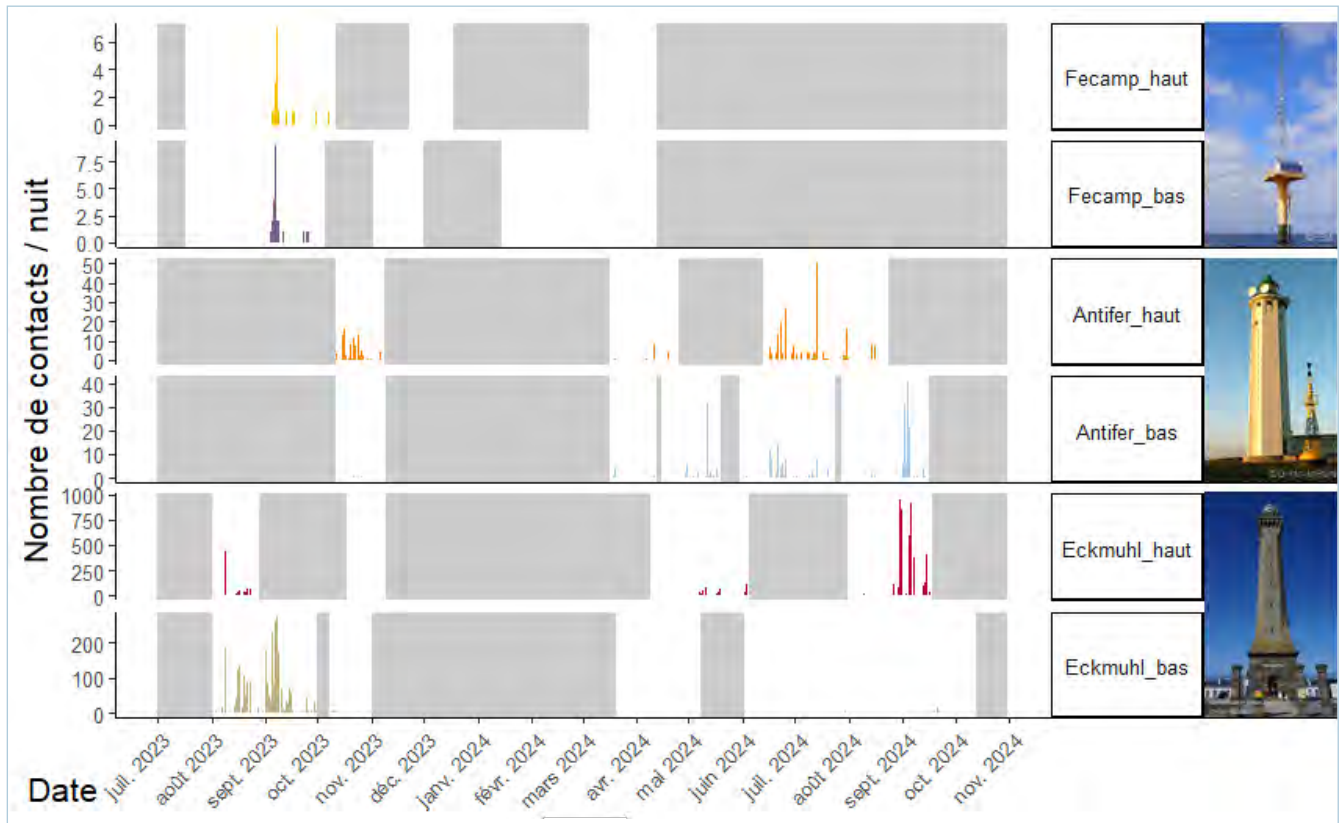


Figure 4. - Nombre de contacts de Pipistrelle de Nathusius (score de confiance $\geq 0,5$) par nuit sur trois sites (mât de mesure de Fécamp, phare d'Antifer et phare d'Eckmühl) avec des installations en bas et haut de la structure. Les zones grisées correspondent aux périodes non échantillonnées ou dont les données n'ont pas encore été traitées. L'échelle de l'axe des ordonnées diffère entre sites

à environ 13 km des côtes, des cris ont été enregistrés par le capteur positionné à environ 55 m au-dessus du zéro marégraphique, indiquant un intervalle de vol environ de 30 à 80 m.

Transects en mer

Depuis 2022, des capteurs acoustiques ont été installés chaque année sur la campagne CGFS de la flotte

océanographique française (IFREMER, Observatoire PELAGIS). Lors de ces campagnes effectuées en septembre et en octobre, au moins quatre espèces ont été identifiées et validées manuellement en 2022 et 2023 (fig. 5, analyse en cours des autres années de collecte) : la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*), la Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) et la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*). Deux

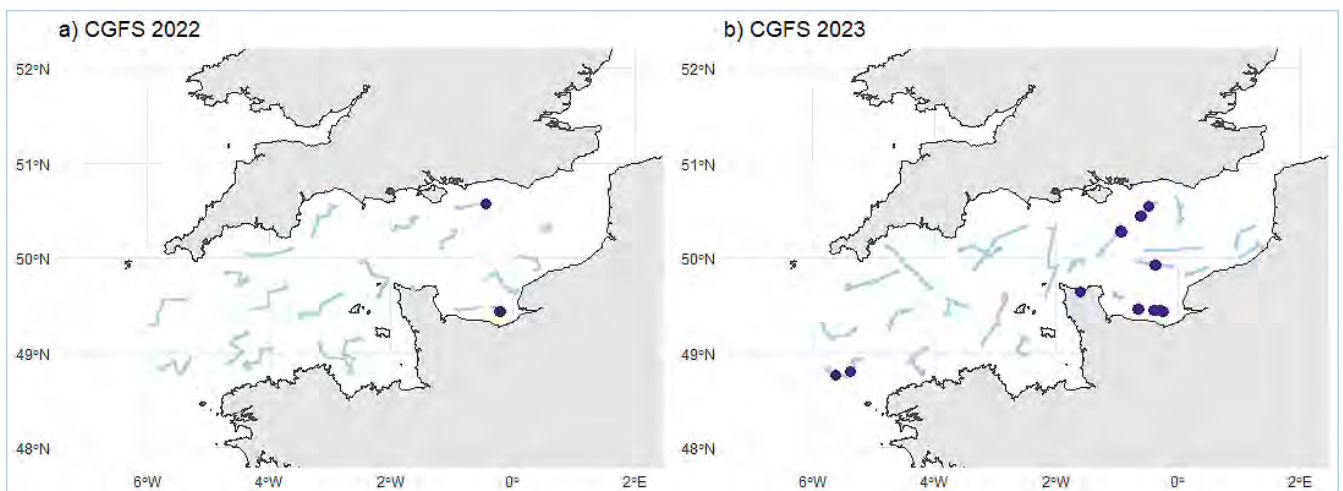


Figure 5. - Contacts de Chiroptères en Manche lors des campagnes CGFS de la flotte océanographique française (IFREMER, Observatoire PELAGIS) en a) 2022 (n = 12 contacts) et b) 2023 (n = 519 contacts). Les points violets représentent les positions des contacts vérifiés de Chiroptères. Les tracés gris correspondent aux transects échantillonnés lors de chaque année

autres espèces sont potentiellement présentes : la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) et la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*), mais ces espèces présentent de grandes similitudes acoustiques avec la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler respectivement.

La zone située à l'est de la Manche (à l'est de la pointe du Cotentin) semblerait être la plus utilisée par les espèces potentiellement transitant de l'Angleterre à la France en période de migration automnale. Cependant, plusieurs années de suivis sont nécessaires avant de pouvoir comprendre et modéliser les aires de déplacements utilisées par les Chiroptères.

DISCUSSION

En 2025, le plan d'échantillonnage comporte 50 sites points fixes, incluant des points fixes sur la côte, sur des îles ou sur des structures en mer, et ceux échantillonnés avec des partenaires tels que le GIS Eolien en Mer Dieppe-Le Tréport (fig. 2). De plus, des partenariats avec des institutions espagnoles (AZTI et IEO) ont permis d'installer des capteurs acoustiques sur d'autres navires de campagnes océanographiques. La couverture spatiale et temporelle du plan d'échantillonnage a ainsi été étendue en 2025. Les premiers résultats permettent de mettre en lumière la présence de Chiroptères en mer, et potentiellement une voie de migration en Manche, à des périodes similaires aux migrations connues en mer Baltique et mer du Nord [e.g. JARZEMBOWSKI 2003, LAGERVELD *et al.* 2021].

Retours d'expérience : problèmes identifiés

La première année d'échantillonnage a permis de repérer des points critiques concernant l'équipement et de mettre en place les solutions appropriées. Par exemple, pour optimiser la couverture temporelle, nous avons opté pour une fréquence d'échantillonnage de 256 kHz plutôt que de 384 kHz sur l'ensemble des sites et navires. Cette modification réduit la taille des fichiers audio, permettant ainsi une durée d'enregistrement plus longue sans manquer des espèces de Chiroptères ni altérer significativement la qualité du signal acoustique.

Les premières campagnes de collecte ont également révélé des différences dans les périodes d'enregistrement, principalement liées à la localisation des sites plus difficilement accessibles en mer pour les maintenances et au système d'alimentation. Par exemple, les capteurs sur secteur (ex. mât de Fécamp) offrent une continuité satisfaisante, alors que les capteurs fonctionnant avec des piles nécessitent des maintenances toutes les trois semaines. Il a ainsi été choisi d'équiper la majorité de sites avec des Solar BAR afin de pouvoir connecter les SM4-BAT au panneau solaire de celui-ci. Enfin, certains aléas imprévisibles comme les événements climatiques extrêmes (tempête Ciaran de 2023) ont provoqué des dégâts variables selon les sites, allant du détachement du capteur sur des rambarde à la corrosion du matériel.

Limites

Les capteurs utilisés dans notre étude sont non communicants et ne permettent donc pas de récupérer la donnée à

distance ni un suivi de son bon fonctionnement. Il est donc nécessaire de se rendre régulièrement sur site pour collecter la donnée et vérifier l'état du matériel. Le microphone est contrôlé au moins une fois par an (au début du printemps) en utilisant un dispositif de calibration de micros à ultrasons (Wildlife Acoustics). Etant donné la répartition des capteurs, de Dunkerque à Biarritz (fig. 2), il est difficile d'effectuer des maintenances régulières sur l'ensemble des sites. Le réseau repose donc, en majorité, sur la participation de nos partenaires sur chaque site, pour changer les cartes et nous envoyer les données (par voie postale). L'animation de ce réseau nécessite une organisation adaptée afin de prédire l'acquisition de données, et par conséquent les dates de maintenance, plusieurs semaines en amont.

CONCLUSION

Malgré des périodes de suivi non continues dans l'année, dues à des impossibilités de maintenance ou des défaillances de matériel, plus de 100 To de fichiers audios Chiroptères (et environ 70 To de fichiers audios Oiseaux) ont été collectés depuis 2023. Ces données, en cours d'analyse, permettront d'améliorer les connaissances sur la migration en milieu littoral et marin de plusieurs espèces de Chiroptères. De plus, les données alimenteront d'autres projets utilisant, par exemple, les données du suivi Vigie-Chiro. Finalement, dans le contexte du développement de l'éolien en mer, les connaissances acquises permettront d'élaborer des stratégies pour éviter ou réduire le potentiel impact de ces structures.

Remerciements. – Tous nos remerciements vont aux nombreuses structures partenaires qui nous ont permis d'installer des capteurs sur leurs sites et aux personnes effectuant des maintenances et des suivis des capteurs. Les données ont été recueillies avec le concours de la DFDS, DIRM NAMO, LPO et d'autres structures partenaires présentées ci-après (par ordre alphabétique) : AZTI, Birding Mont-Saint-Michel, Centre de la Mer de Biarritz, CLIPON, COBAN, Communauté de communes Cap Sizun-Pointe du Raz, Communauté des communes de l'île de Ré, Conservatoire du littoral, CREC (université de Caen), Département d'Ille-et-Vilaine, FOSIT Manche-mer du Nord, GEOCA, GMB, GON, Government of Jersey, IEO, IFREMER, Jardin botanique de Vauville, Jersey Heritage, LOG (université de Lille), LPO Vendée, Météo France, Nature Environnement 17, Observatoire PELAGIS (université de La Rochelle, CNRS), ONF, Parc du Marquenterre, Parc régional des Marais du Cotentin et du Bessin, Plein Phare sur Penfret, Réserves Naturelles de France, SEPANSO, Secrétariat d'Etat chargé de la Mer. Nous remercions aussi Cédric Caïn, Julien Piette, Kévin Barré et Stanislas Wroza pour leur aide sur site et la team Chiro du CESCO, en particulier Yves Bas et Charlotte Roemer qui participent à la validation des identifications.

Ce travail n'aurait pu avoir lieu sans les financements de l'Office Français de la Biodiversité, la Fondation de mécénat Engie et le Gis Eolien en mer Dieppe-Le Tréport.

RÉFÉRENCES

- AHLÉN I., BAAGØE H.J. & BACH L., 2009. - Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90: 1318–1323.
- BACH P., VOIGT C.C., GÖTTSCHE M., BACH L., BRUST V., HILL R., HÜPPOP O., LAGERVELD S., SCHMALJOHANN H., SEEBENS-HOYER A., 2022. - Offshore and coastline migration of radio-tagged Nathusius' pipistrelles. *Conservation Science and Practice* 4(10): e12783.
- BARATAUD M., 2012. - *Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope, Mèze; Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 344 pp.
- BARON J., VILLA S., PESSATO A., PEYRET P., LOÏS T., BONGIORNI L., ROMANGIN I., BOURGET L., LINOSSIER J., CHABROLLE A., KERBIRIOU C., 2025. - MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires: 2nd rapport d'analyse. Lot 3 – Suivis acoustiques et visuels. Rapport pour l'OFB, éditeur MNHN, 63pp.
- BAS Y., BAS D., JULIEN J.-F., 2017. - Tadarida: A Toolbox for Animal Detection on Acoustic Recordings. *Journal of Open Research Software* 5(1): 6. <https://doi.org/10.5334/jors.154>
- BIOTOPE, 2024. - Rapport final de l'état initial - Zone de développement éolien en mer Centre Manche - Suivis de la mégafaune marine - DREAL Normandie - MTE - 592 p.
- 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: 162 pp.
- JARZEMBOWSKI T., 2003. - Migration of the Nathusius' pipistrelle *Pipistrellus nathusii* (Vespertilionidae) along the Vistula Split. *Acta Theriologica* 48(3), 301–308. <https://doi.org/10.1007/BF03194170>
- KRUSZYNSKI C., BAILEY L.D., COURTIOL A., BACH L., BACH P., GÖTTSCHE MATTHIAS, GÖTTSCHE MICHAEL, HILL R., LINDECKE O., MATTHES H., POMMERANZ H., POPA-LISSEANU A.G., SEEBENS-HOYER A., TICHOMIROWA M., VOIGT C.C., 2021. - Identifying migratory pathways of Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) using stable hydrogen and strontium isotopes. *Rapid Comm Mass Spectrometry* 35(6): e9031. <https://doi.org/10.1002/rcm.9031>
- LAGERVELD S., DE VRIES P., HARRIS J., PARSONS S., DEBUSSCHERE E., HÜPPOP O., BRUST V., SCHMALJOHANN H., 2024. - Migratory movements of bats are shaped by barrier effects, sex-biased timing and the adaptive use of winds. *Movement Ecology* 12(1): 81. <https://doi.org/10.1186/s40462-024-00520-7>
- LAGERVELD S., JONGE POERINK B., GEELHOED S.C.V., 2021. - Offshore occurrence of a migratory bat, *Pipistrellus nathusii*, depends on seasonality and weather conditions. *Animals*, 11(12): 3442.
- LAGERVELD S., POERINK B.J., HASELAGER R., VERDAAT H., 2014. - Bats in Dutch offshore wind farms in autumn 2012. *Lutra* 57(2): 61–69.
- LAGERVELD S., WILK T., VAN PUIJENBROEK M.E.B., NOORT B.C.A., GEELHOED S.C.V., 2023. - Acoustic monitoring reveals spatiotemporal occurrence of Nathusius' pipistrelle at the southern North Sea during autumn migration. *Environmental Monitoring and Assessment* 195(9): 1016. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11590-2>
- LECORPS F., 2015. - Éoliennes en mer des îles d'Yeu et de Noirmoutier - Thématique Chiroptères Livrable 1 - Méthodes et état des lieux provisoire, Biotope, Periscope, BRL ingénierie, LPO Vendée, 107 pp.
- O-GEO, 2024. - Saint-Nazaire (44) - Parc éolien en mer de Saint-Nazaire - Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères - Années 2022-2023. O-GEO. 86pp.
- OUVRARD E., FORTIN M., 2014. - Projet de Parc éolien en Mer de Saint-Nazaire. Diagnostic "chauves-souris." Bretagne Vivante – SEPNEB, LPO Loire-Atlantique, LPO Vendée. 445pp.
- PETERSEN A., JENSEN J.K., JENKINS P., BLOCH D., 2014. - A review of the occurrence of bats (Chiroptera) on islands in the North East Atlantic and on North Sea installations. *Acta Chiropterologica* 16(1): 169-195.
- PETERSONS G., 2004. - Seasonal migrations of north-eastern populations of Nathusius' bat *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera). *Myotis* 41(42): 29–56.
- RUSS J.M., HUTSON A.M., MONTGOMERY W.I., RACEY P.A., SPEAKMAN J.R., 2001. - The status of Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii* Keyserling & Blasius, 1839) in the British Isles. *Journal of Zoology* 254(1): 91–100.
- RYDELL J., BACH L., BACH P., DIAZ L.G., FURMANKIEWICZ J., HAGNER-WAHLSTEN N., KYHERÖINEN E.-M., LILLEY T., MASING M., MEYER M.M., 2014. - Phenology of migratory bat activity across the Baltic Sea and the south-eastern North Sea. *Acta Chiropterologica* 16(1): 139–147.

Sitographie

- Éoliennes en mer en France - MIGRATLANE: Comprendre l'utilisation de l'arc Manche-Atlantique par la faune volante. <https://www.eoliennesenmer.fr/observatoire/migratlane> (consulté le 3 octobre 2025)

POSTER

Influence de l'effet de sillage des éoliennes sur la distribution de l'activité de la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

Camille LEROUX*&**, Kévin BARRÉ*, Nicolas VALET**, Christian KERBIRIOU* & Isabelle LE VIOL*

*Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum National d'Histoire Naturelle

**Auddicé Biodiversité

CONTEXTE

Des effets d'évitement [MILLON 2015] et d'attraction [RICHARDSON 2021] de *P. pipistrellus* envers les éoliennes ont été documentés. Le vent étant une variable influençant le vol des Chiroptères et leur façon d'approcher des obstacles (orientation, proximité), l'effet de sillage, engendrant des turbulences en aval de l'éolienne par rapport au vent et une baisse de la vitesse de celui-ci, est susceptible d'expliquer les effets non-consensuels des éoliennes sur les Chiroptères [JONASSON 2024].

HYPOTHÈSE ET PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

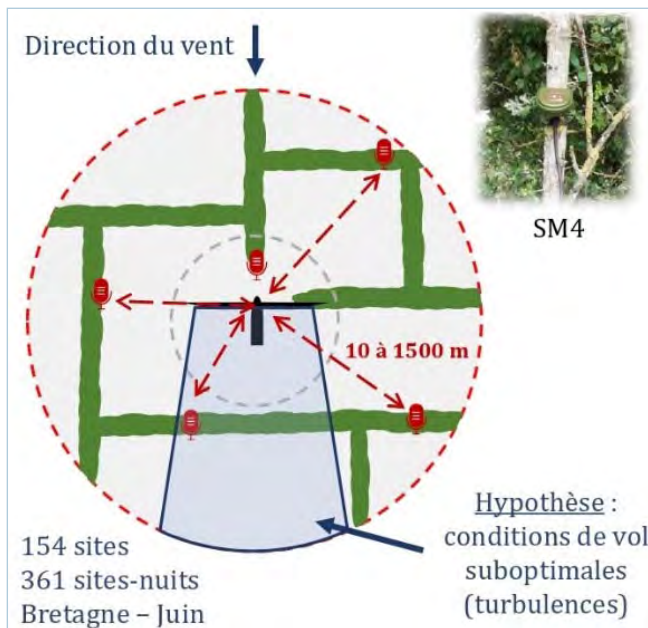


Figure 1. - Représentation schématique de l'hypothèse posée et du plan d'échantillonnage réalisé

Des enregistreurs acoustiques (SM4bat) ont été placés sur des haies à environ 1,50 m de haut à différentes distances des éoliennes (0 à 1 500 m) et de façon à obtenir un gradient d'exposition au vent par rapport à l'éolienne (fig. 1) à la fois en termes d'angle d'incidence et de vitesse du vent (fig. 2).

Ainsi, 151 sites ont été échantillonnés en Bretagne au mois de juin, durant plusieurs nuits, représentant un total de 361 sites-nuits.

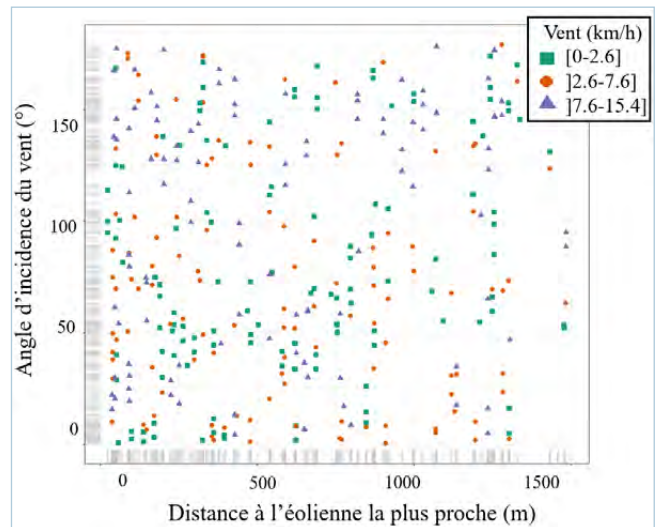


Figure 2. - Gradient d'interaction de l'angle d'incidence du vent et de la distance à l'éolienne la plus proche échantillonné durant l'étude, et ce pour différentes classes de vitesse de vent

RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

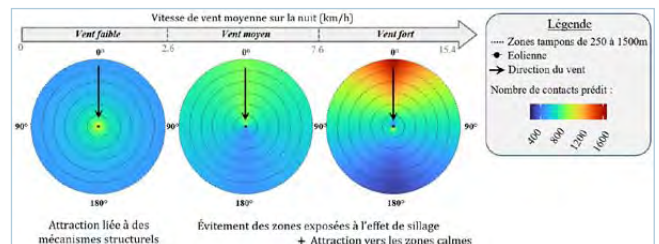


Figure 3. - Bilan de l'effet de sillage

L'effet de sillage explique au moins partiellement l'alternance d'effets d'attraction et d'évitement documentés dans la littérature.

PERSPECTIVES

Cette étude pose de nouvelles problématiques :

- toutes les espèces ont-elles ce même niveau de sensibilité à l'effet de sillage ?
- l'effet de sillage affecte-t-il la distribution verticale des Chiroptères ?

RÉFÉRENCES

- JONASSON K.A., ADAMS A.M., BROKAW A.F., WHITBY M.D., O'MARA M.T., FRICK W.F., 2024. - A multisensory approach to understanding bat responses to wind energy developments. *Mammal Review*, 54(3): 229-242. <https://doi.org/10.1111/mam.12340>
- MILLON L., JULIEN J.-F., JULLIARD R., KERBIRIOU C., 2015. - Bat Activity in Intensively Farmed Landscapes with Wind Turbines and Offset Measures. *Ecological Engineering*, 75: 250–57. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.050>.
- RICHARDSON S., LINTOTT P., HOSKEN D., ECONOMOU T., MATHEWS E., 2021. - Peaks in Bat Activity at Turbines and the Implications for Mitigating the Impact of Wind Energy Developments on Bats. *Scientific Reports* 11 (1): 3636. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82014-9>.

Pour consulter l'article complet : <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0303368>

Électricité éolienne et conservation des chauves-souris en Allemagne

Dr Yann GAGER & Dr Marcus FRITZE

Notre monde actuel est traversé de crises multiples, deux d'entre elles étant le dérèglement climatique et la 6^e extinction de masse. Pour compliquer le tout, certaines solutions à l'une de ces crises constituent une menace pour une autre crise. Un exemple typique sont les éoliennes qui permettent de décarboner la production d'électricité mais qui constituent une menace pour certaines espèces d'oiseaux et de chauves-souris.

L'Allemagne et la France possèdent des différences notoires, avec notamment une population respectivement estimée à 83,8 millions et 68 millions d'habitants en 2022. Malgré cette différence, la production d'électricité totale est très similaire entre les deux pays avec respectivement 443,4 et 445,4 TWh produits en 2023 (tableau 1). Malgré une production similaire, il existe des différences majeures dans le cocktail électrique de ces deux pays. La France compte majoritairement sur le nucléaire pour produire de l'électricité décarbonée. La production d'électricité éolienne est par contre très différente. Ainsi, l'Allemagne produit 116,2 TWh d'éolien terrestre (26 % de la production d'électricité) et 23,5 TWh d'éolien en mer (5,4 %). En comparaison, la France produit seulement 48,7 TWh d'éolien terrestre (10,9 %) et 1,9 GWh d'éolien en mer (0,4 %). La France en est clairement à ses prémices pour ce qui est de la production d'électricité éolienne en mer.

2023	Allemagne	France
Terrestre	116.2 TWh (26.7 %)	48.7 TWh (10,9 %)
En mer	23.5 TWh (5.4 %)	1.9 TWh (0,4 %)
Somme éolien	139.7 TWh (32.1 %)	50.6 TWh (11.3 %)
Total	443.4 TWh	445.4 TWh

Tableau 1. - Production d'électricité éolienne en 2022 sur la base des données d'Energy charts pour l'Allemagne et RTE pour la France

La majeure partie de l'électricité éolienne produite en Allemagne provient de la moitié nord qui bénéficie de plus grandes vitesses de vent, notamment en mer du Nord et en mer Baltique. Il y a une très grande différence de production en fonction des Bundesländer avec :

- un maximum observé pour la Basse-Saxe (= Niedersachsen) au nord-ouest (>9,123 MW en 2020, en vert sur la figure 1). Ce maximum observé pour la Basse-Saxe s'explique notamment par une forte production d'électricité éolienne dans les parcs en mer du Nord.
- un minimum observé dans la moitié sud pour le Bade-Wurtemberg, la Hesse, la Saxe et la Thuringe (jusqu'à 2 281 MW en 2020, en rouge sur la figure 1).

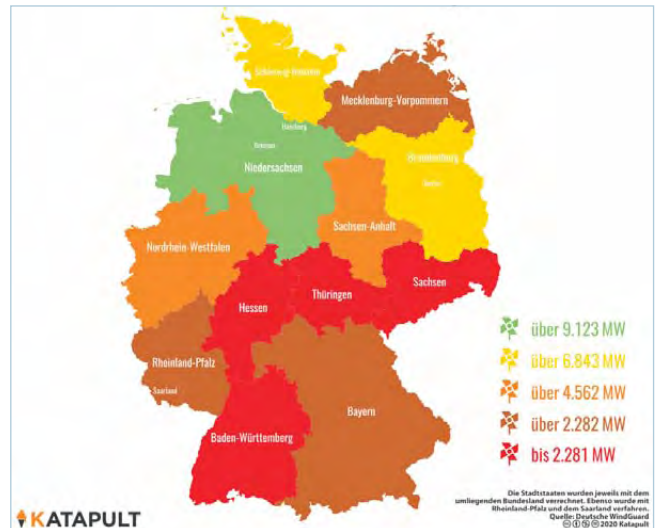


Figure 1. - Production d'électricité éolienne par Bundesländer en 2020

Les dimensions et la production moyennes d'électricité des éoliennes ont régulièrement augmenté au fil du temps. Ainsi, la puissance moyenne d'une éolienne est passée de 1,1 à 3,1 MW et la hauteur de nacelle de 71 à 133 m entre 2000 et 2018 (figure 2). Cette augmentation des dimensions augmente le volume d'air brassé et donc le risque de barotraumatisme et de collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes.

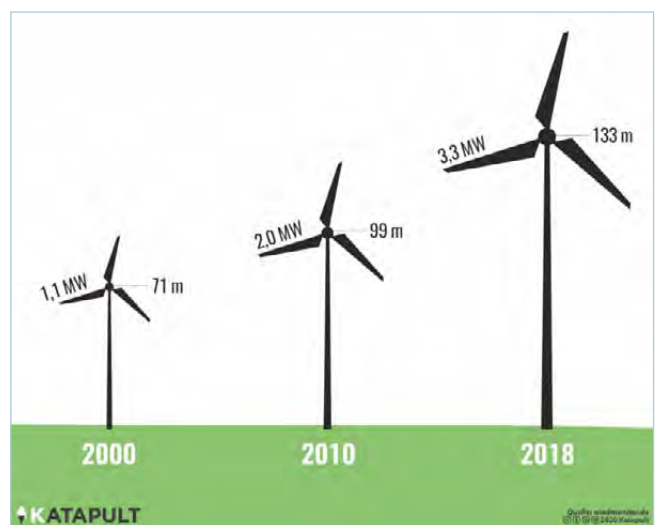


Figure 2. - Évolution moyenne des dimensions des éoliennes en Allemagne entre 2000 et 2018

Jusqu'à très récemment, le système de vérification pour l'implantation de nouvelles éoliennes se faisait sur la base de deux niveaux de contrôle :

- une première vérification au niveau régional sur la base de données existantes (présence d'espèces, notamment la proximité de colonies),
- une deuxième vérification au niveau local basée sur des études de terrain par des bureaux d'études ou associations.

Depuis 2023, le second niveau de vérification n'est plus mis en œuvre. Le premier niveau de vérification étant très lacunaire et ne bénéficiant pas de la quantité et de la qualité d'informations fournies par les études de terrain, nous avons là affaire à un recul majeur pour la protection des chauves-souris en Allemagne.

Ce recul est très dommageable, d'autant plus que l'Allemagne est un pays à enjeu fort pour la conservation des chauves-souris en Europe. Une étude a estimé une perte de 250 000 chauves-souris par an seulement pour l'Allemagne dont 70 % en migration [VOIGT *et al.* 2015]. Le pays est notamment traversé par la Pipistrelle de Nathusius qui migre sur une diagonale entre les pays baltes au nord-est et la France au sud-est. De nombreuses recaptures d'individus bagués mettent très bien en évidence cet axe de migration important au niveau européen.

Une base de données du Land Brandebourg centralise les données de collisions de chauves-souris avec les éoliennes [Landesamt für Umwelt Brandenburg]. Cette base de données met également en évidence le rôle central de l'Allemagne pour la migration des chauves-souris. En effet, la majorité des cadavres retrouvés sous les éoliennes en Allemagne appartiennent à cinq espèces migratrices (données actualisées en août 2023) : la Noctule commune (n = 1 287 cadavres), la Pipistrelle de Nathusius (n = 1 144), la Pipistrelle commune (n = 802), la Noctule de Leisler (n = 199) et le Vespertilion bicolore (n = 153). Les données sont compilées pour chaque Bundesländer en Allemagne mais aussi pour de nombreux pays européens. Cette base de données étant très lacunaire, il est primordial que les données disponibles soient communiquées par les observateurs.

Pour limiter l'impact des éoliennes, l'entreprise Probat propose une suite de logiciels pour déterminer le meilleur compromis entre production d'électricité éolienne et conservation des chauves-souris. Sur la base de deux saisons de suivi bioacoustique en nacelle, une vitesse optimale de vent pour le démarrage des pales est déterminée en corrélation avec la saison ainsi que des facteurs bioacoustiques, météorologiques et locaux. Le logiciel Probat 7 permet ce calcul puis le logiciel Probat Inspector permet aux autorités de contrôle de vérifier si les exploitants respectent le bridage de leurs éoliennes. Cette suite de logiciels est répandue et acceptée dans le pays mais bénéficie de trop peu de contrôles par les services de l'État.

En complément d'outils de calcul et de contrôle du bridage, le recours à la justice est un moyen de diminuer

l'impact des éoliennes sur les chauves-souris. Ainsi, le 19 décembre 2023, le tribunal administratif fédéral introduit une jurisprudence [Bundesverwaltungsgericht. Pressemitteilung Nr. 95/2023.]. La découverte de cadavres de plusieurs espèces sur un parc éolien autorisé sans restrictions en 2006 a été forcé d'arrêter les pales la nuit entre le 15 avril et le 31 août. C'est une décision dans le bon sens mais qui ne comprend malheureusement pas les mois de septembre et octobre qui correspondent à une forte période de migration des chauves-souris. Ce précédent juridique devrait en tout cas faciliter des décisions similaires pour des parcs en activité avec découverte de cadavres au sol. Une telle procédure ne peut évidemment être lancée qu'en cas de suivi post-installation.

En complément de la diminution du niveau de contrôle avant installation, les objectifs ambitieux de l'électricité éolienne constituent une menace majeure pour la conservation des chauves-souris. L'objectif actuel du gouvernement fédéral allemand est d'occuper 2 % de la surface du pays, ce qui correspondrait à une puissance installée de 70 GW soit environ 17 500 éoliennes. Ces objectifs sont atteignables uniquement avec l'installation de nouvelles éoliennes dans les forêts et les zones protégées. Ce « grignotage » des habitats, encore localement bien préservés, va augmenter la fragmentation des milieux et affecter plus fortement les espèces forestières et de lisières comme observé avec le parc éolien de la forêt de Lanouée dans le Morbihan.

Similaire au développement de l'éolien terrestre, le développement de l'éolien en mer est en pleine expansion pour répondre aux objectifs climatiques et augmenter la production et la proportion d'électricité décarbonée. Avec leur grande dimension, les éoliennes en mer produisent beaucoup d'électricité mais le suivi mortalité post-installation est très compliqué à mettre en œuvre. Ce développement des éoliennes en mer du Nord et dans la Baltique est particulièrement problématique pour les espèces migratrices comme la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*).

Pour faire face à cette pression croissante sur les chauves-souris, l'Observatoire allemand des chauves-souris (Deutsche Fledermauswarte) a rédigé une publication [MATHGEN *et al.* 2024] avec des prises de position engagées. Les trois propositions mises en avant par les auteurs de cette publication sont :

- l'arrêt automatique des pales entre le 15 avril et la fin octobre pour toutes les éoliennes,
- l'interdiction d'installer des éoliennes en forêt qui sont des habitats naturels,
- l'interdiction d'installer des éoliennes dans les zones protégées qui sont aussi des habitats naturels.

En complément de cette publication, l'observatoire allemand des chauves-souris mène un gros travail de communication pour les spécialistes et la grand public via notamment son site internet, sa newsletter et aussi des réunions.

Avec une installation d'éoliennes débutée plus tôt et à plus large échelle, l'Allemagne bénéficie d'un recul et d'une expérience intéressante sur le conflit éoliennes et chauves-souris. Une augmentation des échanges entre la France et l'Allemagne est très souhaitable pour aider à renforcer la conservation des chauves-souris au niveau du continent européen.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bundesverwaltungsgericht, 2023.- Zulässigkeit nachträglicher artenschutzrechtlicher Beschränkungen des Betriebs von Windenergieanlagen. Communiqué de presse Nr. 95/2023. <https://www.bverwg.de/de/pm/2023/95>
- Landesamt für Umwelt Brandenburg (Office de l'environnement du Land de Brandeburg). Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse. <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwartearbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>
- MATHGEN X., FRITZSCHE A., ARNOLD A., BACH L., GAGER Y., HARDER J., KNÖRNSCHILD M., MEYER F. & PORSCHIEN B., 2024.- Zeitenwende im Artenschutz–Aktuelle Gesetzesänderung versus wissenschaftliche Evidenzen beim Fledermausschutz und dem Ausbau der Windenergienutzung. *Nyctalus*, 20: 182-202.
- VOIGT C., LEHNERT L., PETERSONS G., ADORF F. & BACH L., 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.

COMMUNICATION

Programme OPRECh ciblé sur la régulation des éoliennes en faveur des chauves-souris : analyse des pratiques, tests expérimentaux et voies d'optimisation de la mesure

Yannick BEUCHER, Xavier NARDOU, Frédéric ALBESPY, Aurélie LANGLOIS*,
Florence MATUTINI, Aurélien BESNARD** & Pierre ILLAC***

* EXEN, 116, route de Séverac, 12310 Vimenet – ybeucher@exen.pro

** CEFÉ/CNRS, Campus du CNRS, 1919, route de Mende, 34293 Montpellier – aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr

*** TotalEnergies Renouvelables France, Direction Développement - P3E,
1399, avenue Georges-Frêches, 34970 Montpellier – pierre.illac@totalenergies.com

Résumé. - OPRECh est un programme de recherche ciblé sur les processus de dimensionnement, de mise en œuvre et de contrôle de la mesure de régulation des éoliennes en France pour réduire les impacts de mortalité sur les chauves-souris. En l'absence de cadrage ou de synthèse de retour d'expériences à l'échelle nationale, il s'est articulé autour de trois axes. Le premier volet (1) est une démarche de recherche bibliographique destinée à faire un premier bilan de l'état de développement de la mesure à l'échelle nationale et de caractériser les pratiques de l'ensemble du processus de régulation. Il montre que moins de la moitié du parc national bénéficie de cette mesure, mais que la mesure est efficace quand elle est mise en œuvre. Les pratiques sont diversifiées mais tendent à progresser et à s'homogénéiser. Le deuxième volet (2) expérimental teste l'efficacité de différentes modalités régulièrement utilisées et analyse les possibilités de prédiction du risque de mortalité avec une diversité de paramètres. Il confirme une efficacité significative avec les patterns les plus régulièrement utilisés et valide l'utilisation de certaines variables comme pertinentes pour prédire le risque. Le troisième volet (3) synthétise les résultats sous forme de contraintes, leviers et recommandations. Il invite les acteurs vers des pratiques et des principes en faveur d'une systématisation rapide et à large échelle du développement de cette mesure et vers différents leviers d'optimisation.

Mots clefs. - éoliennes, chauves-souris, impacts par mortalité, mesure de régulation, recommandations

Abstract. - OPRECh is a research program targeted on processes of sizing, implementation and control of wind turbine curtailment in France to reduce fatalities on bats. In the absence of framework or feedback at the national scale, OPRECh has been structured around three parts. The first part (1) is a large review of specialized literature for an initial assessment of the current stage of development of this measure on a national scale and in order to characterize practices of the entire curtailment process. It shows that less than half of the French national park is concerned by the mitigation measure. But it is generally effective when it is implemented. This is all the more encouraging as this effectiveness is also limited by problems of effective implementation. Practices are diverse, with regional disparities, but tend to improve and become more consistent. The second experimental part (2) tests effectiveness of different methods regularly used and analyzes possibilities of predicting the risk of mortality with a diversity of variables. It confirms significant effectiveness with the most regularly used patterns and validates the use of certain variables as relevant for predicting risk. The third part (3) summarizes results through a list of constraints, levers and recommendations for the entire curtailment process. It invites stakeholders towards practices and principles in favor of a rapid and large-scale systematization of this measure, and towards several optimization levers.

INTRODUCTION

OPRECh est parti du postulat que les mesures de régulation des éoliennes peuvent permettre de réduire sensiblement les risques de mortalité des Chiroptères. Plusieurs modes de régulations ont ainsi montré leur intérêt en France et à l'étranger ces dernières décennies. Le dimensionnement et la mise en œuvre de ces actions de régulation nécessitent cependant une bonne connaissance de l'écologie des Chiroptères, des conditions de risques

et la maîtrise de contraintes techniques, technologiques et économiques liées au fonctionnement des éoliennes. Or, le manque de connaissances sur ces thématiques en France, l'absence d'état des lieux des pratiques actuelles ou de mutualisation des retours d'expériences, ou encore la communication parfois difficile entre les acteurs de la filière éolienne, ont pu engendrer une mauvaise appréhension de ces modes de régulation, de leurs efficacités relatives pour réduire les mortalités de chauves-souris et leurs effets sur la production d'énergie. Le programme OPRECh vise donc à

comblent (au moins en partie) ces différentes lacunes, vers la connaissance des pratiques en matière de mesures de régulation, vers leur optimisation technique, et vers le partage et la diffusion de recommandations de bonnes pratiques.

OPRECh vise trois objectifs distincts à l'origine de trois volets d'études complémentaires.

Volet 1/ Identifier des pratiques de la mesure de régulation en France pour proposer un premier état de l'art de la situation nationale de la régulation et de la diversité des pratiques. Ce travail se base sur une vaste revue de la littérature spécialisée et d'interviews. Il s'agit de décrire les pratiques et d'identifier les contraintes qui limitent le bon dimensionnement et la bonne mise en œuvre de la mesure de régulation pour l'ensemble des acteurs de la filière. Il s'agit alors de décliner ces pratiques sur une échelle temporelle par une analyse de l'évolution des pratiques en fonction de l'évolution des prescriptions techniques nationales et sur une échelle géographique, par une analyse des disparités ou convergences au niveau des différentes régions de France.

Volet 2/ Tester les principaux modèles de régulation des éoliennes sur un parc éolien jugé « à risque » pour les Chiroptères afin d'évaluer aussi objectivement que possible leurs efficacités, leurs avantages et les contraintes qu'ils imposent, et cela en fonction des espèces concernées, de leurs comportements, des types de risques (espèces de lisière ou de haut-vol, migrations, pics d'activité autour des rotors...), mais aussi selon les milieux, les conditions climatiques, etc.

Volet 3/ Sur la base des résultats des étapes précédentes, proposer une synthèse de recommandations sur les bonnes pratiques de régulation pour faciliter sa mise en œuvre à large échelle (définition du vocabulaire spécifique, avantages/contraintes des différents modèles, prérequis, processus de dimensionnement, difficultés de mise en œuvre, écueils et résultats escomptés, phases de suivis d'efficacité, mesures correctives, amélioration continue...).

Ces trois volets vont être présentés et discutés ci-après, le volet 3 servant de conclusion à cet article.

VOLET 1 : IDENTIFIER LES PRATIQUES DE LA RÉGULATION DES ÉOLIENNES EN FAVEUR DES CHAUVES-SOURIS EN FRANCE

Matériel et méthodes

En l'absence d'information de synthèse disponible à l'échelle nationale à propos des pratiques de la régulation, une combinaison de différentes méthodes et sources de données a été exploitée. Cette phase de recueil de données s'est appuyée sur des recherches bibliographiques, des mailings et consultations d'organismes et institutions, des enquêtes, interviews et le recueil et l'analyse de nombreux rapports d'études. Au vu de la diversité des sources de données et des objectifs de traitement des données, un travail de tri, d'harmonisation et de saisie a été mené en fonction du type de données pour générer finalement trois principales bases de données (BDD), dont les objectifs d'analyses sont complémentaires.

La base de données « BDD Taux de régulation national »

a été créée de manière à disposer d'informations simples, mais aussi exhaustives que possible, pour caractériser la situation nationale du taux de parcs éoliens régulés par rapport à l'ensemble du parc éolien français. Cette proportion nationale de parcs régulés/non régulés devait permettre d'évaluer le stade de développement de la mesure en France puisque le taux national des parcs régulés restait en effet inconnu tant au niveau des institutions publiques que des opérateurs éoliens. Un important recueil bibliographique a ainsi été réalisé à partir de tout document susceptible d'évoquer cette mesure au niveau de chaque parc éolien français : arrêtés préfectoraux (AP), arrêtés préfectoraux complémentaires (APC), rapports d'études d'impacts, rapports de suivis d'impacts, avis de la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MRAe), dossiers de dérogations espèces protégées ou tout autre document informatif. La base de données a été créée avec les informations disponibles pour les parcs éoliens construits au 31 décembre 2020 sur la base du Registre national des installations de production et de stockage d'électricité.

Des documents informatifs ont ainsi pu être recueillis pour 732 parcs éoliens des 1 227 parcs recensés à cette date à l'échelle nationale (DOM-TOM inclus), soit 60 % des parcs éoliens du territoire national. Le taux de recueil d'informations est toutefois très variable selon les régions (important pour les régions Occitanie, Bretagne et Pays de la Loire... et beaucoup plus faible pour les régions Normandie, Bourgogne-Franche-Comté).

La base de données « BDD Pratiques de la régulation/projets éoliens » a été créée pour permettre de détailler les pratiques du processus de régulation dans le cadre d'un nouveau projet éolien ou d'un projet de renouvellement (repowering). Les expertises chiroptérologiques des études d'impacts sur l'environnement apparaissent comme la meilleure source de données mais leur accès n'est pas toujours facile puisqu'elles sont rendues publiques à l'échelle locale au moment de l'enquête publique, mais rarement rassemblées à l'échelle départementale ou régionale (hormis via le site projet-environnement.gouv.fr). La base de données a été alors constituée en exploitant un échantillon de 140 dossiers d'études d'impact de projets de parcs récents pouvant être en construction, autorisés ou en instruction au moment de la rédaction de ce rapport. Là encore des disparités d'échantillonnage sont à noter avec une majorité des projets éoliens engagés à cette date en régions Nouvelle-Aquitaine (51 %), Hauts-de-France (19 %) et Grand Est (9 %).

La nature et la consistance des informations liées à la mesure de régulation sont très hétérogènes entre les rapports. La perception du processus a alors été complétée par des entretiens téléphoniques (auprès de représentants de DREALS, bureaux d'étude, porteurs de projets) voire par la consultation de dossiers de demande de dérogation espèces protégées.

La base de données « BDD Pratiques de la régulation/parcs exploités » a été créée pour permettre de détailler finement les pratiques du processus de régulation dans le cadre de parcs éoliens en cours d'exploitation. Pour ce faire, les rapports de suivis environnementaux apparaissent

comme la meilleure source de données. Leur recueil s'est avéré plus efficace que celle des rapports d'études d'impact, notamment grâce à l'aide de nombreuses DREALs ou bureaux d'étude. Le nombre de rapports traités est ainsi bien plus conséquent que celui des études d'impacts avec 559 dossiers de suivis d'impacts concernant 406 parcs éoliens, soit environ un tiers du parc éolien national installé. Certains parcs éoliens font en effet l'objet de plusieurs campagnes de suivis interannuelles. En moyenne, la base de données concerne 1,3 campagnes de suivi annuel par parc. La grande majorité des rapports traités ne concerne qu'une seule campagne de suivi, mais certains parcs ont été suivis sur parfois cinq campagnes annuelles. Les rapports de suivis interannuels sont très intéressants pour apprécier l'évolution des processus de régulation et leur efficacité. Là encore, une hétérogénéité d'échantillonnage géographique est à noter, avec les régions Grand-Est, Bretagne et Occitanie les plus représentées. Les données concernant la mesure de régulation sont souvent plus détaillées au sein de ces rapports qu'au niveau des études d'impacts, ce qui permet une approche plus qualitative des pratiques pour des parcs exploités. Des consultations directes et entretiens avec les représentants des DREALs, bureaux d'études ou porteurs de projets ont aussi permis de compléter l'analyse.

Principaux résultats obtenus sur les pratiques de la régulation en France

Quel est le stade de déploiement de la mesure en France ?

La mesure de régulation des éoliennes en faveur des Chiroptères est déployée sur un peu moins de la moitié des parcs éoliens construits en France jusqu'en 2020, soit 44 % d'après le recensement effectué (fig. 1). Toutefois, des disparités régionales existent quant à l'adoption de cette mesure, avec une prise en compte qui semble plus tardive dans certaines régions (notamment Hauts-de-France, Grand Est) en parallèle de la progression du développement éolien français. Les évolutions des protocoles réglementaires en vigueur et les prescriptions nationales contribuent aussi à la diffusion de cette mesure.

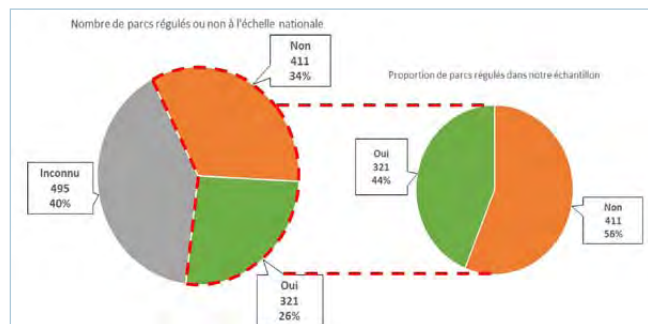


Figure 1. – Proportions de parcs régulés, non régulés ou de statut inconnu en France (gauche) et proportions en excluant les parcs sans information (droite)

En ce qui concerne la dynamique des nouveaux projets éoliens, près de 72 % des études d'impact comportent une proposition de mesure de régulation des éoliennes en faveur

des Chiroptères. Ce recensement a donc mis en évidence une prise d'ampleur progressive des préconisations de la mesure de régulation à l'échelle nationale. Toutefois, des disparités régionales existent et une proportion toujours importante de parcs construits et de projets n'ont pas prévu de mesures de régulation.

Pratiques du processus de régulation

Évolution des suivis d'activité chiroptérologique en hauteur et des mortalités

Le suivi passif et en hauteur de l'activité des chauves-souris s'est développé récemment en France (fig. 2). Dans le cadre des études d'impacts, les prescriptions des guides de l'étude d'impact restent encore peu incitatives mais les pratiques semblent s'être fortement développées depuis 2017-2018. Néanmoins, seuls les parcs les plus récents peuvent bénéficier de cet appui.

Dans le cadre de parcs en exploitation, les pratiques se sont aussi fortement développées ces dernières années, notamment par l'évolution des prescriptions nationales et de la version 2018 du protocole national de suivi environnemental. Compte tenu de ce développement récent, seuls 30 % des études de suivis d'impact de l'échantillon disponible ont pu bénéficier d'une analyse croisée entre suivi d'activité en hauteur et suivi de la mortalité pour décider et dimensionner une mesure de régulation.

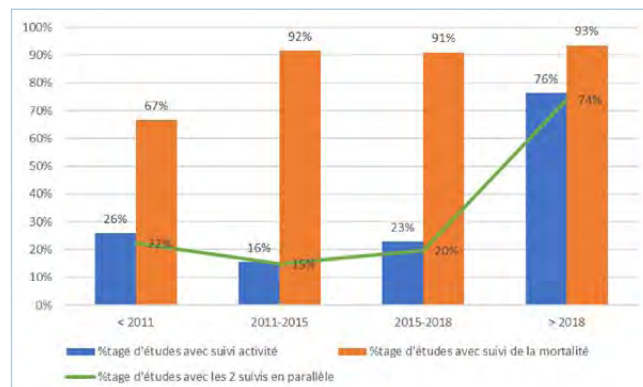


Figure 2. – Histogramme de l'évolution temporelle des principales sources de données du processus de régulation

Pratiques de prise de décision d'une mesure de régulation et modes de régulation retenus

La phase de prise de décision d'engager une mesure de régulation est en forte progression générale ces dernières années (plus de 70 % des études d'impacts et de suivis d'impacts l'envisagent dans les études les plus récentes). Cette progression est probablement liée à l'évolution des prescriptions nationales mais aussi probablement à une prise de conscience plus générale de l'effet cumulé possible du développement éolien sur l'équilibre des populations de chauves-souris.

Par contre, concernant le mode de régulation retenu, on note des incohérences récurrentes avec les sources de données disponibles pour le retenir (fig. 3). C'est notamment le cas de modes de régulation prédictifs qui sont retenus malgré l'absence de suivi en hauteur permettant de qualifier aussi

objectivement que possible les conditions de risques. Le suivi de la mortalité seul ne peut pas permettre cette perception des conditions de risques et donc le dimensionnement d'une mesure de régulation prédictive. Ces incohérences doivent toutefois être modulées par le fait que l'analyse n'intègre pas toujours l'évolution des pratiques dans le temps.

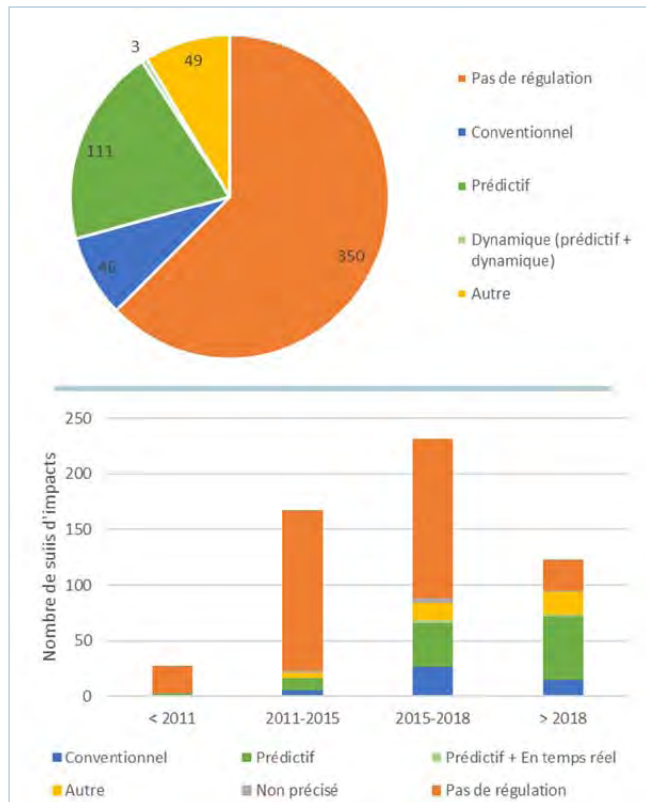


Figure 3. – Proportion et évolution des modes de régulation retenus dans le cadre de suivis d'impacts de parcs exploités

Pratiques du dimensionnement de la mesure de régulation

A propos du dimensionnement du pattern de régulation, l'analyse des pratiques témoigne d'une cohérence des paramètres et des seuils les plus utilisés entre les études d'impacts et les suivis d'impacts. Les patterns retenus semblent globalement de plus en plus conservateurs et de plus en plus fins avec le temps, grâce notamment à la progression des études d'activité en hauteur et la compréhension des processus écologiques et comportementaux associés. Cette évolution se caractérise notamment par :

- des dates de début de période d'activation de plus en plus précoces au printemps (mai-> avril), mais une fin assez stable (octobre) ;
- une durée moyenne de la période d'activation qui progresse (5,2 mois depuis 2018) ;
- un pattern qui tend à être de plus en plus décomposé par saisons et périodes phénologiques ;
- une légère progression du seuil de vitesse de vent en moyenne de 5 vers 6 m/s. Avec la décomposition progressive par saisons, le seuil de vitesse de vent le plus haut sur la période la plus à risque en fin d'été/automne (août-octobre) est de plus en plus distingué

des vitesses moindres retenues plus tôt dans l'année (printemps - début été) ;

- la progression du nombre de paramètres climatiques ou temporels utilisés.

Pour les suivis d'impacts, la mise en œuvre de la mesure au cours d'une première année tend de plus en plus à être revue sur les années suivantes, favorisée par la réglementation pour chercher le meilleur compromis via un renouvellement des suivis tant qu'un « impact significatif » est constaté. Cette phase d'optimisation progressive a pu être renouvelée jusqu'à quatre années successives sur certains sites.

Au-delà de cette progression générale de la précision des patterns de régulation, il reste encore des possibilités pour les affiner, en progressant notamment sur la prise en compte des précipitations. Car l'effet de la pluie sur l'activité des chauves-souris reste peu étudié, faute de connaissance sur les variables les plus influentes et faute de capteurs de suivi adaptés (ex. pluviomètre, hygromètre, visibilimètre...).

Pratiques de suivi/contrôle de la mesure de régulation

L'analyse de l'évolution interannuelle de la mortalité entre deux campagnes est sous-exploitée pour permettre une appréciation de l'efficacité de la mesure (moins de la moitié des rapports). L'analyse de l'évolution interannuelle de l'activité l'est aussi très peu. Lorsque cette analyse est conduite correctement, on note l'absence de constat d'évolution négative de l'activité entre deux années.

Quant aux problèmes de mise en œuvre effective de la mesure, ils sont aussi très peu analysés dans les rapports (1/4) et pourtant ces problèmes semblent courants en pratique (retard de démarrage de la période d'activation en début de campagne, mais aussi dysfonctionnements ponctuels, voire légers décalages fins mais réguliers et encore plus difficiles à identifier) (fig. 4). Ils sont donc sous-évalués dans les études ce qui induit des erreurs évidentes de perception de l'efficacité quantitative ou qualitative de la mesure de régulation. Cela limite donc la possibilité d'optimiser la mesure, que ce soit à l'échelle du parc (mesure corrective) ou de façon plus générale vers une maîtrise des pratiques de la régulation.

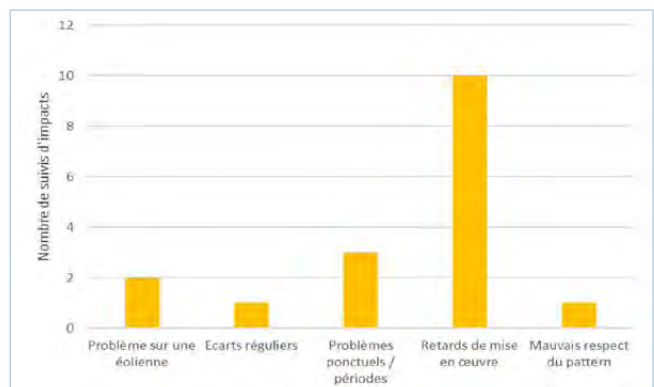


Figure 4. – Typologie des principales causes d'écart constatés entre le pattern et la mise en œuvre effective de la régulation

Efficacité générale de la mesure de régulation

Les résultats témoignent d'une efficacité notable des

mesures de régulation avec presque 60 % de la réduction de la mortalité par une approche moyenne de l'ensemble des situations des retours de tests disponibles. Ce même taux d'efficacité correspond à des vitesses de vent de l'ordre de 5-6 m/s. Au-delà (6-7 m/s), l'efficacité est très importante et peut aboutir à une maîtrise quasi-totale de l'impact par mortalité (-80 à -100 %) (fig. 5). Attention, les vitesses de vent indiquées ici sont des moyennes sur l'ensemble de la plage de régulation.

Cette efficacité est assez hétérogène selon les sites et selon les critères utilisés pour la mesurer (et probablement selon les espèces, mais ce point n'a pas été testé ici). Globalement, elle est d'autant plus variable :

- que le pattern de régulation se base sur des seuils de vitesses de vent les plus faibles (<4 m/s notamment) ;
- qu'il s'agit de la première année de test de la mesure ;
- que le critère d'analyse est la mortalité pondérée plutôt que le taux de mortalité.

Pour autant, les résultats montrent que même pour des seuils de vitesses de vent faibles, des cas de forte diminution de la mortalité sont possibles et ce, même au cours d'une première année de test. Ce résultat est d'autant plus encourageant dans la perspective d'une maîtrise de la perte de production d'énergie, qu'il est probablement sous-estimé à cause des problèmes de mise en œuvre effective de la mesure.

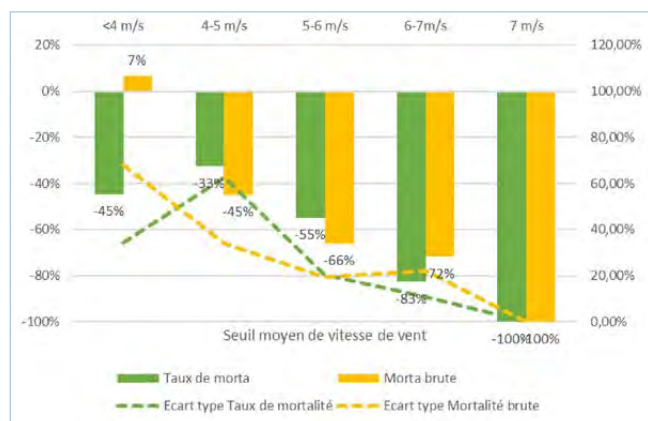


Figure 5. – Évolution de l'impact par mortalité mesuré en moyenne entre avant et après mesure de régulation selon le seuil de vitesse de vent moyen du pattern de régulation

VOLET 2 : TESTER LES PRINCIPAUX MODÈLES DE RÉGULATION (VOLET EXPÉRIMENTAL)

Matériel et méthodes

- Les objectifs du volet expérimental d'OPRECh furent :
- de comparer en conditions réelles l'efficacité de quatre modèles de régulation d'éoliennes définis selon différents des seuils de vent et de température sur un parc éolien jugé « à risque » pour les Chiroptères,
 - d'identifier et de hiérarchiser les différents facteurs régissant les taux de mortalité. Différents axes d'analyses visaient alors à :
 - caractériser l'effet des conditions climatiques et du fonctionnement de l'éolienne sur la mortalité ;
 - caractériser l'effet de l'activité au sol et en altitude sur

la mortalité ;

- et caractériser l'effet des conditions climatiques sur l'activité de différents groupes d'espèces.

Quatre modalités de régulation et une modalité témoin (sans régulation) ont été mises en place par paires d'éoliennes avec une rotation aléatoire tous les quinze jours des modalités. La période de tests a été ciblée sur la période de plus forts risques de mortalité sur le parc testé (entre juillet et septembre) et durant deux années successives (2019 et 2020) (tab. 1).

	Vitesse du vent (m/s)	Temp. (°C)	Description générale
Mod01	2	–	Aucune régulation (qui correspond à une très faible rotation sous 2 m/s de vent)
Mod02	3	–	Régulation "sous le seuil de production fictif" : mise en drapeau de l'éolienne lorsque le vent est inférieur à 3 m/s
Mod03	4,5	10	Régulation lorsque la vitesse du vent est inférieure à 4,5 m/s et la température au-dessus de 10 °C
Mod04	6	10	Régulation lorsque la vitesse du vent est inférieure à 6 m/s et la température au-dessus de 10 °C
Mod05	6	15	Régulation lorsque la vitesse du vent est inférieure à 6 m/s et la température au-dessus de 15 °C

Tableau 1. – Description des différentes modalités de régulation étudiées

Pour apprécier au mieux l'effet des modalités de régulation et identifier les principaux facteurs d'efficacité, les suivis d'activité acoustique et de mortalité des chauves-souris ont été engagés sur la base d'un protocole expérimental optimal visant à limiter autant que possible les différents biais méthodologiques et d'échantillonnage. Les relevés de la mortalité ont ainsi été engagés sous toutes les éoliennes du parc sur la base d'une recherche quotidienne y compris week-end et jours fériés. Les relevés d'activité acoustique étaient basés sur l'utilisation de deux enregistreurs à ultrasons par éolienne, positionnés au niveau de la nacelle vers la partie basse du rotor et à la base du mât. Les données météorologiques et de fonctionnement des éoliennes ont également été relevées et prises en compte (vitesse de vent, direction, température, vitesse de rotation des pales, précipitations...).

Les relations entre mortalité et modalités de régulation ont été testées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (GLMM) (package lme4 sous R) [BATES *et al.* 2021]. La mortalité a été décrite selon deux variables à expliquer :

- le nombre de cadavres détectés ;
- la présence ou absence d'au moins un cadavre par relevé.

La corrélation entre les différentes variables d'activité et la mortalité observée a été testée par des modèles additifs généralisés [GAM, HASTIE AND TIBSHIRANI 1986] à effets aléatoires (GAMM) [LIN AND ZHANG 1999]. Un modèle a été réalisé pour chacune des variables explicatives potentielles puis l'ensemble des modèles ont été comparés sur la base du coefficient de détermination, pseudo-R² ajusté.

Les mêmes analyses statistiques ont été utilisées pour tester l'effet des variables météorologiques et de l'activité

des éoliennes sur la mortalité en remplaçant les variables explicatives (activité) par des variables météorologiques et une variable décrivant le fonctionnement de l'éolienne à l'échelle de la nuit.

L'effet de différentes variables climatiques sur l'activité chiroptérologique a été analysé à l'aide de modèles additifs généralisés à effets aléatoires (GAMM) avec une fonction de lien de type log et une distribution négative binomiale (sur-dispersion des données d'activité) ou une fonction de lien de type logit et une distribution binomiale suivant les métriques utilisées pour quantifier l'activité (données de nombre ou de présence-absence d'au moins un contact).

Principaux résultats des tests expérimentaux des modalités de régulations (volet 2)

Effet des différents modes de régulation sur la mortalité observée

33 cadavres ont été découverts lors de 29 jours de prospection sur les 173 jours effectués entre 2019 et 2020. Parmi ces 33 cadavres, trois (9 %) noctules de Leisler, 21 (64 %) pipistrelles communes (*Pipistrellus pipistrellus*), six (18 %) pipistrelles de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*), une (3 %) pipistrelle de Nathusius et deux (6 %) pipistrelles indéterminées (commune ou pygmée) ont été identifiés. Aucun cadavre n'a été retrouvé sous les éoliennes les plus fortement régulées (mod4 et mod5) (fig. 6).

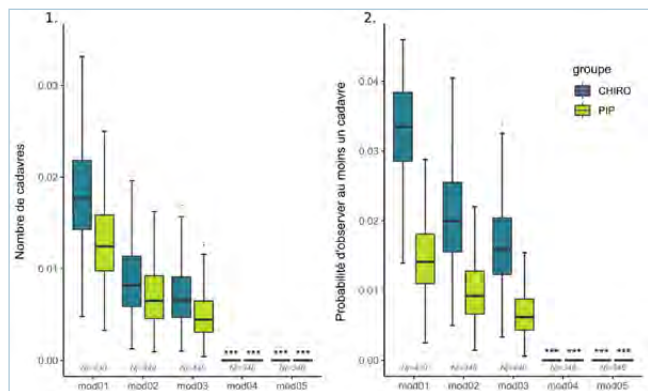


Figure 6. – Distribution des estimations associées aux effets fixes de chaque modalité de régulation testée pour l'ensemble des espèces de Chiroptères (CHIRO) et pour le groupe des pipistrelles (PIP). Ces coefficients issus de GLMM correspondent au nombre de cadavres par nuit prédit (1) et à la probabilité d'observer au moins un cadavre (2) sous une éolienne régulée selon les différentes modalités : mod01 (sans régulation) mod02 (régulation sous 3 m/s de vent), mod03 (régulation sous 4,5 m/s de vent et au-dessus de 10 °C), mod04 (régulation sous 6 m/s de vent et au-dessus de 10 °C), mod05 (régulation sous 6 m/s de vent et au-dessus de 15 °C). N = nombre de cadavres découverts. Nombre de jours de régulation cumulé répartis sur onze éoliennes : mod01 : 430, mod02 : 348, mod03 : 440, mod04 : 348, mod05 : 348. La significativité des comparaisons avec la modalité témoin est représentée au-dessus des groupes concernés (* : p < 0.05).

Aucun cadavre n'a été découvert sous les éoliennes bridées lorsque le vent était inférieur à 6 m/s et lorsque les températures étaient supérieures à 10 °C (modalité 4) ou 15 °C (modalité 5). Ces deux modalités sont significativement efficaces pour réduire la mortalité par rapport à des éoliennes non régulées.

Pour les deux autres modalités, le nombre de cadavres estimés diminue par rapport aux éoliennes témoin :

De 56 % lorsque les éoliennes sont mises en drapeau sous un vent de 3 m/s (modalité 2) ;

Et de 61 % lorsque les éoliennes sont mises en drapeau sous un vent de 4,5 m/s et lorsque les températures sont supérieures à 10 °C (modalité 3).

Ces résultats ne sont cependant pas significatifs (intervalles de confiance élevés).

Effet de l'activité chiroptérologiques sur la mortalité

L'activité mesurée à la base et en nacelle permet de prédire une partie des mortalités, mais ces résultats sont sensibles à la métrique d'activité utilisée. Les périodes de forte activité (« pic d'activité ») sont associées à un risque de mortalité plus élevé (fig. 7).

Effet de des variables météorologiques, temporelles et de fonctionnement de l'éolienne sur la mortalité

La mortalité augmente significativement lorsque la température augmente et lorsque la vitesse du rotor diminue.

Effet des variables climatiques sur l'activité

Les variables de température et de vitesse de vent apparaissent comme les deux variables les plus importantes pour expliquer l'activité des groupes CHIRO et PIP au sol et au niveau de la nacelle, suivi de la date et des précipitations. La part de variance expliquée par les modèles est cependant plus faible pour le groupe NOC, soulignant des difficultés à prédire l'activité pour ce groupe d'espèces que ce soit au sol ou en altitude. De plus, les patrons observés varient d'une année à l'autre.

Discussions sur ce volet 2

Peut-on prédire l'activité des Chiroptères à partir de variables climatiques et temporelles ?

La température, la vitesse du vent et le temps (période de l'année) sont des variables pertinentes pour prédire une partie de l'activité à l'échelle de la nuit. Ces résultats sont en accord avec la littérature scientifique et sont cohérents avec l'écologie des espèces étudiées. Cependant, nous observons une diversité de réponses suivant les espèces considérées, avec une difficulté à prédire de manière satisfaisante l'activité des espèces du groupe des noctules. Ceci peut notamment s'expliquer par le caractère arboricole et migrateur de ces espèces associé à des comportements spécifiques à proximité des éoliennes. Ces différents types d'activité (ex. comportements sociaux, chasse et migration) ne sont pas distingués dans les différentes métriques d'activité utilisées, les espèces n'étant pas impactées de la même manière par les variables climatiques et présentant une variation saisonnière importante.

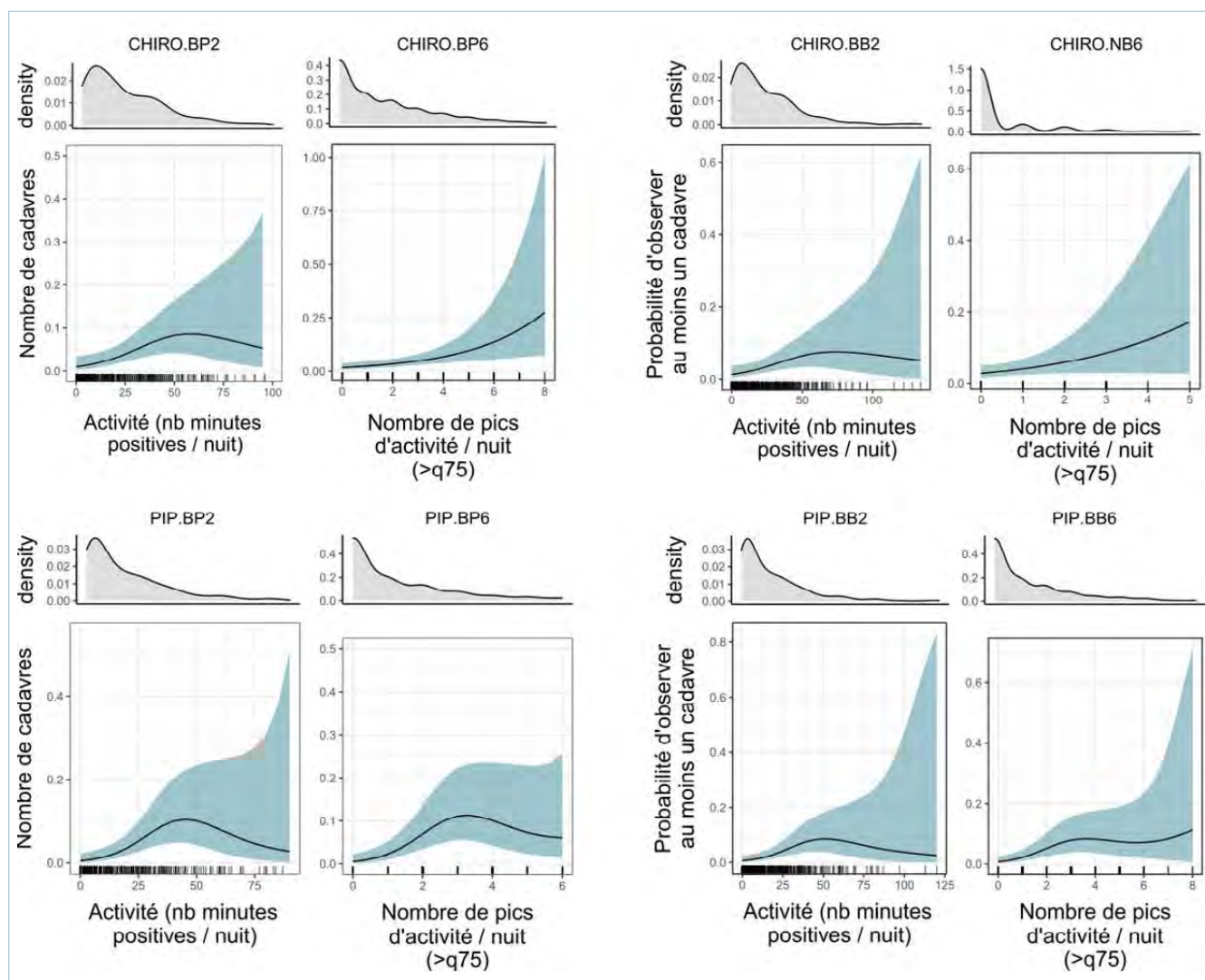


Figure 7. – Effets de l'activité chiroptérologique sur le nombre de cadavres et la probabilité de découvrir au moins une mortalité. Courbes de réponse des huit modèles GAMMs les plus parcimonieux avec effets significatifs. CHIRO: pour l'ensemble des espèces (Ncadavre = 19); PIP: pour le groupe des pipistrelles seulement (Ncadavre = 17). Code modèle: première lettre B = activité mesurée à la base de l'éolienne, et N = activité mesurée au niveau de la nacelle; deuxième lettre: P = poisson; B = binomial suivi du numéro du modèle (se référer à la Table 3). Les abscisses et les ordonnées des graphiques issues des modèles CHIRO.BP2, PIPBP2 et PIPBB5 ont été ajustées pour améliorer la visibilité (valeurs maximales). La distribution des données utilisées est présentée au-dessus des courbes de réponses.

Un lien partiel mais significatif entre mortalité et activités

Nous avons établi un lien significatif mais partiel entre certaines métriques d'activité (à la base et en nacelle) et la mortalité. Ce lien partiel souligne l'importance d'améliorer la résolution temporelle des données de mortalité, la détectabilité des cadavres et de réduire les biais de détection acoustique. De plus, l'activité mesurée ne permet pas de différencier l'âge et le sexe des individus ni le type d'activité (comportements sociaux, activité de chasse, transit ou migration). Or, certains comportements (ex. interactions sociales en période de reproduction, parades nuptiales des espèces arboricoles) et un manque d'expériences (cas des juvéniles) pourraient être associés à un risque de collision plus élevé. Ces éléments sont des sources de variabilité de l'activité et des risques mortalités difficiles à modéliser à partir des données récoltées.

Simulations de différents pratiques de régulation sur le jeu de données expérimental d'OPRECh

Les investigations du volet 2 ont permis de recueillir un jeu de données expérimentales (activité, mortalité) d'une qualité exceptionnelle. Cela offrait l'opportunité de « mettre en situation » les différents modes de dimensionnement de la mesure de régulation (préventif sous seuil de production, préventif conventionnel, prédictif classique, prédictif sur le modèle standardisé Renebat (KJM), prédictif avec approche qualitative des comportements (EXEN), dynamiques, etc.) afin d'analyser quelle aurait été l'efficacité du conseil promu sur la maîtrise des mortalités pour chacun de ces modes.

Cette rétro analyse a montré que ;

- le mode de régulation préventif sous seuil de production aurait théoriquement permis de réduire sensiblement (-56 %) les mortalités générées par le parc non régulé ;
- les modes de régulation prédictifs, qu'il s'agisse de

la méthode du modèle standardisé Renebat ou de la méthode d'approche comportementale fine, auraient tous deux théoriquement permis de réduire entre 61 et 100 % de la mortalité générée par le parc non régulé, aboutissant en tous cas à une mortalité résiduelle de moins de deux chauves-souris par éolienne et par an (plus proche de 0 pour l'approche comportementale);

- le mode de régulation préventif basé sur les seuils conventionnels de 6 m/s et 10 °C, aurait théoriquement permis d'éviter toute mortalité de chauves-souris.

Evidemment, plus le scénario est conservateur et plus la production d'énergie sera impactée

Simulation de l'effet du choix de la pression de suivi de la mortalité sur la perception de l'impact

La pression de suivi exceptionnelle réalisée dans le cadre du volet 2 (un passage tous les jours pendant trois mois) permet une estimation relativement proche du nombre réel de mortalités (même si potentiellement légèrement sous-estimé). C'était donc l'occasion de simuler statistiquement les résultats qui auraient pu être obtenus pour des pressions de suivi inférieures à une visite par jour (deux visites par semaine, une visite par semaine et quatre visites aléatoires) et de calculer le nombre de mortalités brutes et le taux de mortalité qui auraient été obtenus avec ces différentes pressions de suivi.

Les différents échantillonnages de suivi simulés aboutissent globalement à une surestimation du taux de mortalité par rapport à un taux de mortalité calculé sur la base d'une pression de suivi quotidienne. Cette surestimation est liée aux formules utilisées qui prennent en compte les incertitudes induites par la pression de suivi. Toutefois, plus la pression de suivi est importante, plus les taux de mortalité calculés sont précis et moins dispersés, permettant d'obtenir des résultats exploitables et comparables entre différents parcs éoliens (fig. 8).

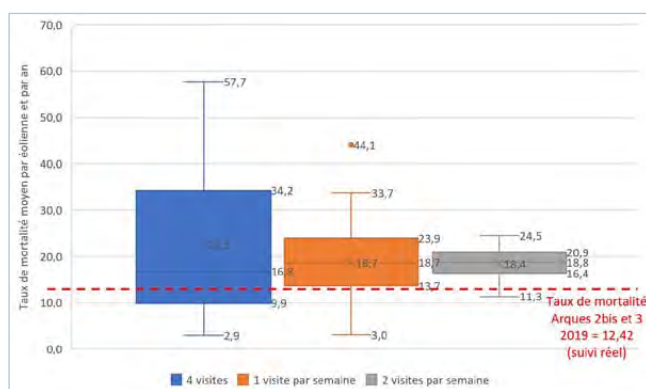


Figure 8. – Taux de mortalité par éolienne et par an simulé pour 100 répliques de différentes pressions de suivi sur Arques 2bis & 3, par rapport au taux de mortalité réel calculé en 2019

Que l'on se fie au nombre de mortalités brutes ou au taux de mortalité, les protocoles de suivi de la mortalité au niveau des parcs éoliens à enjeux chiroptérologiques ont tout intérêt à augmenter la pression selon les sites et périodes à deux visites par semaines pour obtenir des données robustes

et analysables à large échelle. Les prescriptions d'une mesure de régulation des éoliennes en faveur des Chiroptères en seront plus précises et plus adaptées aux enjeux réels perçus sur le site, limitant alors le nombre d'années de suivi de la mortalité nécessaires pour comprendre l'impact réel d'un parc sur les populations de Chiroptères et pour agir de façon proportionnée.

VOLET 3 : CONCLUSION

Contraintes, leviers et recommandations vers une mesure de régulation optimisée en France

Les trois principaux enseignements d'OPRECh vers une systématisation de la mesure en France

Premier enseignement (issu du volet 1) : moins de la moitié du parc éolien national bénéficierait en 2020 d'une mesure de régulation en faveur des Chiroptères;

Deuxième enseignement (issu des volets 1 et 2) : lorsqu'elle est mise en place, cette mesure est globalement efficace pour réduire la mortalité des chauves-souris générée par les éoliennes (réduction de 30 à 100 % des mortalités). L'efficacité est toutefois variable, d'autant plus efficace que l'intensité de régulation est importante et d'autant plus variable que l'intensité de régulation est faible. Les régulations à faible seuils de vent peuvent toutefois être efficaces lorsque bien dimensionnées;

Troisième enseignement (issu du volet 1) : des problèmes de mauvaise mise en œuvre effective de la mesure semblent notables (la moitié des parcs serait concernée) et sous-évalués (1/4 des rapports évoquent ce biais) dans l'analyse de l'efficacité de la mesure. Aussi, si l'efficacité générale de la mesure est déjà importante dans ces conditions, on suppose qu'elle le sera d'autant plus si les problèmes de mise en œuvre sont résolus.

Ces trois enseignements devraient inciter à systématiser la mise en œuvre d'une mesure de régulation pour tous les parcs en exploitation et les nouveaux projets. Car au-delà de la façon dont la mesure est réfléchie, dimensionnée ou mise en œuvre, et malgré les lacunes de connaissance sur l'état des populations, cette généralisation de la mesure aura rapidement un effet massif de réduction des impacts à large échelle sur les populations de Chiroptères [cf. FRIEDENBERG & FRICK, 2021].

Des contraintes générales à lever :

- Systématisation de la mesure sur tous les projets les plus récents,
- Contexte réglementaire de suivi tous les 10 ans à valoriser pour engager ou optimiser les mesures des parcs en exploitation,
- Démarche volontaire et vertueuse possible pour anticiper les échéances réglementaires,
- Envisager la mesure lors d'un projet de repowering pour résoudre les contraintes techniques d'implémentation de la mesure sur les parcs éoliens les plus anciens. Certaines solutions techniques sont parfois aussi possibles sur les parcs les plus anciens,

- Mise en place d'une régulation préventive sous seuil de production pour les parcs non régulés pour des raisons justifiées.
- Retenir des unités de mesure d'activité pertinentes et argumentées,

Des leviers possibles à envisager :

- Renforcer le cadrage, l'accompagnement et les prescriptions techniques à l'échelle nationale et régionale,
- Inciter au développement de groupes de travail et réseaux d'acteurs à l'échelle nationale pour s'accorder, former, partager ces expériences et produire des guides techniques,
- Clarifier le vocabulaire technique,
- Donner aux services de l'État les moyens de suivre la progression du taux de parcs régulés,
- Communiquer pour faire prendre conscience et trouver des solutions de suivis face aux différents problèmes de mise en œuvre effective de la mesure (retard de mise en œuvre en début de campagne, dysfonctionnements ponctuels, problèmes d'horodatages fins, etc.).
- Développer l'utilisation de référentiels d'activité par type de matériel acoustique et de conditions de mise en œuvre, avec une présentation de la définition de ces référentiels,
- Présenter clairement les biais et limites inhérentes aux méthodes de suivis acoustiques,
- Présenter les résultats sous la forme d'une synthèse chronologique d'activité par nuit, par espèces ou groupes d'espèces, utilisée comme campagne d'activité de référence pour le site, avec présentation des seuils du référentiel d'activité associé,
- Réaliser une analyse croisée détaillée de l'effet des différents paramètres climatiques et temporels (vitesse de vent, température, horaires, périodes, précipitations, etc.) sur l'activité chiroptérologique de référence,
- Privilégier des critères d'analyse pertinents, justifiés et variés ; ex. ne pas uniquement se baser sur le pourcentage d'activité « protégé » par la régulation. Seul le niveau d'activité résiduel à risque après mise en œuvre de la mesure devrait permettre de valider ou non la décision de retenir le pattern de régulation.

Trois grands principes essentiels à respecter dans les études :

- Principe de transparence et d'argumentation scientifique : la présentation détaillée des résultats et des décisions argumentées doivent revenir au cœur des rapports pour que la réduction d'impact des parcs éoliens sur les chauves-souris s'appuie sur une démarche scientifique.
- Principe d'humilité vis-à-vis de la qualité des études et la progression des connaissances : les connaissances sur l'écologie de vol des chauves-souris en plein ciel et ses facteurs d'influence sont encore limitées. Il est important d'exploiter toutes les données disponibles et d'éviter ou limiter autant que possible toutes démarches conduisant à simplifier ou échantillonner l'information dans les études (ex. pression de suivi, échantillonnage d'analyse de données). Il est aussi conseillé de multiplier les sources d'informations et les critères d'analyse pour prendre des décisions pertinentes.
- Principe de proportionnalité au cas par cas et de recherche de compromis entre l'intérêt des Chiroptères et la production d'énergie : éviter tout préjugé et conclusion hâtive sous prétexte d'un « dire d'expert ». Chaque site doit être traité au cas par cas, sans à priori, avec la recherche constante du meilleur compromis entre la protection des chauves-souris et la production d'énergie, sur la base d'un jeu de données représentatif de la situation du site.

Recommandations pour la phase de suivi de l'activité en hauteur :

- Généraliser le suivi d'activité en hauteur ET en continu (sans échantillonnage). Même si le suivi en hauteur ne permet qu'une perception partielle de l'activité, l'absence de suivi en hauteur exclut toute possibilité de dimensionnement proportionné du pattern de régulation,
- Inciter à développer le suivi d'activité en continu proche du sol en parallèle des suivis en hauteur, notamment pour les parcs à grands rotors et en contextes forestiers, bocagers denses,

Recommandations pour la phase de suivi de la mortalité :

- Respecter à minima les protocoles en vigueur en termes de pression de suivi de la mortalité, en privilégiant une pression de suivi à deux visites par semaines sur les périodes les plus à risque, en adaptant les protocoles de suivi à l'aide d'outils adaptés (ex. EolPower),
- Utiliser et présenter les intervalles de confiance pour présenter les résultats d'estimation de la mortalité,
- Privilégier des critères d'analyse justifiés et variés. L'estimation du taux de mortalité par les méthodes et formules standardisées reste le critère de comparaison à la fois réglementaire (cf. protocole de suivi environnemental) et le plus fiable,
- Détailler l'approche qualitative de l'impact par mortalité (espèces, patrimonialité, périodes, phénologies, comportements, effet des conditions climatiques, etc.),
- Analyser l'efficacité d'une mesure de régulation en se basant à la fois sur l'évolution des résultats de mortalité entre avant et après mise en place de la mesure, sur le niveau de mortalité résiduel et sur une approche qualitative des mortalités résiduelles (espèces, enjeux...), et en tenant compte de l'évolution de l'activité,
- Comparer les résultats de mortalité du site avec ceux recueillis à l'échelle locale et régionale pour estimer les effets cumulatifs.

Recommandations pour la prise de décision, le dimensionnement et le contrôle de la mesure de régulation :

- Juger du caractère « significatif » ou « non significatif » de l'impact résiduel des mortalités et donc de l'efficacité de la mesure en se basant à la fois sur :
 - une approche quantitative (évolution des mortalités

- avant et après mesure, taux de mortalité résiduel après mesure), dont quelques seuils ont été proposés mais restent à définir par une démarche concertée au niveau national ;
- une approche qualitative (caractère patrimonial et sensible des espèces, statut biologique, effets cumulés à l'échelle de leur domaine vital, etc). Les espèces phares à prendre en compte comme les plus patrimoniales et sensibles pour faire évoluer les conclusions sont notamment les espèces de haut-vol et ou migratrices ;
 - et en tenant compte des résultats d'activité ;
 - Tenir compte des éventuels problèmes de mise en œuvre effective de la mesure qui limitent aussi toute possibilité d'optimisation de la mesure (analyse croisée des données historiques de fonctionnement des éoliennes et des conditions climatiques) ;
 - Privilégier plusieurs méthodes parallèles pour analyser les risques et dimensionner un pattern de régulation (ex. mode de régulation prédictif standardisé de type Renebat pour sécuriser l'approche quantitative et le mode prédictif basé sur l'approche comportementale fine pour affiner qualitativement la mesure) ;
 - Adapter le mode de régulation au type de données sources disponibles et tenir compte des limites et avantages de chacun au cas par cas ;
 - Tenir compte des repères et des retours d'expériences positifs pour aider à un choix pondéré des paramètres et des seuils du pattern à retenir ;
 - Anticiper la mise en œuvre d'une mesure préventive ou corrective de régulation sans attendre la fin de campagne de suivi en cas de surmortalités durant les suivis ;
 - Tester différents scénarios de régulation pour argumenter la pertinence du choix retenu ;
 - Produire un document conclusif sur la mesure de régulation à mettre en œuvre ou à réviser et proposer une synthèse standardisée des résultats en fin de rapport ;
 - Faciliter l'accès aux rapports d'études d'impacts et de suivis environnementaux pour réaliser des analyses de synthèse et valoriser les retours d'expérience.

Remerciements. – Nous remercions les nombreuses personnes ayant contribué aux différentes phases de ce programme de recherche interannuel.

- Logistique et missions de terrain : Pierre Petitjean (EXEN), Émilien Bonichon (EXEN), Julien Caylet (EXEN), Alexis Roy (TotalEnergies)

- Saisie et analyses des données : Yannick Beucher (EXEN) ; Florence Matutini (CEFE CNRS), Xavier Nardou (EXEN), Frédéric Albespy (EXEN), Aurélien Besnard (CEFE CNRS), Eloïse André (EXEN), Sandra Dervaux (EXEN), Aurélie Langlois (EXEN), Léa Fabre (EXEN)
- Rédaction, relecture : Yannick Beucher (EXEN), Florence Matutini (CEFE CNRS), Xavier Nardou (EXEN), Aurélien Besnard (CEFE CNRS), Pierre Illac (TotalEnergies), Paul Franc (ADEME)
- Contributions enquêtes et fournitures de rapports
 - Bureaux d'étude : Ouest'Am, Ecosphère, Audicée, Calidris, Exen, KJM conseil
 - Institutions : DREALs, DEALs, OFB
 - Porteurs de projets, exploitants : SER, FEE, TotalEnergies,
- Membres du comité scientifique : Yves Bas (MNHN), Aurélien Besnard (CEFE CNRS), Yannick Beucher (EXEN), Camille Charpiat (SER), Paul Franc (ADEME), Pierre Illac (TotalEnergies), Nathalie Lamande (DREAL Occitanie), Maxime Leutchmann (SFPEM), Geoffroy Marx (LPO), Chloé Perradin (FEE), Sarah Pierre (DREAL Bourgogne Franche Comté), Charlotte Roemer (MNHN), Fabienne Rousset (DREAL Occitanie).

Un grand merci également aux services des DREAL et autres administrations qui ont répondu favorablement à nos requêtes de consultation de documents publics, ainsi qu'à l'ADEME qui a soutenu le projet financièrement.

Enfin, merci encore aux organisateurs des Rencontres nationales chauves-souris pour rendre possible cette tribune en faveur des Chiroptères.

BIBLIOGRAPHIE

- BATES D., MAECHLER M., BOLKER B., et *al.*, 2021. - Package 'lme4'
- FRIEDENBERG, NICHOLAS A., et WINIFRED F. FRICK., 2021. - Assessing Fatality Minimization for Hoary Bats amid Continued Wind Energy Development. *Biological Conservation* 262 (octobre) : 109309. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109309>
- LIN X., ZHANG D., 1999. - Inference in generalized additive mixed models by using smoothing splines. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology* 61 : 381-400. <https://doi.org/10.1111/1467-9868.00183>

Impact des parcs éoliens sur la faune volante

Analyse à large échelle des suivis post-implantation et estimation de la mortalité de la faune volante

Yves LE BRAS, Nicolas CARENTON, Ludivine DOYEN

Biotope, 22 boulevard du Maréchal Foch, 34140 Mèze, France - correspondant : ncarenton@biotope.fr

Résumé. - Les parcs éoliens provoquent des impacts divers sur la biodiversité, en particulier sur la faune volante. Depuis 2015, la France évalue ces effets à travers un protocole national, sans toutefois analyser ces composantes à large échelle. Une méta-analyse de 158 suivis menés sur 104 parcs éoliens en France a permis d'estimer la mortalité des oiseaux et des Chiroptères dans l'optique de construire un référentiel national de mortalité de la faune volante. Les estimations tiennent compte d'une correction liée à la surface prospectée, à l'efficacité de recherche des observateurs et à la persistance des cadavres. Un modèle bayésien basé sur l'estimateur d'Huso a permis d'estimer la mortalité des oiseaux et des Chiroptères sur chaque éolienne des parcs suivis, contribuant ainsi à construire notre référentiel de mortalité estimée. Les résultats montrent que la mortalité estimée comporte une forte variabilité inter-sites et inter années. La mortalité médiane par éolienne et par suivi est estimée à cinq oiseaux [IC95 % 0-19] et trois chauves-souris [IC95 % 0-22] pour un rayon de prospection de 50 m entre les semaines 20 et 43. Les résultats soulignent la nécessité d'optimiser les méthodes de suivi et d'analyse ainsi que d'élargir temporellement et spatialement la collecte de données. Ils mettent également en évidence l'importance d'un suivi standardisé et de méthodes affinées dans l'estimation des coefficients correcteurs pour construire un référentiel de mortalité robuste. Les études à venir pourraient conduire à approfondir l'analyse des facteurs paysagers, des spécificités techniques des éoliennes et des éléments acoustiques.

Abstract. - Wind farms generate various impacts on biodiversity, particularly on flying fauna. Since 2015, France has assessed these effects through a national monitoring protocol, although large-scale analyses have remained limited. We conducted a meta-analysis of 158 post-construction monitoring studies from 104 wind farms across France to estimate bird and bat mortality and to develop a national reference for flying-fauna fatalities. Mortality estimates were corrected for research area, searcher efficiency and carcass persistence. A Bayesian model based on Huso's estimator was applied to estimate bird and bat mortality at the turbine level for all monitored sites, thereby contributing to the construction of the national mortality reference. Results highlight substantial intersite and interannual variability. Median estimated mortality per turbine and monitoring period was 5 birds (95 % CI: 0–19) and 3 bats (95 % CI: 0–22), for a 50-m search radius between weeks 20 and 43. These findings underline the need to optimize monitoring and analytical methods, and to expand data collection spatially and temporally. They also emphasize the importance of standardized monitoring and refined corrective factors to produce a robust mortality reference. Future research should further investigate landscape-scale drivers, turbine technical characteristics, and acoustic parameters.

Mots-clés. - Éolien terrestre, Avifaune, Chiroptères, Suivi de mortalité post-implantation, Estimateur d'Huso

INTRODUCTION

Dans un contexte de respect des objectifs fixés lors de la COP21 [CCNUCC 2015] de réduction des émissions et de sortie progressive des combustibles fossiles [CCNUCC 2023], l'énergie éolienne apparaît comme une solution majeure. En forte croissance depuis plus d'une décennie en Europe et en France, elle constitue aujourd'hui un mode de production mature, avec un vaste potentiel de développement [LU *et al.* 2009, VEERS *et al.* 2019]. Toutefois, malgré sa contribution à la décarbonation de la production électrique, l'éolien entraîne divers impacts sur la biodiversité [MAY *et al.* 2017] : modification des habitats naturels [ENEVOLDSEN 2016, KATI *et al.* 2021, MSIGWA *et al.* 2022], perturbation des déplacements et trajets de migration [GUO *et al.* 2020, SANTOS *et al.* 2022], effets barrière [SELKIMÄKI

et al. 2024], pollutions sonore et lumineuse [JONES *et al.* 2015] et mortalité directe sur certaines espèces d'oiseaux et de chauves-souris par collision et barotraumatisme [FRICK *et al.* 2017, LARANJEIRO *et al.* 2018, SALGUERO *et al.* 2023]. Ces mortalités additionnelles peuvent avoir un impact démographique non négligeable sur les espèces concernées [FRICK 2013].

En France, la prise en compte des enjeux de biodiversité s'inscrit dans la séquence ERC (Éviter - Réduire - Compenser), qui vise à éviter autant que possible les impacts, à les réduire lorsqu'ils sont inévitables, puis à compenser les impacts résiduels. Dans le cadre de l'éolien terrestre, la séquence ERC intervient de la phase de planification du projet jusqu'à celle d'exploitation du parc. Ainsi, depuis l'arrêté ICPE du 26 août 2011 [MEDDTL 2011], un suivi environnemental est mis en place sur les parcs éoliens

terrestres pour évaluer ces impacts en termes de mortalité. Un protocole national encadrant ces suivis a été publié [MTES 2015], puis révisé en 2018 [MTES 2018], avec pour objectif “de vérifier que les populations d’oiseaux et de chauves-souris présentes au niveau du parc éolien ne sont pas affectées de manière significative par le fonctionnement des aérogénérateurs”.

Ces suivis reposent sur la recherche de cadavres autour des éoliennes. Cependant, le nombre de cadavres observés sous-estime souvent la mortalité réelle [SMALLWOOD *et al.* 2018], en raison de facteurs tels que la superficie prospectée, la détection imparfaite par les observateurs ou la durée de persistance des cadavres sur le site [PHILIBERT *et al.* 1993, SMALLWOOD 2007, SMALLWOOD *et al.* 2018]. Pour corriger ces biais, le protocole prévoit de collecter aussi des données auxiliaires (efficacité de recherche, persistance des cadavres) qui, combinées à d’autres paramètres (correction surfacique, l’intervalle de temps entre les prospections...), alimentent des estimateurs statistiques (ou *formule d’estimation de la mortalité* [MTES 2015, 2018]). Le protocole MTES [2018] recommande de recourir à plusieurs estimateurs : celui d’HUSO [2010] qui sert de référence, ainsi que deux autres parmi une liste non exhaustive (e.g. [ERICKSON *et al.* 2000, JONES *et al.* 2009, KORNER-NIEVERGELT *et al.* 2011, BASTOS *et al.* 2013, LIMPENS *et al.* 2013, DALTHORP *et al.* 2018]).

Ces estimations doivent permettre de “conclure sur la *significativité* de l’impact résiduel du parc éolien sur la faune volante” [MTES 2015, 2018], mais la notion de significativité reste floue. Le protocole MTES [2018] recommande de “comparer lorsque c’est possible avec des notions de populations (effets cumulés) et dynamiques de populations en fonction des connaissances disponibles”. Cette approche à l’échelle populationnelle semble effectivement essentielle pour une évaluation rigoureuse des impacts car une simple estimation de la mortalité ne permet pas de caractériser les conséquences sur la viabilité des populations. Pour cela, une approche prenant en compte les tailles de population, les mortalités entrantes et les facteurs démographiques est nécessaire [MAY *et al.* 2020, CHAMBERT & BESNARD 2021]. Ce travail d’évaluation de l’impact démographique a pu être initié pour les oiseaux à travers l’application “EolPop” [CHAMBERT *et al.* 2023] développée au sein du projet MAPE.

Comme pour tout modèle, l’utilisation d’un modèle démographique requiert une attention particulière à la qualité des données entrantes (définition de la taille et de la structure de la population, tendance démographique de l’espèce, mortalité, etc.). Or, la définition de la taille initiale de la population, critère clé, reste souvent incertaine, notamment aux échelles départementale ou régionale, surtout dans le cas des Chiroptères. En l’absence de données suffisantes pour adopter une approche démographique, un référentiel national de mortalité peut constituer une alternative pour contextualiser quantitativement et objectivement les résultats. Il permettrait également d’évaluer la significativité des impacts et d’enrichir les connaissances sur les facteurs influençant la mortalité de la faune volante sur les parcs éoliens terrestres. C’est dans cette optique que les données collectées par le bureau d’études Biotope dans

le cadre des suivis de mortalité post-implantation pour le compte d’exploitants de parcs éoliens sont compilées et harmonisées depuis 2018.

Même si la notion de référentiel fait l’objet de plusieurs développements aux États-Unis [ERICKSON *et al.* 2014, TABER & BUTRYN 2018, CHOI *et al.* 2020], et bien qu’elle soit déjà utilisée dans d’autres domaines (référentiel d’activité de chauve-souris : HAQUART [2013], HAQUART [2016], AMIRAUULT *et al.* [2022]), la mise en place d’un référentiel des mortalités engendrées par les parcs éoliens demeure à ce jour embryonnaire dans la littérature scientifique française. Les références bibliographiques sur ce sujet restent particulièrement rares, malgré quelques parutions récentes [GOISLOT 2021, SAND *et al.* 2024]. Un premier travail a été initié par Tobias Durr, qui constitue depuis plusieurs années une base de données recensant les effectifs des cadavres retrouvés dans des parcs éoliens européens [DÜRR 2025] ; toutefois, ses travaux se fondent essentiellement sur la mortalité brute, sans application possible de facteurs correcteurs. Cette observation s’explique en partie par la singularité du contexte français, un des seuls pays à avoir instauré un protocole de suivi de la mortalité pour l’éolien terrestre, caractérisé par une homogénéité méthodologique et un degré de structuration permettant une analyse plus fine des données.

Dans un contexte d’implantation accélérée de nouveaux parcs éoliens et de *repowering* des parcs vieillissants, l’analyse à large échelle des données de suivis de mortalité apparaît comme une approche à la fois pertinente et indispensable pour soutenir une prise de décision plus éclairée quant à la significativité de la mortalité observée. En mobilisant des données détaillées, collectées sur un grand nombre d’éoliennes, de sites et d’années, cette approche dépasse les limites des suivis individuels car elle permet de mutualiser l’information pour mieux modéliser les biais et révéler des tendances générales. Elle offre en outre la possibilité d’explorer de nombreuses questions pour améliorer les connaissances concernant les impacts des parcs éoliens sur la faune volante et la mise en œuvre de suivis de mortalité robustes (espèces les plus impactées, effets des coefficients correcteurs sur la mortalité, définition du rayon de prospection, etc.).

Cette étude présente l’ensemble des étapes méthodologiques employées pour estimer la mortalité de la faune volante sur les parcs éoliens terrestres et pour élaborer le référentiel associé. Elle décrit la mise en œuvre de ce processus, allant de la collecte des données brutes aux calculs des différents coefficients correcteurs — persistance des cadavres, efficacité de recherche et surface prospectée — afin de produire une estimation corrigée et représentative de la mortalité réelle, et enfin d’établir un référentiel de mortalité.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Données brutes

Depuis 2018, le bureau d’études Biotope collecte et harmonise les données de ses suivis de mortalité. Toutes ces données sont conformes au protocole national standardisé MTES [2018] et saisies de façon homogène et géoréférencées via un logiciel tablette utilisable sur le terrain.

Ainsi durant la période de mai 2019 à octobre 2023 et entre les semaines 20 et 43, la base de données de suivis de mortalité de Biotopie totalise 158 suivis conformes au protocole national (fig. 1.a), concernant 104 parcs éoliens en France métropolitaine (584 éoliennes différentes; fig. 1.b) pour un effort de prospection de 22 815 recherche.éolienne (1 recherche.éolienne est une unité d'effort d'échantillonnage, il s'agit du produit entre le nombre d'éoliennes suivies et le nombre de prospections réalisées sur ces éoliennes).

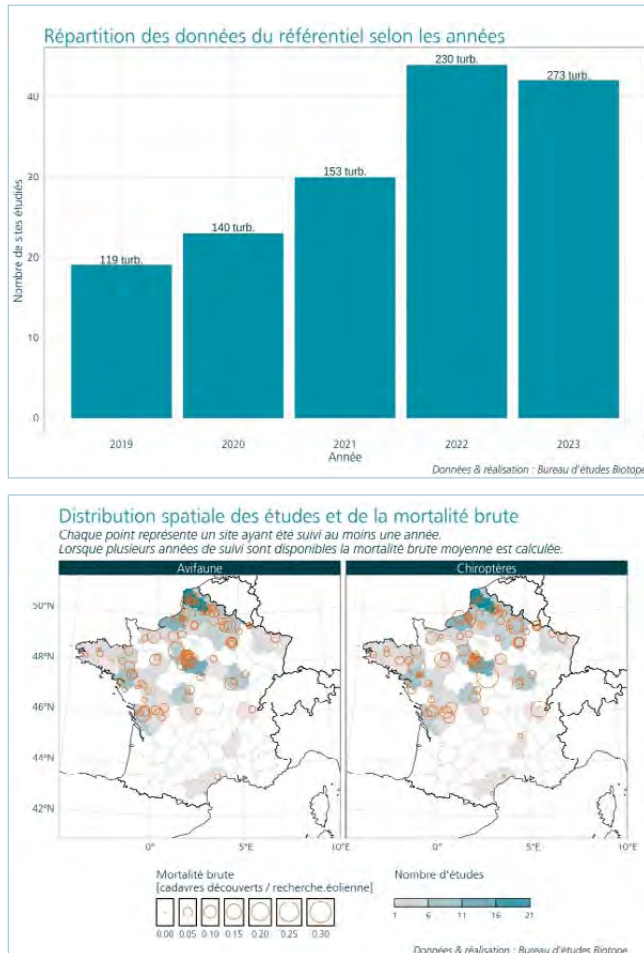


Figure 1. - Répartitions temporelle et spatiale des cadavres d'oiseaux et de Chiroptères. En haut. Répartition des données du référentiel selon les années. En bas. Répartition spatiale des cadavres

Mortalité brute

Les données de cadavres collectées lors des campagnes de suivi de mortalité par les équipes de terrain sont préalablement soumises à un processus de validation (identification taxonomique, saisie correcte des données), de normalisation et d'intégration dans une base de données centralisée. La structuration de cette base permet la réalisation d'analyses descriptives sur la mortalité brute, avant l'application des coefficients correcteurs.

Les regroupements par espèce et par groupe taxonomique ont permis d'identifier les taxons les plus impactés. La phénologie des mortalités a été analysée à l'aide d'un indicateur standardisé d'effort de prospection (i.e. la "recherche.éolienne") visant à compenser l'hétérogénéité de l'effort

d'échantillonnage entre les suivis. La mortalité brute est ainsi définie comme le nombre de cadavres détectés divisé par le produit entre le nombre d'éoliennes suivies et le nombre de passages réalisés lors du suivi de ces éoliennes.

Persistance des cadavres

L'une des principales difficultés provient du fait que les cadavres peuvent être consommés par des prédateurs ou des décomposeurs et donc devenir indisponibles pour la détection par un observateur [HUSO *et al.* 2017]. Pour corriger ce biais, il faut estimer la persistance des cadavres, c'est-à-dire la durée de séjour d'un cadavre suite à sa chute. Pour cela, des tests de persistance sont réalisés à plusieurs reprises dans l'année. Ces tests consistent à déposer des leurres organiques (rats blancs de petite taille) au pied des éoliennes et à contrôler régulièrement leur présence.

Le jeu de données sur la persistance des cadavres rassemble 328 tests réalisés entre 2016 et 2023 dans le cadre du protocole MTES [2018]. Il comprend plus de 23 000 leurres, répartis sur 104 sites entre 584 éoliennes.

L'objectif du modèle est d'estimer la durée de persistance des cadavres fraîchement arrivés au sein de la zone d'étude, en tenant compte de l'influence potentielle de différents facteurs. Pour ce faire, un ensemble de modèles candidats a été construit en combinant plusieurs covariables, incluant des effets lissés (*smooth*) pour le jour de l'année (J) et l'année de suivi depuis la mise en service du parc (Y_1), ainsi que des effets aléatoires pour les facteurs site (L_1), identifiant de l'éolienne (L_2), année (Y_2) et identifiant du test (Z). La liste détaillée des covariables considérées est présentée en Annexe 3. Une distribution exponentielle a été utilisée pour modéliser le temps de disparition d'un cadavre en fonction des covariables retenues lors de la sélection du modèle. L'ajustement des modèles a été effectué à l'aide du package {brms} [BÜRKNER 2017].

Un total de 48 modèles concurrents a ainsi été évalué dans une procédure de sélection de modèle par validation croisée leave-one-out [VEHTARI *et al.* 2017]. L'équation du modèle sélectionné est l'équation (1).

$$T_i \sim \text{Exp}(\lambda_i) \\ \ln(\lambda_i) = \alpha + f_1(J_i) + f_2(Y_{1,i}) + \beta_{L_{1,i},L_{2,i},Y_{2,i},Z_i} \quad (1)$$

Avec T_i la durée de persistance du cadavre i (non censurée mais non observée) est supposée suivre une loi exponentielle; λ_i le taux de disparition (ou risque instantané) pour le cadavre i ; α l'ordonnée à l'origine du modèle; $f_1(J_i)$ et $f_2(Y_i)$ les fonctions de lissage des variables "jour de l'année" et "année de suivi"; $\beta_{L_{1,i},L_{2,i},Y_{2,i},Z_i}$ les effets aléatoires correspondant aux effets des facteurs "site", "turbine", "année" et "test". On ne connaît pas le moment exact où un cadavre disparaît (variable T), seulement l'intervalle entre deux passages pendant lequel cet événement intervient. La donnée observée est donc la durée de persistance censurée par intervalle (ou censurée à droite pour les leurres encore présents lors du dernier passage). La nature censurée de la variable doit être prise en compte pour ne pas biaiser les estimations et leur variance, mais tous les types de censures peuvent être pris en charge par {brms} [BÜRKNER 2025].

Ce modèle est ensuite utilisé pour prédire la persistance des cadavres sur les données incluant toutes les variables explicatives pour le modèle final d'estimation de la mortalité.

Efficacité de recherche

Les cadavres non détectés par les observateurs peuvent également avoir un impact significatif sur l'estimation de mortalité [BERNARDINO *et al.* 2013, HUSO & DALTHORP 2014]. Pour corriger ce biais, il faut estimer l'efficacité de recherche des observateurs, c'est-à-dire la probabilité de détecter un cadavre présent lors d'une prospection. Pour cela, des tests d'efficacité de recherche sont réalisés plusieurs fois par an. Ils consistent à déposer des leurres non organiques (chambres à air en plastique) au pied des éoliennes à des positions inconnues des observateurs.

Le jeu de données sur l'efficacité de recherche rassemble 295 tests menés entre 2019 et 2023 dans le cadre du protocole MTES [2018]. Il comprend près de 23 000 leurres, répartis sur 100 types d'occupation du sol différents (tab. 1).

Type d'occupation du sol	Nombre de leurres
Sentiers, routes et plateformes	7 706
Prairies et végétation herbacée	7 086
Début et fin de culture	5 136
Céréales et cultures hautes (maïs, colza, lin, etc.)	1 784
Cultures diverses (Légumes racines, légumineuses, etc.)	946
Végétation ligneuse / arbustive	252
Zone non prospectable	47

Tableau 1. - Nombre de leurres déposés par grande catégorie d'occupation du sol entre 2019 et 2023

L'efficacité de recherche de l'observateur a été modélisée avec un modèle linéaire généralisé à effets mixtes (GLMM) de type binomial (lien logit) avec le package `[lme4]` [BATES *et al.* 2015]. Les modèles intègrent diverses combinaisons de covariables, considérées selon les cas comme des effets fixes ou aléatoires (détails en Annexe 3).

Les modèles concurrents sont classés selon leur AIC [AKAIKE 1998], dans le but de sélectionner le modèle avec le meilleur compromis entre qualité d'ajustement et complexité. Le modèle retenu (AIC le plus faible) permet de quantifier l'efficacité de recherche en fonction de plusieurs variables explicatives : hauteur moyenne de végétation ainsi que l'occupation du sol.

Le modèle est ensuite utilisé pour prédire l'efficacité de recherche sur les données incluant toutes les variables explicatives pour le modèle final d'estimation de la mortalité.

Surface prospectée

L'intégralité de la zone d'étude n'est pas toujours accessible ou praticable pour la recherche des cadavres. Il faut donc corriger l'estimation de mortalité pour les surfaces qui n'ont pas pu être prospectées. La proportion de la surface de la zone d'étude ayant été prospectée est souvent utilisée à cette fin. Néanmoins, cette méthode fait implicitement l'hypothèse que la densité de cadavres est homogène dans toute la zone d'étude. Une approche moins simpliste consiste à modéliser la distribution spatiale des cadavres tombants dans la zone d'étude en fonction de la distance au mât des éoliennes. C'est

la méthode proposée par [ARNETT *et al.* 2005] et enrichie par [WEAVER *et al.* 2020, DALTHORP *et al.* 2023, HUSO *et al.* 2023] pour prendre en compte les incertitudes et permettre d'inclure aussi les cadavres potentiellement situés hors de la zone d'étude. L'approche que nous avons adoptée s'inspire de celle employée par DALTHORP *et al.* [2023] mais se limite à prendre en compte les zones non échantillonnées à l'intérieur de la zone d'étude. En effet, les données dont nous disposons ne permettent pas d'extrapoler aux secteurs situés au-delà du rayon de la zone d'étude. Par ailleurs, cette extrapolation est rarement effectuée par les praticiens, elle n'est donc pas forcément désirable dans le cadre d'un référentiel visant en premier lieu la comparabilité.

La modélisation exploite les données d'occupation du sol collectées lors des prospections, les informations relatives à la distribution spatiale des cadavres et les résultats des modélisations de l'efficacité de recherche. Les données des polygones d'occupation du sol sont redécoupées en entités plus petites selon des anneaux concentriques d'une largeur de deux mètres, centrés sur le mât de l'éolienne. Afin de prendre en compte l'hétérogénéité des conditions de détection selon les polygones, une valeur de détectabilité est associée à chaque entité. A cette fin, les prédictions du modèle d'efficacité de recherche sont utilisées (Section 2.4). Ces prédictions intègrent les effets du site, de la turbine, de la nature de l'occupation du sol et de la hauteur de végétation. Le nombre de cadavres observés dans chaque entité est modélisé à partir d'un modèle Poisson-Binominal. Ce modèle a été implémenté sous JAGS [PLUMMER 2003] via R [R CORE TEAM 2024] avec le package `{runjags}` [DENWOOD 2024]. Pour chaque groupe taxonomique, avifaune ou Chiroptères, le modèle suivant (Équation 2) est ajusté :

$$\begin{aligned} C_i &\sim \text{Binomiale}(N_i, p_i) \\ N_i &\sim \text{Poisson}(\lambda_i) \\ \ln(\lambda_i) &= \ln(S_i) + \alpha + \beta r_i \end{aligned} \quad (2)$$

Avec i l'indice de l'entité ; C_i le nombre de cadavres observés dans l'entité ; N_i le nombre de cadavres tombés dans l'entité (variable latente non observée) ; $\ln(S_i)$ le logarithme de l'aire en km^2 de l'entité (offset du modèle) ; p_i l'efficacité de recherche prédite pour cette entité ; α le coefficient d'ordonnée à l'origine du modèle ; βr_i le coefficient représentant l'effet de la distance radiale r .

La densité de cadavres d_r (cadavre/ km^2) pour chaque rayon r , est obtenue avec $d_r = \exp(\alpha + \beta r)$. Ces résultats sont ensuite utilisés dans le modèle final pour estimer la mortalité des cadavres selon l'estimateur d'Huso [2010].

Estimation de la mortalité

Les modèles décrits précédemment sont mobilisés pour obtenir des estimations de la persistance des cadavres, de l'efficacité de recherche et de la fraction de la zone d'étude prospectée pour estimer la mortalité avec l'estimateur d'Huso [2010] (fig. 2). Dans le cadre de cette étude, l'estimateur d'Huso présente de multiples avantages par rapport aux autres estimateurs, notamment GenEst [DALTHORP *et al.* 2018]. Premièrement, nous disposons d'une bonne familiarité avec cet indicateur, ce qui nous

permet de mieux en saisir les limites et nous permet d'implémenter cette approche de modélisation unifiée des différents suivis à large échelle. Deuxièmement, cet indicateur est le seul à être prescrit obligatoirement depuis 2018 dans le protocole national et offre donc une meilleure comparabilité. Enfin, tel qu'implémenté ici, cet estimateur repose sur des procédures d'estimation de la persistance et de l'efficacité de recherche très proches de celles de GenEst. Or, le choix des méthodes d'estimation des facteurs de correction apparaît plus déterminant que celui de l'estimateur lui-même.

Le modèle est réalisé avec un modèle bayésien ajusté avec JAGS [PLUMMER 2003], et permettant de propager les incertitudes associées à ces paramètres jusque dans les estimations finales (fig. 2).

La mortalité N_i est modélisée suivant une loi de Poisson de paramètre λ_i (Équation 3) :

$$\begin{aligned} N_i &\sim \text{Poisson}(\lambda_i) \\ \ln(\lambda_i) &= \ln(E_i) + \alpha + \beta_{L_1,i,L_2,i,Y_{2,i}} + \gamma w_i \quad (3) \\ E_i &= S_i \Delta T_i d_{r_i} \end{aligned}$$

- i désigne une entité particulière. Il s'agit d'un polygone prospecté une semaine donnée (w_i), disposant d'une certaine surface (S_i) et situé une certaine distance du pied de l'éolienne (r_i). Chaque entité est également caractérisée par une durée écoulée depuis la précédente prospection (ΔT_i) et des paramètres de persistance des cadavres et d'efficacité de recherche (issus des modèles dédiés).
- $\ln(E_i)$ est l'offset du modèle, où E_i est l'exposition. Celle-ci résulte du produit de la surface de l'entité considérée (S_i), de la durée écoulée depuis la précédente prospection (ΔT_i) et de la densité moyenne des cadavres (d_{r_i}) à la distance r_i de l'éolienne.

- α est l'ordonnée à l'origine du modèle, les coefficients $\beta_{L_1,i,L_2,i,Y_{2,i}}$ représentent l'effet des caractéristiques du suivi considéré (identifiant du site (L_1), de la turbine (L_2) et de l'année (Y_2)) et les coefficients γ représentent la phénologie c'est-à-dire les effets des différentes semaines w_i . On considère donc que le taux de mortalité peut varier au cours de l'année, mais il est supposé constant entre deux prospections données.

Le processus d'observation d'un effectif de cadavres C_i est modélisé selon une distribution binomiale de paramètre N_i et g_i (Équation 4). g_i est la probabilité de détection, calculée selon la méthode d'Huso [2010] à partir des coefficients de correction pour l'efficacité de recherche (f_i), pour la probabilité de persistance (s_i) et l'intervalle de recherche effectif (v_i). L'efficacité de recherche (f_i) est tirée depuis une loi Beta dont les paramètres sont établis par la méthode des moments à partir de la prédiction de notre modèle d'efficacité de recherche. La durée moyenne de persistance (u_i) est tirée en utilisant une loi normale ayant pour paramètres la moyenne (μ_i) et l'erreur type (σ_i) de la prédiction de notre modèle de persistance dans l'échelle de la fonction de lien.

$$\begin{aligned} C_i &\sim \text{Binomiale}(N_i, g_i) \\ g_i &= f_i \cdot s_i \cdot v_i \\ f_i &\sim \text{Beta}(\theta_{1,i}, \theta_{2,i}) \\ \ln(u_i) &\sim \text{Normal}(\mu_i, \sigma_i) \quad (4) \\ I_{e,i} &= \min(\Delta T_i, -\ln(0.01) \cdot u_i) \\ v_i &= \min(1, I_{e,i}/\Delta T_i) \\ s_i &= u_i \cdot (1 - \exp(-I_{e,i}/u_i))/\Delta T_i \end{aligned}$$

Une fois le modèle ajusté pour chaque groupe taxonomique, les coefficients du modèle peuvent être mobilisés pour obtenir une estimation de la mortalité totale sur une éolienne pour un suivi donné, avec un rayon de zone d'étude donné

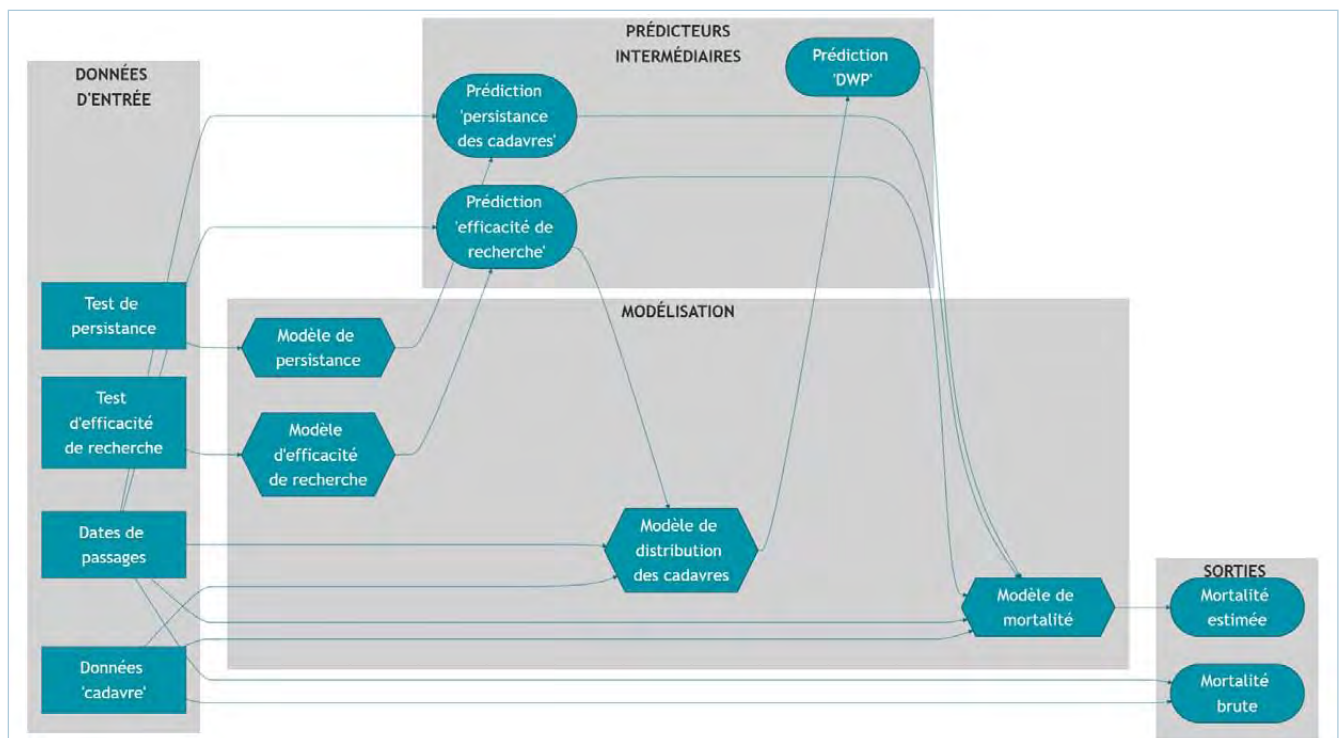


Figure 2. - Diagramme de la conception du référentiel mortalité brute et corrigée

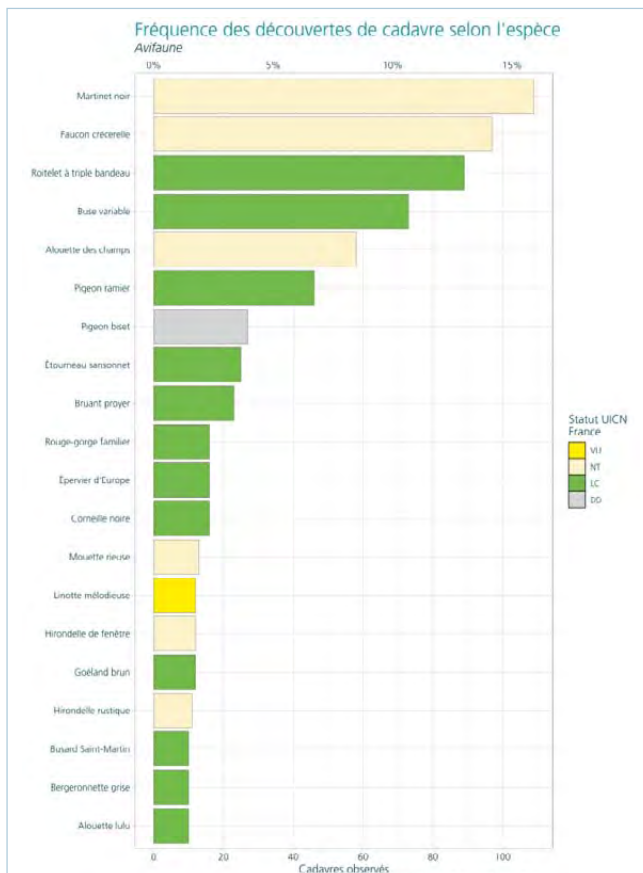
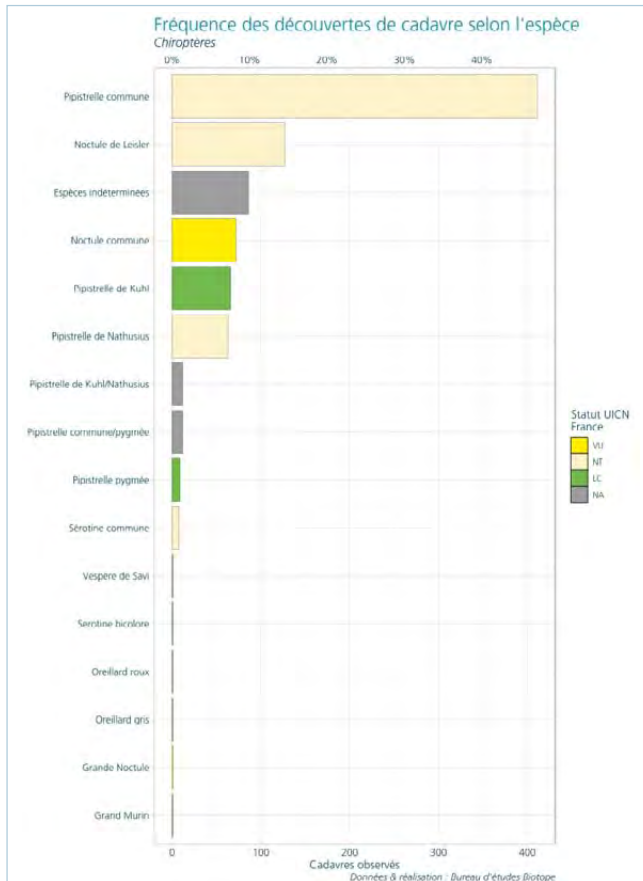


Figure 3. - Mortalité brute dans la base de données Biotope (pour l'avifaune les 20 premières espèces sont représentées ; plus de détails en Annexe 1) En haut, Chiroptères ; En bas, Avifaune

et pour une semaine donnée : $M_{pred} = \exp(\ln(E_{pred}) + \alpha + \beta_{L_1, L_2, Y_2} + \gamma_w)$. Il s'agit de calculer l'exposition E_{pred} de façon à correspondre à un temps d'accumulation des cadavres d'une semaine, ainsi qu'au rayon de la zone d'étude désiré. Des estimations à plus grande échelle, par exemple pour la période allant de la semaine 20 à la semaine 43, ou pour tout un parc, peuvent être obtenues en sommant de telles estimations [DALTHORP *et al.* 2018].

Une description des *priors* utilisés dans le cadre de cette modélisation et les détails de l'implémentation JAGS sont présentes en Annexe 4.

Résultats

Mortalité brute

À partir des 158 suivis conformes au protocole national, 104 parcs éoliens (584 éoliennes différentes) et avec un effort de prospection de 22 815 recherche.éolienne, notre base de données brutes comptabilise 867 cadavres d'oiseaux et 838 cadavres de chiroptères sur la période réglementaire (entre les semaines 20 et 43) entre 2019 et 2023.

Le genre *Pipistrellus* est le groupe d'espèces le plus observé sous les éoliennes entre 2019 et 2023 avec un total de 559 cadavres (66,7 %). Le groupe des Noctules (Noctule de Leisler *Nyctalus leisleri*, Noctule commune *Nyctalus noctula* et Grande Noctule *Nyctalus lasiopterus*) représente près de 23 % du jeu de données, avec 191 cadavres découverts.

Plus spécifiquement, parmi les espèces de chiroptères les plus observées lors des prospections, la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) est la plus abondante (fig. 3.a). Sur les 838 cadavres de chiroptères retrouvés sous les éoliennes, 403 ont été identifiés comme appartenant à cette espèce, soit 48 % du jeu de données. La seule espèce classée "Vulnérable" selon son statut IUCN, la Noctule commune est la quatrième espèce de chauve-souris la plus retrouvée lors des suivis, avec 67 cadavres dénombrés entre 2019 et 2023, représentant 8 % de la mortalité brute (fig. 3.a). Les effectifs détaillés par espèce sont consultables en Annexe 1.

La majorité des cadavres de chiroptères se concentre autour de la période d'accouplement (S33 - S37) (fig. 4). En effet, 38 % des cadavres de Pipistrelles ($n = 210$) et 70 % des cadavres de Noctules ($n = 135$) sont retrouvés sur cette période de l'année. Un pic de mortalité est observé sur les semaines 33 et 34, et ceci pour les deux groupes d'espèces (fig. 4).

Concernant l'avifaune, le Martinet noir (*Apus apus*) est l'espèce la plus observée lors des suivis de mortalité, et représente 13 % des cadavres d'oiseaux de notre base de données (109 cadavres ; fig. 3.b). La seconde espèce la plus fréquemment retrouvée sous les éoliennes est le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), avec 97 cadavres, soit 11 % des mortalités brutes de l'avifaune. Les effectifs détaillés par espèce sont consultables en Annexe 1.

Persistance des cadavres

Le modèle de persistance retenu prend en compte les variations liées au moment de l'année et à l'année de suivi

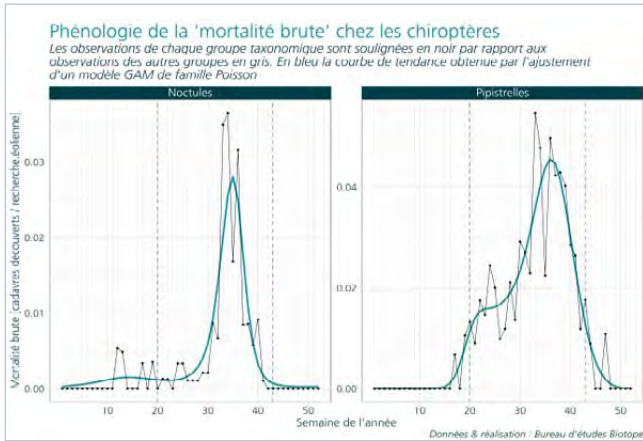


Figure 4. - Phénologie de la mortalité brute des noctules et des pipistrelles

(relations non linéaires du jour de l'année et de l'année de suivi via l'utilisation de *smooths*), les différences entre les sites et entre les tests (*intercepts* aléatoires), ainsi que les effets d'interactions du site, de la turbine et de l'année.

La persistance moyenne des cadavres est estimée à 2,3 jours [IC95 % : 0,57 ; 6,5] (fig. 5). Une tendance associée à l'année de suivi a été observée. En effet, la durée moyenne de persistance tend à diminuer au fil du temps après la mise en service du parc (fig. 10.b). Un effet significatif du jour de l'année (effet saisonnier) a été mis en évidence sur la durée de persistance des carcasses, mais la taille d'effet est bien plus faible (Annexe 2).

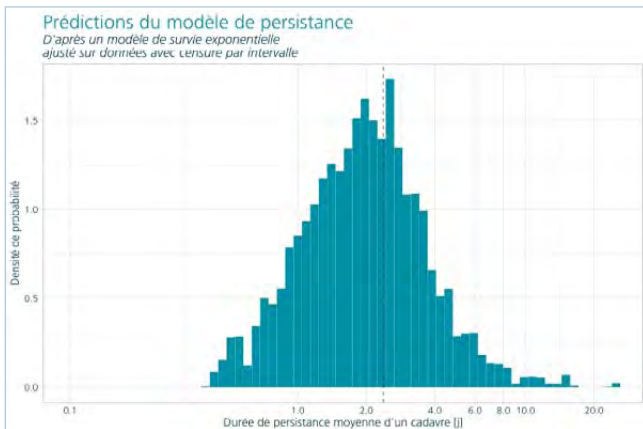


Figure 5. - Prédiction du modèle de persistance des cadavres

Efficacité de recherche

Le modèle d'efficacité de recherche retenu tient compte du type d'occupation du sol et de la hauteur moyenne de la végétation, ainsi que des différences liées au site et à l'éolienne (*intercepts* aléatoires, effet éolienne niché dans l'effet site). Comme pour le modèle de persistance, un *intercept* aléatoire permet de tenir compte des variations spécifiques à chaque test.

L'efficacité de recherche de l'observateur varie fortement en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol, avec une hétérogénéité marquée selon les sites, les turbines et les tests. La hauteur de végétation exerce un effet déterminant, réduisant la probabilité de détection même sur des surfaces considérées comme dégagées (sentiers, routes, plateformes des éoliennes) (fig. 6).

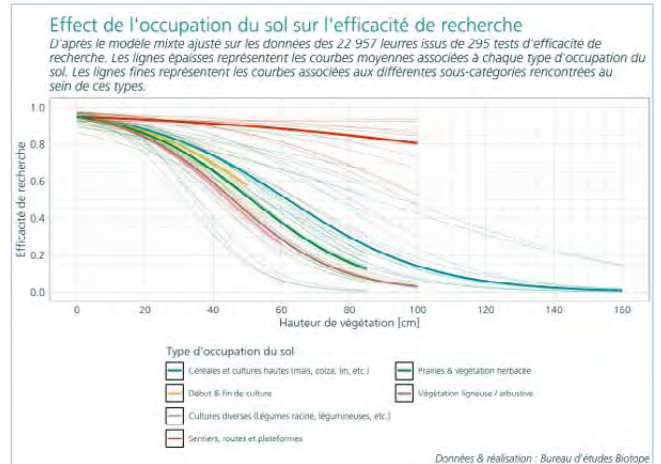


Figure 6. - Effet de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol sur la détection de l'observateur

Les zones à végétation ligneuse ou arbustive présentent une efficacité de détection particulièrement faible et sont généralement exclues des prospections. Pour les autres types de surface, les conditions de détection restent globalement comparables, bien qu'une variabilité notable subsiste en fonction des conditions locales.

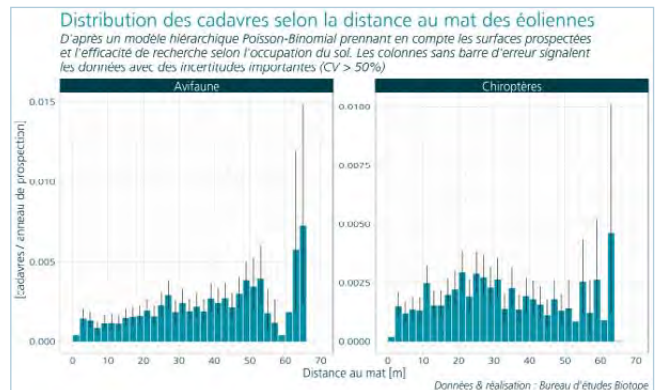
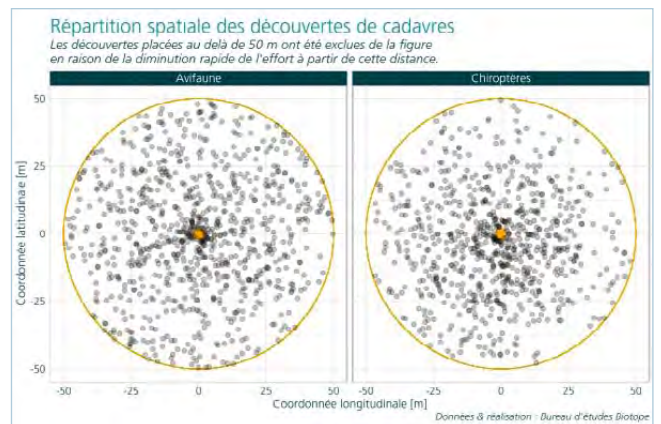


Figure 7. - Distribution des cadavres dans l'espace selon la distance au mât de l'éolienne. En haut : positions GPS de cadavres observés autour des éoliennes, tous les suivis confondus. En bas : distribution des cadavres en fonction de la distance au mât, compte tenu des surfaces échantillonnées et de l'efficacité de détection sur les différentes occupations du sol et hauteurs de végétation rencontrées

Répartition des cadavres

Pour l'avifaune, la densité des cadavres augmente progressivement avec la distance au mât, avant de décroître peu avant 50 m. Cependant la surface des anneaux concentriques qui continue à augmenter avec la distance suffit à compenser cette baisse, entraînant en réalité une hausse régulière du nombre de cadavres attendu entre 0 et 50 m du mât (fig. 7.b). En conséquence, un nombre non négligeable de cadavres d'oiseaux est encore détecté à 50 m du mât (fig. 7.a et fig. 7.b) et potentiellement aussi à des distances supérieures, bien que la diminution drastique de la quantité de données disponibles au-delà de 50 m ne nous permette pas d'extrapoler au-delà de cette distance.

Chez les chiroptères, la quantité de cadavres augmente puis diminue assez rapidement. Cette diminution est plus rapide que l'augmentation de la surface des anneaux concentriques, en conséquence la quantité attendue de cadavres par anneau passe par un maximum situé vers 30 m (fig. 7.b). Cette distribution traduit un schéma spatial différent de celui observé pour l'avifaune, suggérant des dynamiques distinctes de chute des cadavres et d'interaction avec les éoliennes selon le groupe taxonomique. La distribution spatiale des cadavres de chiroptères est plus concentrée à proximité immédiate du mât de l'éolienne, avec une diminution progressive de la quantité de cadavres avec la distance, contrairement à celle observée pour l'avifaune, dont la répartition est plus étendue (fig. 7.a).

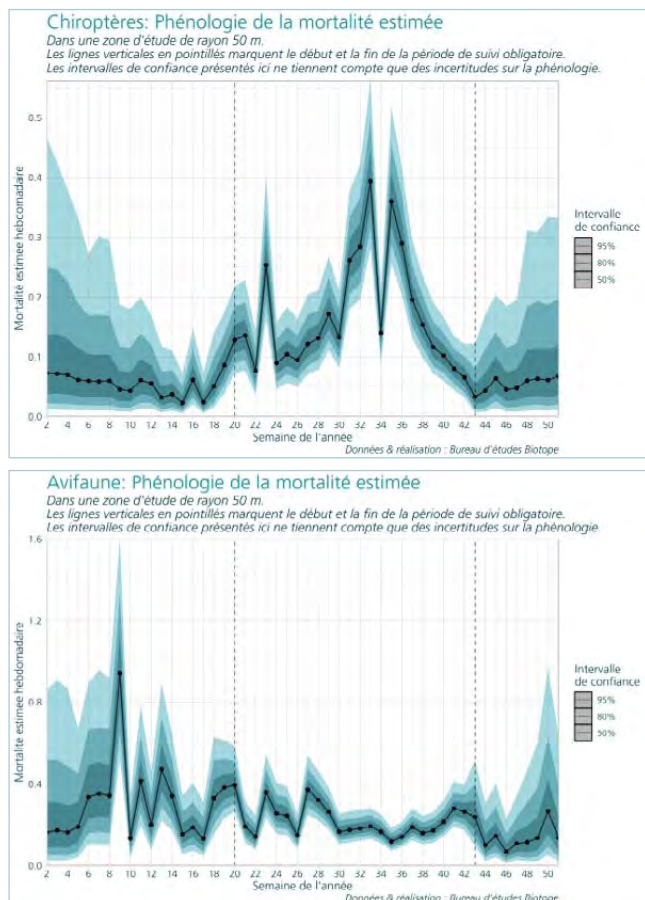


Figure 8. - Phénologie de la mortalité estimée hebdomadaire pour une zone d'étude de rayon 50 m. En haut (a) Chiroptères; en bas (b) Avifaune

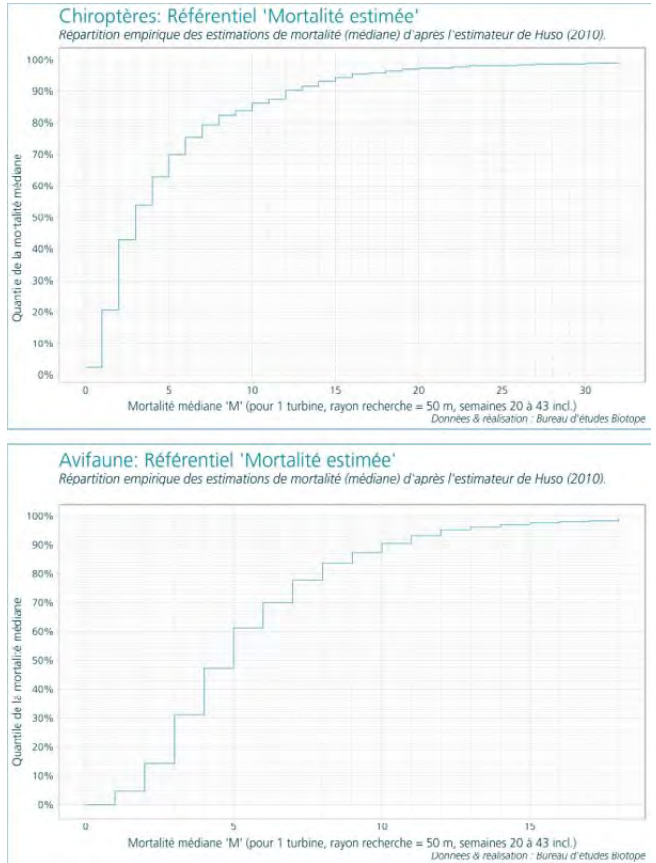


Figure 9. - Répartition empirique de la mortalité estimée médiane pour une zone d'étude de rayon 50 m. En haut (a) Chiroptères; en bas (b) Avifaune

Mortalité estimée

La mortalité estimée médiane, après application des coefficients correcteurs est de cinq cadavres d'oiseaux (IC95 % : [0 ; 19]) et de trois cadavres de chiroptères (IC95 % : [0 ; 22]) par éolienne et par suivi pour une zone d'étude de rayon de prospection de 50 m (tab. 2). Dans le cas où le rayon de la zone de recherche est élargi à 70 m, la mortalité estimée est de sept [0 ; 28] cadavres d'oiseaux et cinq [0 ; 29] cadavres de chauves-souris par éolienne par suivi. Un suivi correspond à l'ensemble des passages de recherche de cadavres réalisé sur une période donnée, conformément au protocole national [MTES 2018]. Il constitue la composante temporelle de notre estimation de mortalité.

En termes de phénologie, la mortalité estimée pour les chiroptères est maximale entre les semaines 33 et 35, avec toutefois une baisse ponctuelle durant la semaine 34. Cette temporalité correspond à la période de dispersion des colonies, de transit et début de la migration (fig. 8.a). La mortalité hebdomadaire estimée sur la semaine 33 est de 0,39 [0,28 ; 0,56] cadavre. Sur la période de suivi réglementaire

Groupe (rayon)	Estimation médiane [HDCI]	Estimation moyenne (se)
Avifaune (50m)	5 [0-19]	5,59 (SE ± 0,12)
Avifaune (70m)	7 [0-28]	8,63 (SE ± 0,19)
Chiroptères (50m)	3 [0-22]	5,25 (SE ± 0,21)
Chiroptères (70m)	5 [0-29]	6,95 (SE ± 0,28)

Tableau 2. - Mortalité estimée des Oiseaux et des Chiroptères par éolienne par suivi (selon deux rayons de recherche; entre les semaines 20 et 43)

entre les semaines 20 et 43, la mortalité hebdomadaire est de 0,136 [0,035 ; 0,42] cadavre de chauves-souris.

Concernant l'avifaune, un pic de mortalité est observé sur la semaine 9, où l'on estime une mortalité de 0,94 [0,53 ; 1,6] cadavre par semaine. Cette temporalité correspond au début de la migration pré-nuptiale chez la plupart des espèces d'oiseaux. Les incertitudes liées à cette estimation sont importantes étant donné le faible nombre d'études sur cette période de l'année. Sur la période de prospection réglementaire (entre les semaines 20 et 43), la mortalité hebdomadaire médiane est estimée à 0,2 cadavre [0,1 ; 0,46] par semaine, avec des pics de mortalité observés sur la période de reproduction (fig. 8.b).

En se basant sur l'ensemble des estimations par éolienne et par suivi, et par l'application d'une fonction de distribution empirique (ECDF), nous estimons que 90 % des éoliennes comportent moins de 12 cadavres de chiroptères et moins de 10 cadavres d'oiseaux pour un suivi réglementaire classique (rayon de prospection de 50 m et période de prospection entre les semaines 20 et 43 ; fig. 9). À noter que pour les quantiles élevés, tels que le percentile 90 %, la mortalité estimée chez les Chiroptères est supérieure à celle de l'avifaune, contrairement à ce qui est observé pour les valeurs centrales (médiane et moyenne) dans le tableau 2. Cela s'explique par la distribution statistique de la mortalité dont la queue de distribution est plus lourde chez les chiroptères.

DISCUSSION

Facteurs correcteurs

Deux constats intéressants ont émergé de l'analyse sur la persistance des cadavres. Premièrement, la durée moyenne de persistance semble diminuer au fil des années de suivi (voir fig. 10 (b)). Ce premier constat, peu documenté dans la bibliographie scientifique, pourrait indiquer un effet d'attraction des prédateurs à la suite de dépôts successifs d'une source d'alimentation facilement accessible (souris, rats, etc.). Ainsi, il apparaît particulièrement important d'être en mesure de réaliser une estimation de mortalité correcte dès les premiers suivis afin d'éviter que cette variation, encore difficilement explicable, ne biaise les estimations durablement. Cette approche a également été proposée par WILSON *et al.* [2022].

Second constat, contrairement à nos attentes, aucun effet saisonnier notable n'a été détecté sur le temps de disparition des cadavres. Ce résultat semble être en accord avec certaines études [SMALLWOOD *et al.* 2010, BARRIENTOS *et al.* 2018], bien que d'autres rapportent observer cette relation [PROSSER *et al.* 2008, FLINT *et al.* 2010, DEVAULT *et al.* 2017]. Les résultats obtenus suggèrent que la saisonnalité ne constitue pas nécessairement un facteur influençant de façon importante le temps de disparition des cadavres et qu'il conviendrait de prendre en compte systématiquement dans les analyses des suivis de mortalité.

Notre travail sur la modélisation de l'efficacité de la recherche a montré que le type d'occupation du sol et la hauteur de la végétation influencent fortement la capacité de l'observateur à détecter un cadavre (voir fig. 6). Or, cette

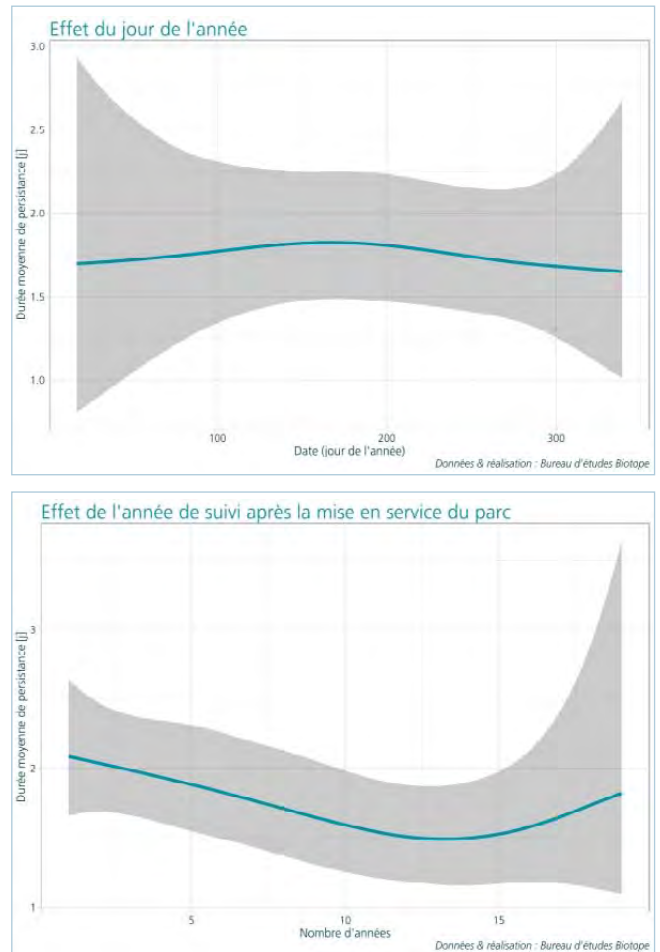


Figure 10 - Résultats additionnels sur la persistance des cadavres. En haut (a) : effet du jour de l'année (variable J) sur le temps de disparition d'un cadavre ; en bas (b) Effet de l'année de suivi après la mise en service du parc (variable Y_1) sur la durée moyenne de persistance d'un cadavre

variabilité, rarement intégrée dans les modèles, constitue pourtant un facteur déterminant de la détectabilité par l'observateur [POWER *et al.* 2003, KERNS *et al.* 2005, ARNETT *et al.* 2008, STEVENS *et al.* 2011, DOMÍNGUEZ DEL VALLE *et al.* 2020] et devrait être prise en compte de manière systématique dans l'évaluation de l'efficacité de recherche de l'observateur.

Estimation de la mortalité

Mortalité brute

Le genre *Pipistrellus*, et notamment la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) est le groupe d'espèces le plus fréquemment observé sous les éoliennes en France métropolitaine. Cette observation confirme les éléments de la littérature sur le sujet, la Pipistrelle commune étant une des espèces les plus fréquemment observées sous les éoliennes en Europe [RYDELL *et al.* 2010 ; ARNETT *et al.* 2015 ; GOISLOT 2021 ; SALGUERO *et al.* 2023 ; MORANT *et al.* 2025 ; SEYFİ *et al.* 2025]. Bien que leur vulnérabilité aux collisions soit considérée comme faible (ROEMER *et al.* [2017]), ces espèces comptent parmi les plus fréquemment observées lors des suivis de mortalité (RODRIGUES *et al.* [2015] ; MATHEWS *et al.* [2020]). Cette présence s'explique

principalement par leur abondance et par l'étendue de leur répartition en France. La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) constitue un cas particulièrement préoccupant. Classée comme espèce "vulnérable" [UICN *et al.* 2017] en France, elle représente près de 10 % des données de cadavres et figure déjà parmi les espèces identifiées comme sensibles aux impacts du développement éolien [GOISLOT 2021 ; DÜRR 2024].

Concernant l'avifaune, le Martinet noir (*Apus apus*) est l'espèce la plus fréquemment retrouvée sous les éoliennes. Ce migrateur a été identifié à plusieurs reprises comme étant sensible au risque de collision éolienne, bien que bénéficiant d'un statut de conservation favorable en France [XANTHAKIS *et al.* 2022, MILLON *et al.* 2025]. Le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) est la seconde espèce la plus observée lors des suivis de la mortalité. Ce petit rapace diurne, classé "quasi-menacé" sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de France métropolitaine, présente une forte vulnérabilité à l'éolien terrestre [BATTISTI *et al.* 2020, BALOTARI-CHIEBAO *et al.* 2021, MILLON *et al.* 2025]. La population française du Faucon crécerelle est estimée entre 68 000 et 84 000 couples nicheurs [ISSA & MULLER 2015], il s'agit d'effectifs nettement inférieurs à ceux du Martinet noir (*Apus apus*). Ainsi, la mortalité brute quasiment similaire entre les deux espèces soulève des questions quant à la viabilité démographique du Faucon crécerelle à long terme. La stratégie de chasse caractéristique de l'espèce, reposant sur un vol stationnaire, a été identifiée comme un facteur de risque accru de collision avec les éoliennes, en raison d'une exposition prolongée dans la zone de balayage des pales [BARRIOS & RODRIGUEZ 2004].

Ces résultats sont également cohérents avec ceux rapportés par la méta-analyse de Tobias Dürr concernant la mortalité brute observée sur les parcs éoliens européens [DÜRR 2025]. Dans cette étude, le Martinet noir (*Apus apus*) et la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) figurent parmi les espèces les plus fréquemment retrouvées au niveau des parcs éoliens en Europe et en France [DÜRR 2025]. Une proportion importante de cadavres appartenant au groupe des pipistrelles est également rapportée dans GOISLOT [2021]. Ces espèces figurent également parmi celles les plus fréquemment observées sur les parcs éoliens terrestres en France, selon les conclusions du rapport de la LPO publié en 2017 [MARX 2017].

Mortalité estimée

Avec une estimation moyenne de 5,59 ($SE \pm 0,12$) oiseaux et 5,25 ($SE \pm 0,21$) chiroptères/éolienne/suivi sur la période réglementaire de suivi (S20 - 43), nos résultats sont dans le même ordre de grandeur que ceux mentionnés dans la littérature. En effet, SAND *et al.* [2024] estiment une mortalité moyenne de 6,70 ($SE \pm 1,56$) chiroptères et 10,8 ($SE \pm 1,59$) oiseaux par suivi et par éolienne selon les différents estimateurs proposés dans le protocole. Les estimations de SAND *et al.* [2024] sont issues d'un échantillonnage aléatoire de 100 études menées sur le territoire français, dont la validité des données a été vérifiée. Néanmoins, les méthodes d'analyse et de prise en compte des coefficients correcteurs sont potentiellement inégales entre les études

et les bureaux d'études sollicités, principalement du fait de l'absence de recommandations précises sur l'estimation de ces paramètres dans le protocole national [MTES 2018], pouvant entraîner un bruit important voire des biais dans les estimations.

La même publication [SAND *et al.* 2024], utilisant l'estimateur de mortalité GenEst [DALTHORP *et al.* 2018], rapporte une mortalité moyenne comparable à la nôtre, avec 3,53 ($SE \pm 0,42$) chiroptères et 6,00 ($SE \pm 0,63$) oiseaux par suivi et par éolienne. Cette similarité s'explique principalement par la méthodologie employée, notamment sur la prise en compte des facteurs correcteurs dans l'estimation de la mortalité. L'approche retenue, utilisant des modèles de survie à données censurées par intervalle, une modélisation explicite de la probabilité de détection par des covariables de détection, et la prise en compte de l'hétérogénéité spatiale des cadavres, s'aligne sur les approches méthodologiques préconisées et implémentées dans GenEst [DALTHORP *et al.* 2018]. La similarité observée peut également s'expliquer par la métrique commune utilisée pour résumer la mortalité estimée (i.e. la moyenne). Ces observations mettent en évidence l'importance d'une estimation rigoureuse des différents coefficients correcteurs. Elles mettent également en lumière les limites d'une estimation "locale" de la mortalité à partir de données sur une seule année et un seul parc. En effet, des résultats issus d'un seul suivi restent soumis à des aléas annuels et contraints en termes de budget et d'échantillonnage. La construction d'un référentiel permet de réaliser une ré-analyse à large échelle où les informations peuvent être mutualisées. Il est alors possible d'affiner les analyses, de réduire l'influence de certaines sources de variabilité (en particulier celles liées aux aléas annuels ou aux spécificités locales), et d'obtenir des estimations plus stables et plus robustes, ce qui pourrait être particulièrement utile dans un contexte de *repowering*.

La phénologie de la mortalité concerne principalement la période de dispersion et de transit des colonies pour les chiroptères et le début de la migration pré-nuptiale pour les oiseaux. Cette phénologie temporelle est conforme aux patrons temporels de la mortalité brute. Toutefois, une forte diminution de la mortalité brute et estimée des chiroptères est observée lors de la semaine 34, sans explication évidente. De nombreuses études rapportent également une mortalité plus importante des Chiroptères au cours du mois d'août [ARNETT *et al.* 2008, CRYAN & BARCLAY 2009, SALGUERO *et al.* 2023] conformément aux résultats obtenus dans la présente étude. Les travaux de GOISLOT [2021] confirment également ces observations, démontrant que la majorité des cadavres de chiroptères a été découverte en été et en début d'automne.

L'augmentation des mortalités de chiroptères sur cette période pourrait s'expliquer par une activité plus intense au niveau des parcs éoliens, associée à de la recherche de nourriture et favorisée par une plus grande disponibilité en insectes. Elle pourrait également s'expliquer par l'augmentation temporaire de la densité de population due à la présence de juvéniles dans les populations [DIETZ & KIEFER 2016 ; CHOI *et al.* 2020].

Impact démographique sur les populations d'oiseaux

Dans un contexte d'interactions croissantes entre l'avi-faune et l'éolien terrestre, et au regard des mortalités estimées dans cette étude, se pose la question de leurs répercussions potentielles sur la dynamique des populations. Pour rappel, les impacts identifiés des parcs éoliens sur l'avifaune sont nombreux, et incluent la mortalité par collision (pales, mâts), les modifications comportementales, les effets barrière ainsi que la perte ou la dégradation des habitats [DREWITT & LANGSTON 2006].

Des travaux récents soulignent que la viabilité de certaines populations peut être sensible à de faibles augmentations de mortalité [SCHIPPERS *et al.* 2020]. Par exemple, une mortalité additionnelle de 1 % dans les cohortes post-envol de populations à risque pourrait entraîner une diminution de 2 à 24 % de l'effectif en dix ans, tandis qu'une augmentation de 5 % de la mortalité peut provoquer une réduction allant de 9 à 77 % sur la même période [SCHIPPERS *et al.* 2020].

Par ailleurs, il a été démontré que les parcs éoliens terrestres peuvent réduire la richesse spécifique et l'abondance relative des communautés aviaires, principalement en raison de la perte et de la fragmentation des habitats [MAY *et al.* 2020]. Des mesures de conservation ciblées (création de zones refuges, planification spatiale) peuvent toutefois limiter partiellement ces effets.

En France, l'outil "EolPop" [CHAMBERT *et al.* 2023] permet de quantifier, par un modèle de projection démographique, l'impact des mortalités aviaires causées par les collisions avec les éoliennes sur les populations. Cet outil adresse un impact relatif des mortalités associées à un parc éolien compte tenu d'une taille de population décrite. Néanmoins, les problèmes liés à la qualité de la donnée entrante, de la délimitation de la taille de population ou de l'incertitude associée aux résultats ne permettent généralement pas d'utiliser cet outil à son plus fort potentiel, même si l'ampleur de ces limites peut varier selon les espèces. L'apport d'un référentiel national de mortalité permet ainsi de contextualiser les résultats de façon quantitative, d'apporter des réponses sur les différents questionnements autour de la mortalité mais également de pouvoir renforcer les recommandations du protocole national de suivi de mortalité.

PERSPECTIVES

D'après nos premières analyses, plusieurs pistes de réflexion ressortent comme celles portant sur le rayon de prospection et la prise en compte des "cripping loss" (proportion d'individus qui meurent en dehors de la zone d'étude). En effet, la distribution spatiale des cadavres observée dans notre étude (fig. 7) suggère qu'une fraction non négligeable des cadavres est encore présente au-delà du rayon de prospection classiquement appliqué. Nos résultats tendent également à s'interroger sur la prise en compte dans la période de suivi d'une partie de la migration pré-nuptiale d'oiseaux (fig. 8 (b)), ou de chauves-souris en transit printanier. Si ces pistes de réflexion étaient discutées dans le cadre d'une évolution possible du protocole national, cela

permettrait de mieux appréhender la variabilité spatiale et temporelle de la mortalité et de proposer des mesures de protections et d'évitements plus performantes.

Dans l'optique d'affiner l'estimation de la persistance des cadavres, il serait pertinent d'utiliser des modèles de survie avec des données censurées par intervalle, tels que recommandé et implémenté dans GenEst [DALTHORP *et al.* 2018; RAVACHE *et al.* 2024]. Pour atténuer les potentiels biais liés à la répétition des tests de prédation à chaque suivi et l'effet d'attraction des prédateurs, il pourrait être pertinent de privilégier les résultats de la première année de test, car potentiellement plus robustes et réalistes. L'effet de la date ou de la saison sur la disparition des cadavres doit être considéré avec prudence et ne nécessite pas d'être intégré systématiquement; une évaluation à une échelle plus fine semble préférable. Enfin, l'utilisation de pièges photographiques s'est montrée efficace pour produire des estimations précises du temps de persistance, un paramètre clé pour améliorer l'évaluation de la mortalité [RAVACHE *et al.* 2024]. Il serait par ailleurs pertinent de modéliser de manière systématique la détection de l'observateur en fonction des caractéristiques de la végétation, en s'appuyant sur des données récoltées sur le terrain, telles que la hauteur de végétation, le recouvrement végétal ou le type d'occupation du sol.

Une des prochaines étapes dans l'amélioration de l'estimation de l'impact des parcs éoliens sur la faune volante serait d'élargir les analyses à d'autres types de données. Les données radar, caméra et acoustique qui collectent des informations à haute fréquence, en altitude, sur de plus longues périodes ou de façon plus répliquable et homogène entre les sites ouvrent des possibilités nouvelles dans le monitoring et la protection des espèces impactées [ASCHWANDEN *et al.* 2018; HAPP *et al.* 2021; BALLESTER *et al.* 2024]. Des travaux de croisement entre données de mortalité et données de suivi en altitude de l'activité chiroptérologique ont été initiés avec KORNER-NIEVERGELT *et al.* [2013], puis plus récemment par Biotope, mais devront être approfondis dans le futur. De telles approches pourraient se révéler importantes pour renforcer la précision des suivis de la mortalité, convertir en estimations de mortalité les mesures acoustiques facilement disponibles, et mieux comprendre les facteurs de risque pour les différentes espèces.

CONCLUSION

Cette étude représente une première approche fiable dans la construction d'un référentiel de mortalité de la faune volante sur les parcs éoliens terrestres. Ce référentiel a pu être développé à partir d'une méta-analyse d'une base de données sur la mortalité de la faune volante en France métropolitaine, comprenant des données détaillées et collectées de manière uniforme et en volume conséquent. Ces données ont été analysées de façon groupée afin d'appliquer une méthodologie homogène et de prendre en compte des facteurs habituellement négligés grâce au cumul et à l'échange d'informations.

À travers nos travaux, nous avons pu estimer la mortalité que peuvent engendrer les parcs éoliens en France pour deux groupes taxonomiques, l'avifaune et les chiroptères. Ce travail, encore peu réalisé en France et en Europe, met en valeur un jeu de données conséquent, riche et uniformisé depuis 2019 selon les définitions du protocole national, et atteste de l'intérêt d'uniformiser les protocoles et les outils de collecte et d'analyse.

Cette première approche méthodologique permettrait de comparer les estimations ponctuelles obtenues sur un site aux valeurs du référentiel de mortalité. En positionnant le résultat d'une étude sur la courbe empirique de distribution des mortalités issues du référentiel, il devient possible d'en extraire un quantile de mortalité (fig. 9). Celui-ci offre alors un indicateur numérique permettant de situer la mortalité observée par rapport à l'ensemble des estimations obtenues par éolienne et par parc dans le référentiel, et d'en décrire l'impact relatif. De plus, les résultats issus de cette méta-analyse pourraient également contribuer à une meilleure compréhension des facteurs influençant réellement la mortalité, tels que la persistance des cadavres, la surface prospectée ou encore l'efficacité de prospection des observateurs.

Cependant, rappelons que les estimations de mortalité présentées dans ce référentiel ont été obtenues à partir d'un modèle bayésien hiérarchique, intégrant un modèle unique pour chacune des composantes de la probabilité globale de détection. Cette approche réduit l'influence des biais d'estimation liés aux caractéristiques propres aux sites ou à la variabilité environnementale naturelle (faible probabilité de détection par l'observateur, disparition rapide et localisée des carcasses, etc.). Ainsi, utiliser une telle approche de manière comparative pourraient ainsi amener dans certains cas à une surestimation de l'impact de la mortalité sur les sites, notamment lorsque les suivis sont réalisés dans de mauvaises conditions.

Les points forts de cette étude résident dans la prise de recul et le degré de personnalisation des modèles. Ceux-ci permettent de tenir compte de biais rarement intégrés, soit par absence de données (analyses indépendantes des sites, données non géoréférencées), soit par manque de méthodes adaptées (modèles de distribution des cadavres, modèles intégrés pour la formule d'Huso). Cette intégration hiérarchique permet une flexibilité dans la construction des modèles et une interprétation plus intuitive des résultats, avantages propres au framework bayésien. Parmi les limites, on note une couverture partielle du territoire français, concentrée quasi exclusivement sur la moitié nord et sans prise en compte des territoires d'outre-mer. Le recul sur les résultats des tests de persistance reste limité, et une intégration plus fine de la distribution spatiale des cadavres, via les DWP, telle qu'implémentée dans GenEst [DALTHORP *et al.* 2023], serait nécessaire.

Il apparaît ainsi important de continuer les discussions autour d'un renforcement du protocole national, faisant office de référence depuis 2018 mais dont les limites ont été démontrées [RAVACHE *et al.* 2024; SAND *et al.* 2024]. L'élargissement de la zone de recherche au-delà de 50 m et

l'allongement de la période de prospection permettraient de mieux appréhender la variabilité spatiale et temporelle de la mortalité. Toutefois, ces ajustements pourraient s'avérer difficiles à mettre en œuvre, en raison des contraintes techniques liées à la prospection hors plateformes et logistiques sur l'augmentation significative du temps de recherche requis pour prospecter ces zones supplémentaires. D'autres améliorations telles que l'intégration de variables de végétation dans la modélisation de l'efficacité de recherche ou la réévaluation de la mise en place des tests de persistance seraient nécessaires. De telles adaptations contribueraient à affiner l'estimation de la mortalité et permettraient de mieux évaluer les risques que le développement de l'éolien terrestre fait peser sur la faune volante.

Remerciements - Nous remercions l'ensemble des collaborateurs ayant contribué à ce projet, en particulier les techniciens qui assurent la collecte des données et Michael GUILLON, co-initiateur du projet "Référentiel Mortalité" au sein de Biotope. Nous remercions également Ghita MANGAD, Benjamin TUR, Enzo POUGET et Lou MAUPU pour leurs contributions indispensables dans la compilation des données, ainsi que les développeurs éoliens qui ont confié le suivi de leurs parcs à Biotope et ont ainsi financé la collecte de ces données.

Cet article n'aurait pas pu se faire sans l'appui d'Anne-Lise et Frédéric MELKI qui ont choisi depuis 30 ans d'investir dans des études de recherche et développement pour faire progresser la connaissance sur la biodiversité et plus particulièrement sur les chauves-souris.

RÉFÉRENCES

- AKAIKE H., 1998. - Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle, *in* PARZEN E., TANABE K. & KITAGAWA G. (éd.). New York, NY, Springer New York. p. 199-213. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0_15
- AMIRAULT G., HAQUART A. & GOERTZ S., 2022. - Définition d'un référentiel d'activité acoustique des Chiroptères à l'échelle de l'île de la Réunion. *Naturae* 2022 (14) : 247-260.
- ARNETT E., BAERWALD E., MATHEWS F., RODRIGUES L., RODRIGUEZ-DURAN A., RYDELL J., VILLEGAS-PATRACA R. & VOIGT C., 2015. - Impacts of Wind Energy Development on Bats: A Global Perspective p. 295-323. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25220-9_11
- ARNETT E.B., BROWN W.K., ERICKSON W.P., FIEDLER J.K., HAMILTON B.L., HENRY T.H., JAIN A., JOHNSON G.D., KERNS J. & KOFORD R.R., 2008. - Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *The Journal of Wildlife Management* 72 (1): 61-78.
- ARNETT E.B., ERICKSON W.P., KERNS J. & HORN J., 2005. - Relationships Between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: An Assessment of Bat Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines Final Report. Austin, TX, *Bat Conservation International*.

- ASCHWANDEN J., STARK H., PETER D., STEURI T., SCHMID B. & LIECHTI F., 2018. - Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar. *Biological Conservation* 220: 228-236.
- BALLESTER C., DUPONT S.M., CORBEAU A., CHAMBERT T., DURIEZ O. & BESNARD A., 2024. - A standardized protocol for assessing the performance of automatic detection systems used in onshore wind power plants to reduce avian mortality. *Journal of Environmental Management* 354: 120437, 9p. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120437>
- BALOTARI-CHIEBAO F., VÄLKAMA J. & BYHOLM P., 2021. - Assessing the vulnerability of breeding bird populations to onshore wind-energy developments in Finland. *Ornis Fennica* 98 (2): 59-73.
- BARRIENTOS R., MARTINS R.C., ASCENSÃO F., D'AMICO M., MOREIRA F. & BORDA-DE-ÁGUA L., 2018. - A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. *Biological conservation* 222: 146-153.
- BARRIOS L. & RODRIGUEZ A., 2004. - Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41 (1): 72-81.
- BASTOS R., SANTOS M. & CABRAL J.A., 2013. - A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological indicators* 34: 428-440.
- BATES D., MÄCHLER M., BOLKER B. & WALKER S., 2015. - Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software* 67 (1): 1-48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- BATTISTI C., FERRI V., LUISELLI L. & AMORI G., 2020. - Introducing ecological uncertainty in risk sensitivity indices: the case of wind farm impact on birds. *Zool. Ecol* 30: 11-16.
- BERNARDINO J., BISPO R., COSTA H. & MASCARENHAS M., 2013. - Estimating bird and bat fatality at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1): 63-74.
- BÜRKNER P.-C., 2025. - brmsformula: Define Model Formula for 'brms' Models. <https://paulbuerkner.com/brms/reference/brmsformula.html>
- BÜRKNER P.-C., 2017. - brms: An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan 80. <https://doi.org/10.18637/jss.v080.i01>
- CCNUCC, 2023. - Outcome of the first global stocktake Dubai, United Arab Emirates, *United Nations*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2023_16E.pdf.
- CCNUCC, 2015. - Paris Agreement Paris, France, *United Nations*. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>.
- CHAMBERT T. & BESNARD A., 2021. - Évaluer l'impact démographique des collisions aviaires avec les éoliennes - Synthèse des connaissances et recommandations méthodologiques.
- CHAMBERT T., DURIEZ O., DELEAUX M. & BESNARD A., 2023. - EolPop, a R-shiny tool for quantifying the demographic impact of species exposed to fatalities: Application to bird collisions with wind turbines. *Journal of Environmental Management* 345: 118923. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118923>
- CHOI D.Y., WITTIG T.W. & KLUEVER B.M., 2020. - An evaluation of bird and bat mortality at wind turbines in the Northeastern United States. *PLoS One* 15 (8): e0238034.
- CRYAN P.M. & BARCLAY R.M., 2009. - Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy* 90 (6): 1330-1340.
- DALTHORP D., HUSO M., DALTHORP M. & MINTZ J., 2023. - Accounting for the Fraction of Carcasses outside the Searched Area and the Estimation of Bird and Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. <https://doi.org/arXiv:2201.10064>
- DALTHORP D., MADSEN L., HUSO M.M., RABIE P.A., WOLPERT R., STUDYVIN J., SIMONIS J. & MINTZ J. 2018. - GenEst statistical models A generalized estimator of mortality. <https://doi.org/10.3133/tm7A2>
- DENWOOD M.J., 2024. - Interface Utilities, Model Templates, Parallel Computing Methods and Additional Distributions for MCMC Models in JAGS
- DEVULT T.L., SEAMANS T.W., LINNELL K.E., SPARKS D.W. & BEASLEY J.C., 2017. - Scavenger removal of bird carcasses at simulated wind turbines: Does carcass type matter? *Ecosphere* 8 (11): e01994. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1994>
- DIETZ C. & KIEFER A., 2016. - *Bats of Britain and Europe*. Bloomsbury publishing.
- DOMÍNGUEZ DEL VALLE J., CERVANTES PERALTA F. & JAQUERO ARJONA M.I., 2020. - Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. *Journal of Applied Ecology* 57 (10): 1926-1935. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13714>
- DREWITT A.L. & LANGSTON R.H.W., 2006. - Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148 (s1): 29-42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- DÜRR T., 2024. - Fledermausverluste an Windenergieanlagen. *Daten aus der Zeit. Fundkartei der Staatl. Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brand.*
- DÜRR T., 2025. - *Auswirkungen von Windenergieanlagen auf Vögel und Fledermäuse*
- ENEVOLDSEN P., 2016. - Onshore wind energy in Northern European forests: Reviewing the risks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 60: 1251-1262. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.027>
- ERICKSON W.P., JOHNSON G.D., STRICKLAND M.D. & KRONNER K., 2000. - Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year.
- ERICKSON W.P., WOLFE M.M., BAY K.J., JOHNSON D.H. & GEHRING J.L., 2014. - A comprehensive analysis of small-passerine fatalities from collision with turbines at wind energy facilities. *PLoS one* 9 (9): e107491.
- FLINT P.L., LANCE E.W., SOWL K.M. & DONNELLY T.F., 2010. - Estimating carcass persistence and scavenging bias in a human-influenced landscape in western Alaska. *Journal of Field Ornithology* 81 (2): 206-214.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.02.023>
- FRICK W.F., 2013. - Acoustic monitoring of bats, considerations of options for long-term monitoring. *Therya* 4: 69-70.
- GOISLOT C., 2021. - Mortalité des chiroptères induite par les

- éoliennes dans le Nord-Ouest de la France: nombre de cas et distribution spatio-temporelle des espèces concernées. *Plume De Naturalistes* 5: 101-122.
- GUO X., ZHANG X., DU S., LI C., SIU Y.L., RONG Y. & YANG H., 2020. - The impact of onshore wind power projects on ecological corridors and landscape connectivity in Shanxi, China. *Journal of Cleaner Production* 254: 120075. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120075>
- HAPP C., SUTOR A. & HOCHRADEL K., 2021. - Methodology for the automated visual detection of bird and bat collision fatalities at onshore wind turbines. *Journal of Imaging* 7 (12): 272.
- HAQUART A., 2016. - ACTICHIRO, un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustiques en France. *Symbioses* 34: 1-8.
- HAQUART A., 2013. - Actichiro : référentiel d'activité des chiroptères - Eléments pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française. Thèse de doctorat.
- HUSO M., DALTHORP D., MINTZ J., NYGÅRD T. & MAY R., 2023. - Modeling the Spatial Distribution of Carcasses of Eagles Killed by Wind Turbines. *Journal of Raptor Research* 57 (3): 456-467. <https://doi.org/10.3356/JRR-21-53>
- HUSO M.M., DALTHORP D. & KORNER-NIEVERGELT F., 2017. - Statistical principles of post-construction fatality monitoring design.
- HUSO M.M.P. & DALTHORP D., 2014. - Accounting for unsearched areas in estimating wind turbine-caused fatality. *The Journal of Wildlife Management* 78 (2): 347-358. <https://doi.org/10.1002/jwmg.663>
- HUSO M.M., 2010. - An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics* 22 (3): 318-329. <https://doi.org/10.1002/env.1052>
- ISSA N. & MULLER Y., 2015. - *Atlas des oiseaux de France métropolitaine: nidification et présence hivernale*. Delachaux et Niestlé.
- JONES G., COOPER-BOHANNON R., BARLOW K. & PARSONS K., 2009. - Scoping and method development report: determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain. *University of Bristol and Bat Conservation Trust, London*.
- JONES N.F., PEJCHAR L. & KIESECKER J.M., 2015. - The Energy Footprint: How Oil, Natural Gas, and Wind Energy Affect Land for Biodiversity and the Flow of Ecosystem Services. *BioScience* 65 (3): 290-301. <https://doi.org/10.1093/biosci/biu224>
- KATI V., KASSARA C., VRONTISI Z. & MOUSTAKAS A., 2021. - The biodiversity-wind energy-land use nexus in a global biodiversity hotspot. *Science of the Total Environment* 768: 144471. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144471>
- KERNS J., ERICKSON W.P. & ARNETT E.B., 2005. - Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia.
- KORNER-NIEVERGELT F., BRINKMANN R., NIERMANN I. & BEHR O., 2013. - Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLOS ONE* 8 (7): e67997. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067997>
- KORNER-NIEVERGELT F., KORNER-NIEVERGELT P., BEHR O., NIERMANN I., BRINKMANN R. & HELLRIEGEL B., 2011. - A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology* 17 (4): 350-363.
- LARANJEIRO T., MAY R. & VERONES F., 2018. - Impacts of onshore wind energy production on birds and bats: recommendations for future life cycle impact assessment developments. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23 (10): 2007-2023. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1434-4>
- LIMPENS H., BOONMAN M., KORNER-NIEVERGELT F., JANSEN E.A., VALK M. VAN DER, LA HAYE M.J.J., DIRKSEN S. & VREUGDENHIL S.J., 2013. - Wind turbines and bats in the Netherlands-Measuring and predicting. *Final Report*: 12.
- LU X., McELROY M.B. & KIVILUOMA J., 2009. - Global potential for wind-generated electricity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (27): 10933-10938. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904101106>
- MARX G., 2017. - Le Parc Éolien Français et Ses Impacts Sur l'avifaune-Étude Des Suivis de Mortalité Réalisés En France de 1997 à 2015. *LPO France: Rochefort*: 92.
- MATHEWS F., ANDERSON M., COOMBER F., FINCH D., LE MARQUAND C., O'MALLEY K. & WRIGHT P., 2020. - Common Pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774), in HACKLÄNDER K. & ZACHOS F.E. (éd.). Cham, Springer International Publishing, p. 1-35.
- MAY R., GILL A.B., KÖPPEL J., LANGSTON R.H.W., REICHENBACH M., SCHEIDAT M., SMALLWOOD S., VOIGT C.C., HÜPPOP O. & PORTMAN M., 2017. - Future Research Directions to Reconcile Wind Turbine Wildlife Interactions, in KÖPPEL J. (éd.). Cham, Springer International Publishing, p. 255-276. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51272-3_15
- MAY R., MIDDEL H., STOKKE B.G., JACKSON C. & VERONES F., 2020. - Global life-cycle impacts of onshore wind-power plants on bird richness. *Environmental and Sustainability Indicators* 8: 100080. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100080>
- MEDDTL, 2011. - Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.
- MILLON A., VALLECILLO D., MORCELET L., BESNARD A., DURIEZ O. & LERICHE A., 2025. - VULNEO: Évaluation de la Sensibilité et de la Vulnérabilité de l'Avifaune aux Infrastructures Éoliennes Terrestres en France Métropolitaine. Thèse de doctorat.
- MORANT J., NAVES-ALEGRE L., GARCÍA H.M., TENA E., SÁNCHEZ-NAVARRO S., NOGUERAS J., IBÁÑEZ C., SEBASTIÁN-GONZÁLEZ E. & PÉREZ-GARCÍA J.M. 2025. - Mapping bird and bat assemblage vulnerability for predicting wind energy impact. *Journal of Environmental Management* 380: 124961.
- MSIGWA G., IGHALO J.O. & YAP P.-S., 2022. - Considerations on environmental, economic, and energy impacts of wind energy generation: Projections towards sustainability initiatives. *Science of The Total Environment* 849: 157755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157755>
- MTES, 2018. - Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres – Révision 2018. Ministère de la Transition

- écologique et solidaire (DGPR & DGALN); PDF publié en ligne.
- MTES, 2015. - Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. Ministère de la Transition écologique et solidaire (DGPR & DGALN); PDF publié en ligne.
- PHILIBERT H., WOBESER G. & CLARK R.G., 1993. - Counting dead birds: examination of methods. *Journal of Wildlife Diseases* 29 (2): 284-289. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-29.2.284>
- PLUMMER M., 2003. - JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling, in HORNIK K., LEISCH F. & ZEILEIS A. (éd.)
- POWER N.W., JOHNSON G., ERICKSON W., WHITE J. & MCKINNEY R., 2003. - Avian and Bat Mortality During the First Year of Operation at the Klondike Phase I Wind Project, Sherman County, Oregon.
- PROSSER P., NATTRASS C. & PROSSER C., 2008. - Rate of removal of bird carcasses in arable farmland by predators and scavengers. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 71 (2): 601-608.
- R CORE TEAM, 2024. - R: A Language and Environment for Statistical Computing, Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- RAVACHE A., BARRÉ K., NORMAND B., GOISLOT C., BESNARD A. & KERBIRIOU C., 2024. - Monitoring carcass persistence in windfarms: Recommendations for estimating mortality. *Biological Conservation* 292: 110509. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110509>
- RODRIGUES L., BACH L., DUBORG-SAVAGE M.J., KARAPANDZA B., KOVAC D., KERVYN T., DEKKER J., KEPEL A., BACH P., COLLINS J. & OTHERS, 2015. - Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. Revision 2014. *EUROBATS Publication Series* (3).
- 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., BACH L., DUBOURG-SAVAGE M.-J., GREEN M., RODRIGUES L. & HEDENSTRÖM A., 2010. - Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research* 56 (6): 823-827.
- SALGUERO M.D.M., DE LA CRUZ A., MUÑOZ A.-R. & MUÑOZ ARROYO G., 2023. - Bat mortality in wind farms of southern Europe: temporal patterns and implications in the current context of climate change. *Biodiversity and Conservation* 32 (12): 3953-3971. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02674-z>
- SAND C.-A., NORMAND B., KERBIRIOU C., BARRÉ K. & RAVACHE A., 2024. - Suivis réglementaires de la mortalité dans les parcs éoliens: de l'analyse locale à l'approche intégrée. *Sciences Eaux & Territoires* (46): 8312-8312. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2024.46.8312>
- SANTOS C.D., RAMESH H., FERRAZ R., FRANCO A.M.A. & WIKELSKI M., 2022. - Factors influencing wind turbine avoidance behaviour of a migrating soaring bird. *Scientific Reports* 12 (1): 6441. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10295-9>
- SCHIPPERS P., BUIJ R., SCHOTMAN A., VERBOOM J., VAN DER JEUGD H. & JONGEJANS E., 2020. - Mortality limits used in wind energy impact assessment underestimate impacts of wind farms on bird populations. *Ecology and Evolution* 10 (13): 6274-6287. <https://doi.org/10.1002/ece3.6360>
- SELKIMÄKI M., RIIPPI J., RANA P., LAMULA L., ANTILA M., HEINONEN T. & TOKOLA T., 2024. - Forest landscape shield models for assessing audio-visual disturbances of wind turbines. *Journal of Environmental Management* 352: 120070. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120070>
- SEYFİ E., BULUT Ş., KARACAN G.O. & ÖZKURT Ş.Ö., 2025. - Patterns and Drivers of Bat Mortality at Wind Farms in Western Türkiye: A Multi-Year Carcass Survey.
- SMALLWOOD K.S., 2007. - Estimating Wind Turbine-Caused Bird Mortality. *The Journal of Wildlife Management* 71 (8): 2781-2791. <https://doi.org/10.2193/2007-006>
- SMALLWOOD K.S., BELL D.A., SNYDER S.A. & DIDONATO J.E., 2010. - Novel Scavenger Removal Trials Increase Wind Turbine Caused Avian Fatality Estimates. *The Journal of Wildlife Management* 74 (5): 1089-1096. <https://doi.org/10.2193/2009-266>
- SMALLWOOD K.S., BELL D.A., WALTHER E.L., LEYVAS E., STANDISH S., MOUNT J. & KARAS B., 2018. - Estimating wind turbine fatalities using integrated detection trials. *The Journal of Wildlife Management* 82 (6): 1169-1184. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21468>
- STEVENS B.S., REESE K.P. & CONNELLY J.W., 2011. - Survival and detectability bias of avian fence collision surveys in sagebrush steppe. *The Journal of Wildlife Management* 75 (2): 437-449.
- TABER A. & BUTRYN R., 2018. - AWWI technical report: a summary of bat fatality data in a nationwide database. *American Wind and Wildlife Institute: Washington, DC, USA*.
- UICN F., MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. - La Liste rouge des espèces menacées en France. Mammifères de France métropolitaine. *Muséum national d'histoire Nat* 16.
- VEERS P., DYKES K., LANTZ E., BARTH S., BOTTASSO C.L., CARLSON O., CLIFTON A., GREEN J., GREEN P., HOLTINEN H., LAIRD D., LEHTOMÄKI V., LUNDQUIST J.K., MANWELL J., MARQUIS M., MENEVEAU C., MORIARTY P., MUNDUATE X., MUSKULUS M., NAUGHTON J., PAO L., PAQUETTE J., PEINKE J., ROBERTSON A., SANZ RODRIGO J., SEMPREVIVA A.M., SMITH J.C., TUOHY A. & WISER R., 2019. - Grand challenges in the science of wind energy. *Science* 366 (6464): eaau2027. <https://doi.org/10.1126/science.aau2027>
- VEHTARI A., GELMAN A. & GABRY J., 2017. - Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistics and Computing* 27 (5): 1413-1432. <https://doi.org/10.1007/s11222-016-9696-4>
- WEAVER S.P., JONES A.K., HEIN C.D. & CASTRO-ARELLANO I., 2020. - Estimating bat fatality at a Texas wind energy facility: implications transcending the United States-Mexico border. *Journal of Mammalogy* 101 (6): 1533-1541. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyaa132>
- WILSON D., HULKA S. & BENNUN L., 2022. - A review of raptor carcass persistence trials and the practical implications for fatality estimation at wind farms. *PeerJ* 10: e14163. <https://doi.org/10.7717/peerj.14163>
- XANTHAKIS M., KATSIMANIS N. & ANTONOPOULOS N., 2022. - Impact of a wind farm on the avifauna of a Mediterranean mountainous environment. *Environmental Sciences Proceedings* 21 (1): 11

ANNEXES

Disponibilité des données - Seules les données brutes dans cette étude peuvent être mises à disposition en raison d'accords de confidentialité avec les clients de Biotope ayant commandé les études de suivis de mortalité.

Nom vernaculaire	Nbe de cadavre	Nom vernaculaire	Nbe de cadavre	Nom vernaculaire	Nbe de cadavre	Nom vernaculaire	Nbe de cadavre
Pipistrelle commune	404	Pipistrelle sp.	53	Sérotine commune	7	Sérotine bicolore	1
Noctule de Leisler	123	Chiroptère indéterminé	23	Grand Murin	1	Vesperine de Savi	1
Noctule commune	68	Pipistrelle commune/pygmée	12	Grande Noctule	1		
Pipistrelle de Kuhl	65	Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	12	Noctule sp.	1		
Pipistrelle de Nathusius	58	Pipistrelle pygmée	10	Oreillard gris	1		

Annexe – Tableau 3a. - Nombre de cadavres de chiroptères et d'oiseaux observés dans la base de données de Biotope - Chiroptères

Nom vernaculaire	Nbe de cadavre	Nom vernaculaire	Nbe de cadavre	Nom vernaculaire	Nbe de cadavre	Nom vernaculaire	Nbe de cadavre
Martinet noir	110	Perdrix rouge	10	Busard des roseaux	2	Pie-grièche écorcheur	1
Faucon crécerelle	97	Faisan de Colchide	9	Canard colvert	2	Pinson des arbres	1
Roitelet à triple bandeau	89	Milan noir	9	Cigogne blanche	2	Pluvier doré	1
Buse variable	73	Oiseau indéterminé	9	Faucon pèlerin	2	Roitelet sp.	1
Alouette des champs	58	Bergeronnette printanière	8	Fauvette des jardins	2	Rougequeue à front blanc	1
Pigeon ramier	46	Perdrix grise	7	Grand cormoran	2	Râle d'eau	1
Pigeon biset	27	Goéland argenté	7	Moineau domestique	2	Torcol fourmilier	1
Étourneau sansonnet	25	Bruant jaune	6	Passereau sp.	2	Autour des palombes	1
Bruant proyer	23	Grive musicienne	5	Pigeon colombin	2	Hypolaïs sp.	1
Corneille noire	16	Mésange bleue	5	Pipit des arbres	2	Bondrée apivore	1
Rouge-gorge familier	16	Faucon crécerellette	4	Pipit rousseline	2	Bruant zizi	1
Épervier d'Europe	16	Faucon hobereau	4	Pouillot fitis	2	Chardonneret élégant	1
Mouette rieuse	13	Fauvette à tête noire	4	Rougequeue noir	2	Choucas des tours	1
Hirondelle de fenêtre	12	Merle noir	4	Tourterelle des bois	2	Chouette effraie	1
Goéland brun	12	Pouillot véloce	4	Huppe fasciée	1	Coucou gris	1
Linotte mélodieuse	12	Roitelet huppé	4	Hypolaïs polyglotte	1	Goéland cendré	1
Hirondelle rustique	11	Tourterelle turque	4	Héron cendré	1	Goéland leucopnée	1
Alouette lulu	10	Corbeau freux	3	Mésange noire	1	Grive draine	1
Bergeronnette grise	10	Milan royal	3	Phragmite des joncs	1	Hibou moyen-duc	1
Busard Saint-Martin	10	Mésange charbonnière	3	Pie bavarde	1		
Gobemouche noir	10	Troglodyte mignon	2	Pie-grièche à tête rousse	1		

Annexe – Tableau 3b. - Nombre de cadavres de chiroptères et d'oiseaux observés dans la base de données de Biotope - Oiseaux

Variable (notation)	Description	Format	Facteur correcteur
OCSTE	Type de catégorie du sol	Catégorielle	Efficacité de recherche
ocs_type	Grande catégorie d'occupation du sol	Catégorielle	Efficacité de recherche
Hmoy	Hauteur moyenne de végétation (cm)	Continue	Efficacité de recherche
site (L_1)	Nom du site	Catégorielle (aléatoire)	Efficacité de recherche & persistance des cadavres
TurbID (L_2)	Identifiant de l'éolienne	Catégorielle (aléatoire)	Efficacité de recherche & persistance des cadavres
TestID (Z)	Identifiant du test d'efficacité de recherche	Catégorielle (aléatoire)	Efficacité de recherche & persistance des cadavres
dday (J)	Date du jour du test	Continue (smooth, $k = 5$)	Persistance des cadavres
survey_year (Y_1)	Année de suivi depuis la mise en service du parc	Continue (smooth, $k = 5$)	Persistance des cadavres
year (Y_2)	Année de la réalisation du test	Catégorielle (aléatoire)	Persistance des cadavres

Annexe – Tableau 4. - Covariables utilisées dans l'estimation de l'efficacité de recherche et de la persistance des cadavres

Paramètre MCMC	Valeur
Nombre de chaînes (n.chains)	4
Nombre d'itération (sample)	1000
Nombre d'itération "burnin" (burnin)	5000
Nombre d'itération sauté (Thin)	10

Annexe – Tableau 5. - Paramètres MCMC utilisés pour l'ajustement du modèle de mortalité avec JAGS

```

model {

## Likelihood #####

for (i in 1:n) {
### Latent mortality process #####

# 'N' represents the true number of carcass within a ring x polygon
N[i] ~ dpois(lambda[i])

log(lambda[i]) <-
# lambda is proportional to the searched area and to the probability
# of a carcass falling in this area. Fatalities are assumed to occur at
# a constant rate between searches so lambda is also proportionnal to
# carcass accumulation time.
log(search_area[i]) + log(search_interval[i]) + log(landing_density[i]) +
alpha +
beta[site[i], year[i], turb[i]] +
gamma[week[i]]

### Huso (2010) estimator 'g' #####
# - Searcher efficiency 'f'
# - Average carcass persistence probability 'v'
# - Effective search interval correction 'v'

g[i] <- f[i] * r[i] * v[i]

# Searcher efficiency (from a distinct model)
# I() to prevent error "Slicer stuck at value with infinite density" that happens
# JAGS samples 0 or 1
f[i] ~ dbeta(se_mu[i] * se_phi[i], (1 - se_mu[i]) * se_phi[i]) I(0.001,0.999)

# Carcass persistence (from a distinct model)
cp_link[i] ~ dnorm(cp_link_mu[i], 1 / cp_link_sigma[i]^2)
cp[i] <- exp(cp_link[i])

eff_search_interval[i] <- min(search_interval[i], qexp(0.99, 1 / cp[i]))
v[i] <- min(1, eff_search_interval[i] / search_interval[i])
r[i] <- cp[i] * (1 - exp(-eff_search_interval[i] / cp[i])) / eff_search_interval[i]

### Carcass observation process #####

C[i] ~ dbinom(g[i], N[i])
}

## Priors #####

# Global intercept
alpha ~ dnorm(0, 0.01)

# Nested random intercepts
tau[1] ~ dexp(1)
for (k in 1:n_site) {
beta_site[k] ~ dnorm(0, tau[1])
}
# Year effect nested in site
tau[2] ~ dexp(1)
for (k in 1:n_sy_combs) {
beta_site_year[sy_site[k], sy_year[k]] ~ dnorm(beta_site[sy_site[k]], tau[2])
}
# Turbine effect nested in site and year
# Inter-turbine variability (sigma[3]) believed to be smaller than inter-site
# variability (sigma[1]), so tau[3] should be greater than tau[1]
tau[3] ~ dexp(1) T(tau[1], )
for (k in 1:n_syt_combs) {
beta[syt_site[k], syt_year[k], syt_turb[k]] ~ dnorm(beta_site_year[syt_site[k], syt_year[k]], tau[3])
}

# Effect of week (with sum to zero contrast)
gamma[1] <- -sum(gamma[2:n_week])
for (w in 2:n_week) {
gamma[w] ~ dnorm(0, 1)
}
}

```

Listing 1. – Code BUGS du modèle de mortalité

COMMUNICATION

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la CCN sans oser le demander

Vicky LOUIS* & Quentin ROUY**

*15 rue Antoine Bellet, 63100 Clermont-Ferrand - vicky.louis@outlook.com

**23 chemin du pont des sapins, 91400 Orsay - quentin@alcatohoe.fr

Résumé. - Établi en 1984, le Groupe Chiroptères de la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, devenu aujourd'hui la "Coordination Chiroptères Nationale" (CCN) regroupe des coordinateurs et coordinatrices régionaux, référents et référentes thématiques, animateurs et animatrices de groupes de travail, salariés et salariées de la SFPEM et secrétaires qui mènent des réflexions et des actions et produisent des publications au niveau national sur des sujets liés aux Chiroptères. La CCN assure également un lien de communication et d'actions entre les échelles locale et nationale et participe à des échanges avec les groupes européens. Enfin, la CCN aide à la coordination des actions régionales. <https://www.sfpepm.org/la-coordination-chiropteres-nationale.html>

En 1984, la Société Française pour l'Étude et de Protection des Mammifères (SFPEM) acte la coordination d'un Groupe Chiroptères avec un secrétariat assuré la première année par Marc Artois, du Groupe Mammalogique Lorrain. Puis le secrétariat est repris par la SFPEM en 1985 avec Bruno Dumeige en 1985 et François Leboulanger de 1985 à 1994. L'objectif de ce Groupe Chiroptères est d'échanger au niveau national sur la connaissance et la protection de ces Mammifères volants, alors peu connus. À l'origine, le Groupe Chiroptères de la SFPEM est constitué d'un ensemble de naturalistes qui se réunissent régulièrement afin d'échanger sur les pratiques et de réfléchir collectivement à une amélioration de la protection des espèces. Parmi les premières actions menées par ce groupe, il faut citer l'obtention de la ratification de l'Accord Eurobats par la France, la centralisation nationale des autorisations de capture, l'élaboration du premier Plan de Restauration en faveur des Chiroptères métropolitains, rédigé par la SFPEM et la CPEPESC Franche-Comté. Celui-ci verra finalement le jour sur la période 1999-2004, et sera piloté par la SFPEM.

Plus tard, le combat s'oriente vers la problématique des fermetures de mines et la mise en place de clôtures périmétriques afin d'éviter leur destruction (par explosion ou obstruction) alors qu'il s'agit de sites favorables aux chauves-souris.

Aujourd'hui, le Groupe Chiroptères de la SFPEM est devenu la Coordination Chiroptères Nationale (CCN) et mène toujours de nombreuses actions en faveur de la protection des chauves-souris en France.

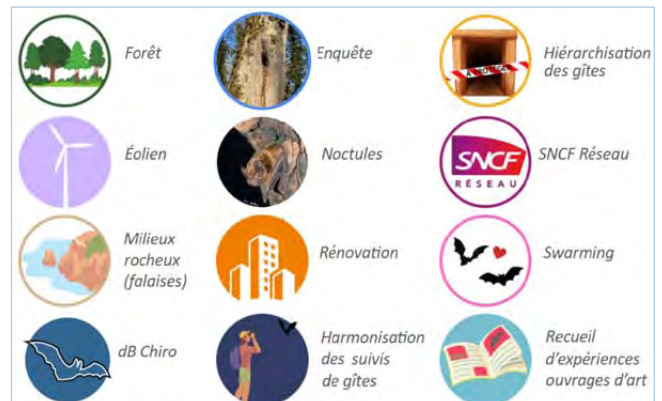
La CCN est à ce jour constituée de :

- **Coordinateurs et coordinatrices des groupes Chiroptères régionaux.** Leur rôle est de dynamiser à l'échelle locale (anciennes régions administratives) les réseaux de bénévoles en lien avec les chauves-souris. Ils et elles assurent également la diffusion d'informations entre les échelles locale et nationale.



Les membres de la CCN regroupés à Bourges, décembre 2023

- **Référents et référentes thématiques.** Ils et elles sont les personnes ressources sur certains sujets nationaux.
- **Animateurs et animatrices de Groupes de Travail nationaux.** En fonction des besoins identifiés par les membres de la CCN, des groupes de travail nationaux sont constitués. Ils sont actifs tout au long de l'année et échangent par courriers électroniques, réunions physiques et visioconférences. Ils produisent des documents techniques de référence et réagissent à l'actualité en lien avec leur thématique.



Les groupes de travail de la CCN en 2024



Liste des sujets sur lesquels un ou une référent(e) thématique est identifié(e) en 2024

- **Secrétaires.** Animateurs de la CCN, leurs principales actions sont d'organiser, avec l'appui des salariées de la SFPEM, des rencontres annuelles entre les membres de la CCN afin de faciliter les échanges sur certaines questions locales et nationales et de mettre en avant les actions menées tout au long de l'année par les différents groupes de travail. Ils relaient également les informations, actions et sollicitations des différents membres de la CCN à l'échelle nationale. Ils soutiennent l'organisation par le Muséum de Bourges des Rencontres nationales Chauves-souris qui ont lieu tous les deux ans.
- **Salariés et salariées de la SFPEM.** Les bénévoles de la CCN travaillent main dans la main avec des salarié(e)s de la SFPEM pour la réalisation de certaines actions ou publications. Ils sont particulièrement en lien avec les salariés et salariées de la SFPEM en charge des sujets liés aux Chiroptères au sein de l'association, mais aussi avec celles et ceux qui travaillent sur la vie associative et la communication, l'Observatoire National des Mammifères ainsi que sur les productions cartographiques et la gestion des bases de données.

Ensemble, ces personnes mènent des réflexions et des actions et produisent des publications au niveau national sur des sujets liés aux Chiroptères. Elles assurent également un lien de communication et d'actions entre les échelles locales et nationale. Enfin, la CCN aide à la coordination des actions régionales.

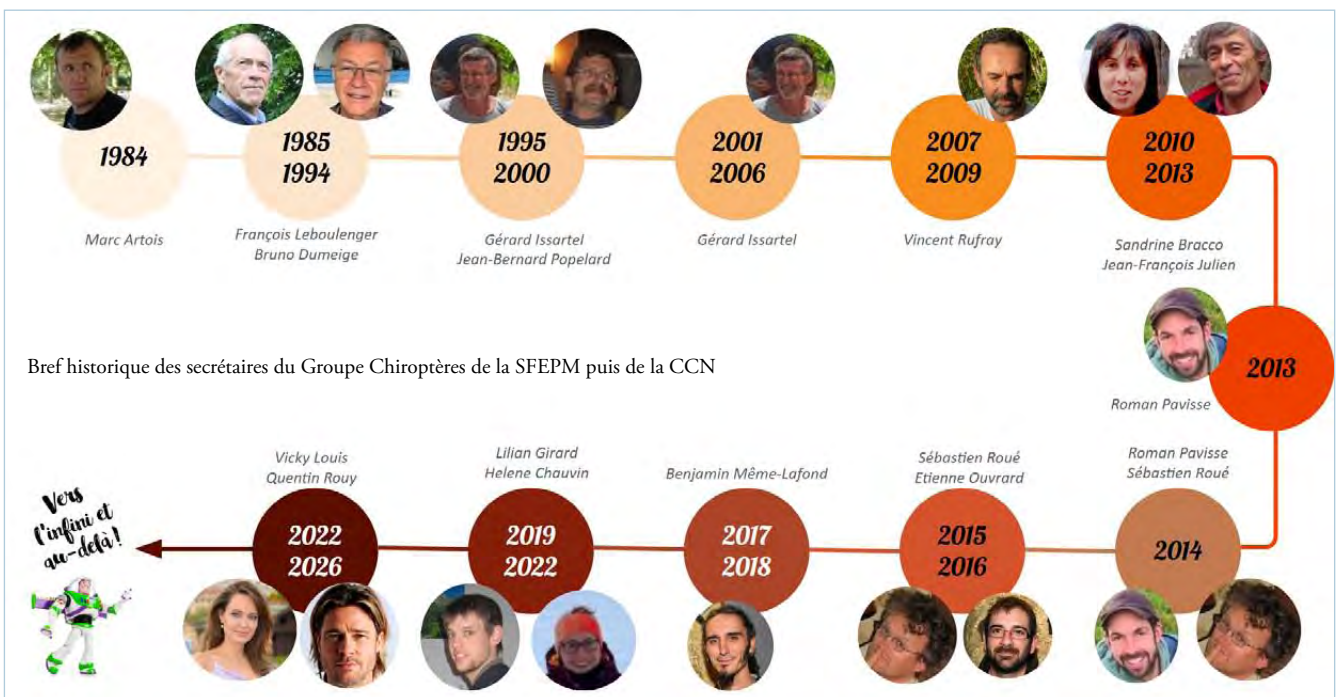
FONCTIONNEMENT DE LA CCN

La CCN fonctionne grâce à des échanges tout au long de l'année, qui sont notamment permis par :

- une liste de discussion dédiée,
- un week-end annuel en présentiel permettant d'échanger et de travailler sur des dossiers nationaux et certains sujets régionaux demandant une réflexion nationale,
- une journée annuelle d'échanges en visioconférence,
- des groupes de travail et des référent(e)s thématiques actifs tout au long de l'année,
- un lien permanent avec l'animation du Plan National d'Actions Chiroptères.

Si vous souhaitez mieux connaître la CCN ou vous y impliquer, n'hésitez pas à contacter vos coordinateurs et coordinatrices régionaux. Retrouvez toutes les informations sur la CCN sur le site de la SFPEM, rubrique Chauves-souris > La Coordination Chiroptères Nationale (CCN). De nombreuses productions de la CCN sont également disponibles dans la boîte à outils de la SFPEM, dans la rubrique Chauves-souris > Publications.

Remerciements. - Nous tenons à remercier très chaleureusement l'ensemble des personnes impliquées ou ayant été impliquées dans la CCN. C'est vous qui faites vivre et grandir chaque année cette belle dynamique nationale ! Merci pour votre implication dans ce beau réseau !



RÉSUMÉ DE POSTER

La Barbastelle d'Europe réalise-t-elle des migrations saisonnières en PACA?

Thomas SÉVÈRE^{*,**} & Raphaël COLOMBO^{*}

^{*} Asellia Écologie - Université Toulouse II Jean-Jaurès – ^{**} ENSAT
contact : rcolombo@asellia-ecologie.fr

INTRODUCTION

La Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) est une espèce de chauve-souris forestière à l'écologie relativement méconnue. Considérée il y a encore 20 ans comme extrêmement rare en milieu méditerranéen, elle est pourtant aujourd'hui très régulièrement contactée lors des enregistrements nocturnes, même dans la partie la plus littorale de la région. Doit-on y voir le signe d'une augmentation des populations? D'une expansion de son aire de répartition? Une autre hypothèse pourrait être liée à la période d'échantillonnage. En effet, dans le sud de la France, son activité semble évoluer dans l'espace au fil des saisons, laissant supposer des mouvements migratoires liés à ses rythmes biologiques (mise bas, accouplement, hibernation).

Nous avons donc souhaité, à l'aide d'outils de modélisation, tester l'hypothèse de mouvements saisonniers de la Barbastelle d'Europe en région PACA.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

À la suite du succès des travaux de REBELO & JONES [2010] sur la Barbastelle au Portugal, nous avons employé l'outil de modélisation MaxEnt (R - Dismo). Ce logiciel permet de modéliser les habitats favorables à une espèce à partir de données de présence et de covariables environnementales [SILLERO *et al.* 2021].

Pour la présence de l'espèce, nous avons utilisé les données Vigie-Chiro [BAS *et al.* 2020] (tadarida probabilité > 99 %) augmentées de données Asellia vérifiées (2014-2023).

Les variables environnementales choisies sont issues de WorldClim (moy. 1970-2000), de Corine Land Cover pour l'occupation du sol ainsi que l'altitude produite par l'IGN.

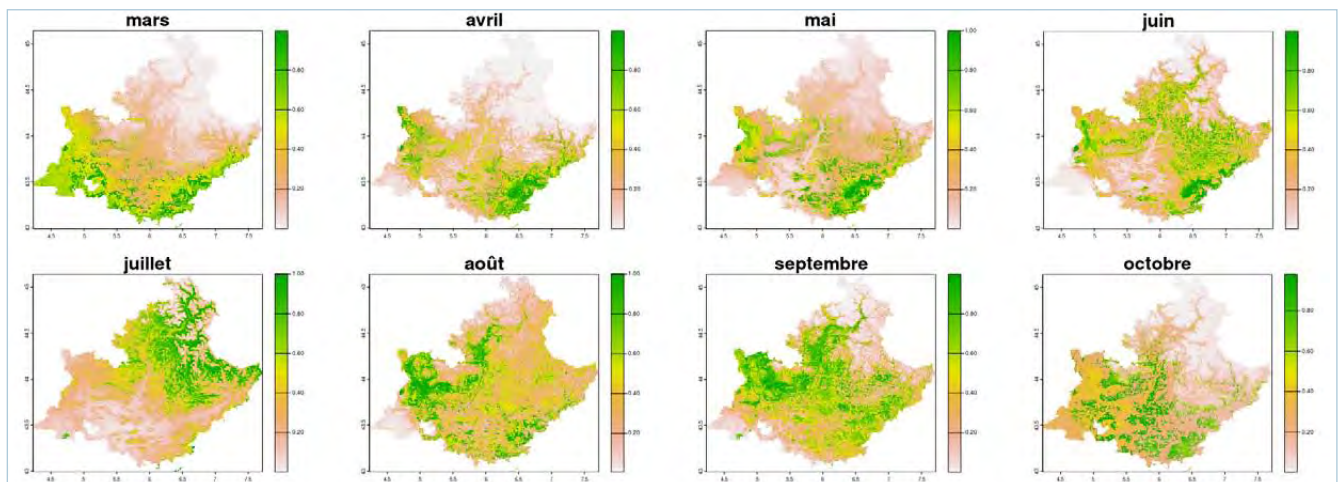
RÉSULTATS

La modélisation des habitats favorables de *B. barbastellus* en région PACA montre une nette variation mensuelle des habitats favorables. Ce mouvement semble aller dans le sens d'une présence dans les secteurs de plaines thermophiles au printemps/automne et plutôt en altitude l'été, lors de la reproduction.

Les valeurs de modélisation illustrent la prépondérance mensuelle de certaines variables. Il s'agit essentiellement de l'occupation des sols, des précipitations et de l'altitude. Une rapide analyse de l'occupation des sols montre que la Barbastelle préfère les milieux forestiers ainsi que les pâturages et zones agricoles.

CONCLUSION

Les résultats préliminaires semblent valider l'hypothèse d'une migration partielle et saisonnière des populations de la



Modélisation des habitats favorables pour *B. barbastellus* en région PACA

Barbastelle en PACA, ce qui nous encourage à approfondir et affiner les modèles.

Pour aller plus loin, nous souhaitons nous baser sur des données plus récentes, notamment satellitaires et des séries temporelles. Nous envisageons aussi de mettre en œuvre une modélisation statistiquement plus robuste. Elle nous permettra de qualifier plus précisément les déplacements et les facteurs influençant son écologie.

D'autres hypothèses seront testées afin d'expliquer l'augmentation pressentie de l'espèce en PACA. Parmi celles-ci, nous aimerions vérifier s'il y a une modification de l'aire de répartition de la Barbastelle depuis 20 ans ou si la récente augmentation de son activité ne pourrait être qu'un biais dû à la démocratisation des enregistreurs passifs.

Remerciements. - Ce projet a été réalisé grâce aux données Vigie-Chiro, nous remercions Yves Bas ainsi que toutes les personnes qui participent à ce programme.

Merci également à David Sheeren (Dynafor) pour son accompagnement.

Lien vers le poster :

https://www.researchgate.net/publication/374194994_Les_Barbastelles_Barbastella_barbastellus_realisent-elles_des_migrations_saisonnières_en_PACA

RÉSUMÉ DE POSTER

Premières observations de lek, marquage territorial et autres comportements sexuels sur une colonie de Grande noctule dans le Massif central

Thomas DARNIS, Olivier VINET, Vincent PARMAN,
Réseau Mammifères à l'ONF ; contact : thomas.darnis@onf.fr

La Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) présente un comportement migratoire complexe, avec des déplacements saisonniers variables selon les régions d'Europe. Une ségrégation sexuelle est observée lors de la mise bas, avec des gîtes distincts pour mâles et femelles, bien qu'une cohabitation locale soit possible (exemple du Biros en Ariège). La Grande Noctule utilise des cavités de pics sur arbres vivants pour la reproduction, mais peu d'informations existent sur les autres périodes du cycle annuel.

L'accouplement n'a jamais été observé dans la littérature, soulevant des questions sur les comportements reproductifs. L'étude menée dans le Massif central par le réseau Mammifères de l'ONF révèle des comportements inédits : lek (chant des mâles en rut pour attirer les fe-

BAS Y., KERBIRIOU C., ROEMER C. & JULIEN J.-F., 2020. - *Bat reference scale of activity levels (Version 2020-04-10) [refPF_Total_2020-04-10.csv]* Muséum national d'Histoire naturelle.

REBELO H. & JONES G., 2010. - Ground validation of presence-only modelling with rare species: a case study on barbastelles *Barbastella barbastellus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of applied ecology*, 47(2): 410-420.

SILLERO N., ARENAS-CASTRO S., ENRIQUEZ-URZELAI U., VALE C. G., SOUSA-GUEDES D., MARTÍNEZ-FREIRÍA F., ... & BARBOSA A. M., 2021. - Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. *Ecological Modelling*, 456: 109671.

melles), harem (plusieurs femelles pour un mâle), marquage salivaire (dont l'intérêt peut être le marquage territorial, l'attraction des femelles...). Par exemple, entre Cantal et Corrèze, 41 arbres-gîtes ont été identifiés, dont huit mixtes à l'automne (hébergeant des mâles et des femelles). Des recaptures ont montré la cohabitation de mâles en rut et de femelles post-allaitantes, suggérant un fonctionnement de type harem. Des observations acoustiques, thermiques et infrarouges ont permis d'identifier des comportements de lek inédits pour cette espèce. La gestion forestière extensive favorise la conservation de cette espèce arboricole, dépendante des arbres à cavité.

L'étude se poursuit en 2025, avec un article scientifique en préparation pour approfondir ces découvertes.

RÉSUMÉ DE POSTER

Activité hivernale des Chiroptères dans la ville de Constantine (Algérie)

Moncef AIT-ABDESSELAM*, Ridha DALHOUMI**, Asmahan OUABED*,
Farid BOUNACEUR*** & Stéphane AULAGNIER****

* Laboratoire d'Hygiène et de Santé Animale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,
Université Ibn Khaldoun, 14000 Tiaret, Algérie

** Laboratoire de Biosurveillance de l'Environnement, Faculté des Sciences de Bizerte,
Université de Carthage, 7021 Zarzouna, Tunisie

*** Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Faculté des Sciences, Université de Tissemsilt, 38000 Tissemsilt, Algérie

**** Comportement et Écologie de la Faune Sauvage, INRAE,
Université de Toulouse, CS 52627, 31326 Castanet-Tolosan, France ; stephane.aulagnier@inrae.fr

En 1912, Weber écrit « voir voler des chauves-souris... par les soirées très fraîches d'Alger, en décembre, en janvier ou en février ». Puis, GAISLER [1983-1984] rapporte une activité hivernale pour la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Kuhl (*P. kuhlii*) et l'Oreillard du Maghreb (*Plecotus gaisleri*), puis GAISLER & KOWALSKI [1986] pour le Minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) et la Sérotine isabelle (*Eptesicus isabellinus*). Plus récemment, FARFAR *et al.* [2017] et LOUMASSINE [2018] ont constaté l'absence d'activité en janvier tant dans la Réserve de Biosphère d'El Kala (nord-est), qu'à Tiaret (région des Hauts Plateaux) ou à Béchar (nord-ouest du Sahara), alors qu'en Tunisie, DALHOUMI *et al.* [2016] ont identifié ces espèces, avec le Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*) autour des points d'eau du Parc National de Bou Hedma, au centre du pays, ce même mois. Ces résultats contradictoires ont motivé une étude bioacoustique de l'activité hivernale des différentes espèces de chauves-souris dans plusieurs habitats d'une ville de la zone méditerranéenne, Constantine.

Les émissions sonores des Chiroptères ont été recueillies dans 10 sites de la ville de Constantine de septembre 2020 à mars 2021 pendant une heure suivant le coucher du soleil avec un détecteur Pettersson D240x, stockées dans un enregistreur Edirol R09 et analysées avec le logiciel Batsound. Les identifications à l'espèce ont été réalisées en utilisant la forme du signal et plusieurs paramètres [Barataud 2002, Ahmim *et al.* 2020] et une sonothèque de référence d'émissions recueillies dans différentes régions nord-africaines. Un contact a été décompté toutes les 37,4 secondes (3,4 pour la détection, 34 secondes pour l'enregistrement).

L'activité des chauves-souris est particulièrement réduite en décembre (n = 113 contacts, vs 219 en janvier et 477 en novembre). Une variation spatiale est notable avec une plus faible activité dans le sud de la ville et notamment en ville ancienne. Douze espèces ont été contactées pendant les six mois de l'étude, 7 en décembre, 8 en janvier et 9 en février. Les espèces les plus communes et actives en hiver ont été la Pipistrelle de Kuhl, le Molosse de Cestoni, la Pipistrelle commune, le Minioptère de Schreibers, le Murin de Capaccini (*Myotis capaccinii*) et le Vespère de Savi (*Hypsugo savii*). La Sérotine isabelle n'a pas été contactée en novembre et décembre.

Aux espèces précédemment capturées en hiver, à Sétif notamment [GAISLER 1983-1984], notre étude rajoute le Murin de Capaccini et le Vespère de Savi à la faveur de l'oued et des falaises qui le surplombent. Ces deux espèces s'avèrent aussi actives qu'à d'autres mois de l'année.

RÉFÉRENCES

- DALHOUMI R., AISSA P. & AULAGNIER S., 2016. - Bat species richness and activity in Bou Hedma National Park (central Tunisia). *Turk. J. Zool.*, 40(6): 864-875.
- FARFAR A., BENDJEDDOU M.L., BOUSLAMA Z., METALLAOUI W., AMARA KORBA R., AMR Z. & ABU BAKER M.A., 2017. - Bats of the El Kala Biosphere Reserve, northeastern Algeria (Chiroptera). *Lynx*, n.s. 48: 79-92.
- GAISLER J., 1983-84. - Bats of northern Algeria and their winter activity. *Myotis*, 21-22: 89-95.
- GAISLER J. & KOWALSKI K., 1986. - Results of the netting of bats in Algeria (Mammalia, Chiroptera). *Věst. čs. Společ. zool.*, 50(3): 161-173.
- WEBER A., 1912. Observations sur l'hibernation des Chiroptères en Algérie. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, 3(7): 152-153.

RÉSUMÉ DE COMMUNICATION

Mise en place d'une stratégie d'échantillonnage des sites d'hibernation à Chiroptères en région Bourgogne

Thibaut COUTURIER*, Alexandre CARTIER*, Nicolas VARANGUIN*,
Adrien JAILLOUX** & Aurélien BESNARD***

* Société d'Histoire naturelle d'Autun - Observatoire de la faune de Bourgogne (SHNA-OFAB),
contact : alexandre.cartier@shna.fr

** Office Français de la Biodiversité (OFB)

*** Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), Montpellier

Le suivi des effectifs de Chiroptères sur leurs sites d'hibernation repose en général sur des comptages réalisés par de nombreux bénévoles et professionnels dans des cavités naturelles ou d'origine anthropique. Cependant ces moyens humains sont bien souvent insuffisants pour prospecter chaque année l'intégralité des sites connus à l'échelle d'un département ou d'une région. La sélection de sites à suivre pour évaluer des tendances de population se base alors bien souvent sur des critères subjectifs tels que les effectifs d'une espèce, l'accessibilité, la proximité des sites, etc. L'absence de mobilisation d'un plan d'échantillonnage spatial (nombre de sites, critères de sélection) et temporel (choix de la fréquence) rigoureux pour sélectionner ces sites peut alors conduire à des estimations de tendances des effectifs biaisées et/ou imprécises. Ces questions d'échantillonnage ont de fait rarement été abordées jusqu'à présent pour ces espèces qui présentent à la fois des effectifs très variables entre sites et très variables dans le temps. Le travail proposé ici visait à proposer la définition de plans d'échantillonnage spatiaux et temporels en Bourgogne afin de fournir des recommandations pour les futurs suivis hivernaux de Chiroptères.

L'ex-région Bourgogne a une forte responsabilité en termes de conservation des Chiroptères car elle accueille plus de 15 000 individus recensés en période hivernale de quatre espèces de l'annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore. La Société d'Histoire naturelle d'Autun (SHNA) coordonne ces suivis depuis plus de 25 ans. Les comptages sont réalisés par un réseau de bénévoles (Groupe Chiroptères Bourgogne). Dans le cadre de ce travail, nous avons mobilisé les données de comptages des différentes espèces collectées entre 2000 et 2019 pour définir les plans d'échantillonnage les plus adaptés.

Nous avons utilisé une nouvelle approche de modélisation qui permet d'estimer les taux de croissance de colonies locales (une pour chaque site d'hibernation) qui

fonctionnent en métapopulation (l'ensemble des sites de la région Bourgogne). Ces taux de croissance locaux des espèces sont alors conditionnés par la croissance globale de l'ensemble des colonies constituant la métapopulation. Cette démarche permet de prendre en compte le fait que les sites d'hibernation soient potentiellement interconnectés entre eux, avec des événements de dispersion possibles d'individus entre ces sites d'une année sur l'autre. Après avoir appliqué ce modèle aux séries temporelles de comptages complètes, nous avons testé plusieurs plans d'échantillonnage spatiaux (tirages d'un nombre croissant de sites, selon plusieurs modalités de tirage) et temporels (tirage d'une année sur deux ou d'une année sur trois) et avons comparé la précision et le biais de ces taux de croissance estimés.

Nous avons montré qu'il était important d'échantillonner préférentiellement les sites à forts effectifs, et ce, pour la majorité des espèces. Nous avons également montré l'importance d'échantillonner au moins 100 sites pour deux espèces : le Petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*) et le Murin de Natterer (*Myotis nattereri*). Pour les autres espèces, il est possible de réduire l'effort d'échantillonnage à 70 sites. Nos analyses montrent aussi qu'il est possible d'échantillonner les sites une année sur deux pour la plupart des espèces, voire une année sur trois pour deux espèces : le Grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) et le Murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*).

Sur la base de ces résultats, nous avons tiré 127 sites à compter une année sur deux, en sélectionnant préférentiellement les sites abritant de forts effectifs. Une première moitié de ces sites a été suivie au cours de l'hiver 2023-2024 afin de tester la mise en œuvre concrète de ce plan d'échantillonnage par les équipes de bénévoles et salariés. Cette approche est à poursuivre pour appliquer cette démarche aux colonies de reproduction et à d'autres régions.

Le rapport méthodologique complet est disponible en ligne avec notamment les scripts permettant de reproduire la démarche par d'autres associations du réseau Chiroptères : <https://hal.science/CEFE/hal-04796755v1>

Bilan de huit années (2016-2024) de recherche sur les infrastructures linéaires de transports et les chauves-souris au sein du CESCO

Fabien CLAIREAU, Tiphaine DEVAUX et Charlotte ROEMER

Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (MNHN, CNRS, SU), 43 rue Buffon 75005 Paris, France

Résumé. - Ce bilan de huit années de recherche s'intéresse aux effets des infrastructures linéaires de transport sur les Chiroptères, un groupe biologique peu étudié pour cette question mais susceptible d'être très impacté. Nos travaux de recherche améliorent les connaissances et complètent des études existantes. Nous nous sommes intéressés à mieux comprendre la zone d'effet des autoroutes, la rupture de continuités écologiques, la sensibilité aux collisions routières, la structuration génétique des populations. Nous avons également testé l'efficacité de certaines mesures de réduction actuellement mises en œuvre pour réduire les impacts négatifs.

INTRODUCTION

Les chauves-souris utilisent des éléments structurant au sein d'un paysage tels que les haies pour se déplacer et chasser. La création d'une infrastructure de transport au sein d'un paysage amène à de profondes modifications de fonctionnement des écosystèmes en place. Concernant les impacts connus sur les chauves-souris, la littérature fait notamment état de la réduction du domaine vital, la destruction d'habitats de chasse et de transit, la rupture des continuités écologiques, la mortalité par collision routière, l'éclairage artificiel par les phares des véhicules ainsi que le bruit généré par ceux-ci, et enfin l'effet barrière.

L'APPORT DE NOS TRAVAUX DE RECHERCHE

Zone d'effet des autoroutes

Les connaissances précédant nos travaux de recherche montrent un effet négatif des infrastructures autoroutières sur l'activité des chauves-souris, appelé « *road-effect zone* », allant jusqu'à 1,6 km de part et d'autre de l'autoroute pour la Pipistrelle commune [BERTHINUSSEN & ALTRINGHAM 2012]. Cette *road-effect zone* conduit à une fréquentation des chauves-souris de plus en plus réduite dès lors que l'on s'approche d'une autoroute. Les travaux britanniques ont trouvé un effet sur la Pipistrelle commune jusqu'à 1,6 km de distance de l'autoroute sans trouver de seuil de distance d'impact (leur zone d'échantillonnage étant de 1,6 km de part et d'autre). C'est ainsi que nous avons cherché à identifier un seuil d'impact, et à déterminer si d'autres espèces pouvaient similairement être impactées.

Les travaux conduits nous amènent à établir que la zone d'effet des autoroutes peut aller jusqu'à 5 km (voire 6 km, en fonction de la configuration du paysage) de distance de part et d'autre d'une autoroute. Cette zone impacte plusieurs espèces ou groupes d'espèces : Pipistrelle commune, Sérotine commune, groupes des Murins, le Petit rhinolophe et les espèces spécialisées de milieux encombrés (boisements...).

Ces travaux ont fait l'objet des publications suivantes :

- CLAIREAU F., BAS Y., PAUWELS J., BARRÉ K., MACHON N., ALLEGRIANI B., PUECHMAILLE S.J., KERBIRIOU C., 2019. - Major roads have important negative effects on insectivorous bat activity. *Biological Conservation* 235, 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.002>
 - (sans évaluation par les pairs) : DEVAUX T., VIGNON V., KERBIRIOU C., 2024. - Multiregional Assessment of Roads Effects on Bats Across Multiple Road-Related Factors. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4755997>
- Plus de détails sont disponibles dans les actes des Rencontres nationales Chauves-souris de 2021.

Rupture des continuités écologiques

La rupture des continuités écologiques est connue comme un facteur empêchant les chauves-souris de se déplacer au sein d'un paysage du gîte vers les terrains de chasse. Des premiers travaux menés en Bretagne ont montré qu'une trouée de plus de 40 m au sein d'un réseau de haies fait baisser significativement l'activité des chauves-souris et notamment pour la Pipistrelle commune [BERTHE *et al.* 2012a, b]. Nos travaux de recherche menés en partenariat et pilotés par le CNRS de Chizé ont démontré qu'une trouée de 38 m dans le réseau de haies réduit de 50 % la probabilité de franchissement du Grand rhinolophe. Cette distance est généralement celle observée pour la largeur d'une autoroute.

Ce travail de recherche a fait l'objet de la publication suivante :

- PINAUD D., CLAIREAU F., LEUCHTMANN M., KERBIRIOU C., 2018. - Modelling landscape connectivity for greater horseshoe bat using an empirical quantification of resistance. *Journal of Applied Ecology* 55, 2600-2611. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13228>

Sensibilité des chauves-souris à la collision routière

Avant nos travaux, il était généralement admis que les espèces de bas vol (Rhinolophes, Murins de petite taille, Oreillard) étaient les plus sensibles aux collisions routières

car volant dans la zone à risque de collision [FENSOME & MATHEWS 2016]. De plus, les éléments paysagers entraînant les plus forts risques de collision n'étaient pas formellement caractérisés. Nos travaux de recherche sur routes départementales (2x1 voie) n'ont pas pu étudier les Rhinolophes. Cependant, pour tout le reste du cortège de Chiroptères, nous montrons que : (i) beaucoup d'espèces suivent l'axe de la route quand elles volent, peu importe le type de paysage, (ii) les espèces volant dans des altitudes intermédiaires (Pipistrelles et Minioptère) ont statistiquement un plus grand risque de collision que les espèces de bas et haut vol et (iii) les routes forestières entraînent les plus forts risques de collision.

Ce travail de recherche a fait l'objet de la publication suivante :

- ROEMER C., COULON A., DISCA T., BAS Y., 2021. - Influence of local landscape and time of year on bat-road collision risks. *Peer Community Journal* 1, e54. <https://doi.org/10.24072/pcjournal.59>

Plus de détails sont disponibles dans les actes des Rencontres nationales Chauves-souris de 2022.

Effet sur la structuration génétique des populations

Aucune étude n'existait sur l'effet des autoroutes sur la structuration génétique des populations. Nos travaux de recherche préliminaires se sont intéressés au Petit rhinolophe, espèce considérée comme sensible aux modifications du paysage. Nos premiers résultats semblent démontrer un effet des 2x2 voies sur les échanges d'individus. Les individus de gîtes situés sur le même côté d'une route échangeraient plus de gènes que des individus de gîtes séparés par une route.

Par manque de répliques, ces travaux n'ont pas pu être publiés mais les premiers résultats sont accessibles au sein de la thèse suivante :

- CLAIREAU F., 2018. - Évaluation des impacts de la fragmentation du paysage par une autoroute sur les chauves-souris à différentes échelles spatio-temporelles. (Thèses). Museum national d'Histoire naturelle – MNHN PARIS; Greifswald university.

Plus de détails sont disponibles dans les actes des Rencontres nationales Chauves-souris de 2021 et depuis ce travail exploratoire, un travail de recherche sur le sujet (hors France) a été publié :

- MEDINAS D., RIBEIRO V., BARBOSA S., VALERIO F., MARQUES J.T., REBELO H., PAUPÉRIO J., SANTOS S., MIRA A., 2023. - Fine scale genetics reveals the subtle negative effects of roads on an endangered bat. *Science of The Total Environment* 869, 161705. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161705>

Mesures pour réduire les impacts négatifs

Compte tenu de l'ampleur des impacts constatés, nos travaux de recherche se sont orientés vers les solutions permettant de les réduire. Des méthodes d'évaluation d'efficacité des ouvrages dédiés (appelés chiroptéroducts) à la restauration des connectivités. Nos travaux se sont également portés sur les passages à faune (écoponts).

Concernant les chiroptéroducts, nos résultats montrent que les chauves-souris peuvent franchir la route au niveau des ouvrages dédiés et s'ils sont correctement placés dans un corridor écologique. Par ailleurs, les ouvrages dédiés ont des résultats mitigés : ils semblent avoir une réelle efficacité s'ils sont placés dans un corridor écologique étroit (haie) et sans pour autant présumer d'un rétablissement total de la connectivité des habitats (manque de données avant construction de la route). Ainsi, d'autres études sont nécessaires concernant les ouvrages dédiés dans les boisements afin de les rendre plus efficaces pour le franchissement en sécurité (études en cours sur l'A89). L'étude d'un ouvrage expérimental montre que la hauteur de vol des chauves-souris augmente significativement ainsi que la connectivité.

Ces travaux ont fait l'objet des publications suivantes :

- CLAIREAU F., BAS Y., PUECHMAILLE S.J., JULIEN J.-F., ALLEGRINI B., KERBIRIOU C., 2019. - 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>
- CLAIREAU F., BAS Y., JULIEN J.-F., MACHON N., ALLEGRINI B., PUECHMAILLE S.J., KERBIRIOU C., 2019. - 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., KERBIRIOU C., CHARTON F., BRAGA C.D.A., FERRAILLE T., JULIEN J.-F., MACHON N., ALLEGRINI B., PUECHMAILLE S.J., BAS Y., 2021. Bat Overpasses Help Bats to Cross Roads Safely by Increasing Their Flight Height. *Acta Chiropterologica* 23, 189-198. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2021.23.1.015>

Concernant les passages à faune, nos résultats montrent que les chauves-souris à fort risque de collision franchissent significativement au niveau de l'écopont. Par ailleurs, si les points de contrôle (témoins) montrent une plus forte activité que les points impacts (localisation des écoponts), ce sont les écoponts qui sont plus propices aux traversées de routes en sécurité par les chauves-souris.

Ce travail de recherche a fait l'objet de la publication suivante :

- FERRAILLE T., LHERONDEL C., CLAIREAU F., 2024. - Are Green Bridges Used by Bats to Safely Cross the Road? *Acta Chiropterologica* 26. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2024.26.1.004>

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nos travaux de recherche montrent qu'il est nécessaire de privilégier les requalifications/modernisations de route et lors de projets de nouvelles routes, la nécessité d'éviter les zones boisées. Des travaux de recherche nécessitent d'être poursuivis concernant les mesures de réduction : comment améliorer les mesures de réduction en zone de boisement et diminuer la mortalité ? Quel est l'impact de la vitesse des véhicules sur les risques de collision ? Par ailleurs, il existe des incertitudes pour trouver comment compenser

ces impacts négatifs et notamment la compensation de : (i) la perte d'activité de chasse et de transit allant pour plusieurs espèces à 5 voire 6 km (ii) la perte d'habitat liée à la construction (iii) les ruptures de continuités. Et dans ce dernier cas, quid de la faisabilité de relier les impacts dans le cadre des études en lien avec les remembrements associés (étude d'aménagement foncier). Enfin, d'autres questions comme quel est l'impact d'un projet de route en construction sur l'activité des chauves-souris ?

Remerciements. - Nos travaux de recherche n'auraient pu se faire sans l'aide technique et financière d'Alkios, Naturalia-Environnement, Office de Génie Écologique, Biotope, l'Agence Nationale de Recherche et Technologie et le Muséum national d'Histoire naturelle.

Nous tenons à remercier nos partenaires universitaires également : Université de Greifswald, le laboratoire « Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier » (ISEM), le laboratoire « Ecologie et santé des écosystèmes » (ESE), le CNRS de Chizé, le programme ITTECOP, la fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), et le laboratoire « Centre d'Écologie Fonctionnelle et Evolutive » (CEFE).

Nous remercions également les partenaires privés : Vinci Autoroutes, le groupement Colas construction, les services Départementaux des routes de l'Hérault, du Gard,

de l'Aude, du Var, des Alpes-Maritimes, des Bouches-du-Rhône, Nature Environnement 17, Picardie Nature, Bretagne Vivante, la Société d'Histoire Naturelle d'Autun, le Groupe Chiroptères Pays de la Loire et la Ligue pour la Protection des Oiseaux d'Indre-et-Loire.

Enfin, nous remercions l'ensemble des participants au programme Vigie-Chiro, nos encadrants scientifiques : Christian Kerbiriou, Yves Bas, Sébastien Puechmaille, Aurélie Coulon, Romain Julliard et Nathalie Machon.

BIBLIOGRAPHIE

- BERTHE S., PETIT É., ANOTTA J.P., 2012a. - Conséquences du remembrement et de la fragmentation des haies sur l'activité des Chiroptères du Coglais (35). Université La Rochelle.
- BERTHE S., PETIT É., ANOTTA J.P., 2012b. - Conséquences du remembrement et de la fragmentation des haies sur l'activité des Chiroptères du Coglais (35). *Symbioses*, actes des XIII^{es} Rencontres nationales Chauves-souris, 28 : 71-72.
- BERTHINUSSEN A., ALTRINGHAM J., 2012. - The effect of a major road on bat activity and diversity. *J. Appl. Ecol.* 49(1): 82-89. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02068.x>
- FENSOME A. G. & MATHEWS F., 2016. - Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. *Mammal Review*, 46(4): 311-323.

RÉSUMÉ DE COMMUNICATION

Synthèse nationale - Actualisation des effectifs nationaux et du nombre de sites à Chiroptères

Fanny PAPERIN CARILLO & Sébastien ROUÉ
Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères

Dans le cadre de l'action « Observatoire » du 3^e Plan National d'Actions en faveur des Chiroptères (2016-2025), cette synthèse nationale présente une actualisation des effectifs et du nombre de sites fréquentés par les Chiroptères en France métropolitaine. Elle repose sur une base de données inédite, constituée entre 2021 et 2025, centralisant 43 059 données pour 30 espèces et 5 complexes d'espèces.

Ce travail collaboratif, coordonné par la SFPEM, a mobilisé l'ensemble des coordinateurs Chiroptères régionaux et de nombreuses structures partenaires. La méthodologie s'appuie sur une moyenne d'effectifs sur la période 2010-2020, distinguant sites estivaux et hivernaux.

Les résultats, bien que non exhaustifs, reflètent l'état actuel des connaissances sur les populations de Chiroptères et témoignent de l'efficacité de la centralisation des données obtenue dans le cadre de ce projet.

Cette synthèse constitue un socle actualisé pour la hiérarchisation des gîtes protégés ou à protéger, et souligne la nécessité de renforcer les efforts de prospection et de coordination à l'échelle nationale afin de combler les lacunes et de suivre les tendances à long terme.

Nous vous invitons à consulter la synthèse disponible sur le centre de ressource de l'Observatoire National des Mammifères :

- ROUÉ S., ROUY Q., PAPERIN CARILLO F., MONTIER G., BRUNOD P., 2025.- Synthèse nationale – Actualisation des effectifs nationaux et du nombre de sites à Chiroptères. SFPEM-CCN, 69 p. http://www.observatoire-mammiferes.fr/static/docs/SFPEM_ONM_SyntheseNationale_Chiropteres-1_VF3_aout2025_compressed.pdf

Analyse comparée de quatre enregistreurs passifs d'ultrasons, quelles conséquences pour l'analyse et l'interprétation des données d'activité de Chiroptères ?

Thierry DISCA

Directeur d'études et chiroptérologue au bureau d'études Biotope – tdisca@biotope.fr

Depuis l'apparition des enregistreurs automatiques et leur usage de plus en plus courant, voire exclusif, pour étudier l'activité des Chiroptères, très peu d'études comparatives des produits et de leur performance ont vu le jour. La plus célèbre, celle de ADAMS *et al.* (2012), date déjà de 10 ans, alors que plusieurs générations de nouveaux détecteurs et de micros sont arrivées sur le marché et sont largement utilisées.

Pourtant, plusieurs problèmes se posent pour les fabricants d'enregistreurs qui font des choix divers à tous les niveaux de la chaîne d'acquisition entre une chauve-souris émettrice et l'écriture d'un fichier numérique. Des disparités peuvent donc apparaître notamment en lien avec la diversité des micros proposés, leur degré d'usure, les divers réglages de sensibilité et de l'amplification du signal, les options prises pour le fonctionnement des triggers, etc. On peut donc légitimement se demander s'il est bien raisonnable de comparer les résultats obtenus par différents enregistreurs, ce qu'ils signifient et les conséquences que cela peut avoir pour leur interprétation.

Le bureau d'études Biotope, en partenariat avec un exploitant éolien, s'est donc lancé dans une première étude visant à tester et comparer cinq dispositifs installés durant un mois et demi sur mât de mesure dans le sud de la France : un Batlogger WE-X, un GSM Batcorder, un BatmodeS +, et deux SM3BAT équipés de micros différents (SMM-U1 protégé dans un cylindre PVC avec réflecteur inox et SMM-U2 libre). Pour mieux comparer les différents enregistreurs, même si les process de réglages sont différents, nous avons réglé les paramètres propres à chacun des appareils en suivant certaines préconisations tirées de ADAMS *et al.* (2012).

En préambule, il faut rappeler qu'en détection passive, ce qui est comptabilisé au final ce sont des fichiers numériques dont le nombre peut être fortement dépendant du matériel puisqu'il dépend principalement de la sensibilité du micro, des réglages de gain et du trigger dont le fonctionnement est plus ou moins complexe et différent d'un modèle d'enregistreur à un autre, et de plus soumis à diverses options de réglage. Alors qu'en détection active, c'est un observateur humain qui écoute et comptabilise tous les contacts de Chiroptères sur une base conventionnelle établie par M. Barataud de un contact = un passage de 5 secondes maximum [in BARATAUD, 2020]. L'observateur peut même comptabiliser plusieurs individus et donc plusieurs contacts lors d'un même passage, alors qu'une

analyse automatique par logiciel, hormis Sonochiro, ne donne en général qu'un contact (ou espèce) par fichier. Dans cette méthode active, le résultat produit est donc moins soumis aux disparités des détecteurs employés, l'humain remplaçant la fonction trigger.

Les résultats obtenus lors de cette étude apportent plusieurs enseignements.

En premier lieu, on constate des différences importantes en termes de qualité des enregistrements délivrés, bien que les capsules micro utilisées soient de technologie comparable. Sur ce point le Batlogger WE-X et le SM3BAT avec micro SMM-U2 se placent en tête. En second lieu, il se confirme une forte disparité en termes de détectabilité. Cela se traduit par des défauts de détection plus ou moins importants selon les appareils et donc une production significativement différente du nombre de fichiers exprimant les contacts de Chiroptères. Outre les différents réglages de gain, de sensibilité... et les problématiques de filtrage, les conceptions assez différentes des triggers de chacun des appareils testés sont probablement à l'origine de la disparité des résultats obtenus. Pour le GSM-Batcorder, la fonction très sélective du trigger implique assez peu de cris détectés et des fichiers globalement très courts en durée. Le filtrage très sévère de son filtre passe haut, réglé à 14 kHz, a engendré une forte défaillance de détectabilité sur le Molosse de Cestoni. Le Batmode a montré une instabilité dans le nombre de fichiers produits et leur durée. Lors des nuits très ventées, le Batmode déclenche assez peu et a tendance à rater des événements en raison du système de calibration régulière du micro en fonction du bruit ambiant.

Le choix du matériel peut ainsi entraîner des conséquences importantes sur les résultats d'une étude et leur analyse. Pour le montrer, nous avons choisi d'analyser les résultats obtenus à partir des cinq dispositifs dans le but d'établir des scénarii de bridage d'éoliennes. Il s'agit alors de croiser les données d'activité obtenues avec les paramètres de vent et de température enregistrés pour établir des fonctions de cumul ou d'affinité. Les écarts de données fournies par les différents dispositifs ont engendré des modélisations plus ou moins précises. Des défauts d'appréciation et une limite de la pertinence des modèles obtenus se sont exprimés pour les appareils ayant fourni peu de fichiers positifs et/ou ayant raté des événements rares, notamment le Batmode ou le GSM-Batcorder dont la quantité de données à 50 mètres est bien moindre qu'avec les autres détecteurs.

Face à cette hétérogénéité de comportement qui conduit à des écarts de résultat importants lorsque l'on comptabilise les fichiers, autrement dit le nombre de contacts bruts, la mesure de l'activité exprimée en minutes positives permet de lisser quelque peu les écarts et les différences de fonctionnement. Trois des cinq dispositifs ont donné en effet des résultats similaires en minutes positives : le SM3BAT avec microphone U2, le Batlogger WE-X et le Batmode.

Il n'apparaît donc pas pertinent de comptabiliser les fichiers comme unité de contacts lorsque l'on emploie des enregistreurs passifs pour étudier l'activité des Chiroptères. Et vu l'émergence rapide de nouveaux produits, cette étude montre qu'il est préférable pour limiter l'effet des disparités de matériel, d'avoir recours comme le préconisait MILLER [2001] et HAQUART [2013] à un lissage de l'unité de dénombrement des contacts en minutes positives, plutôt que de chercher à standardiser les produits et les réglages.

RÉFÉRENCES

- ADAMS A. M., JANTZEN M. K., HAMILTON R. M., FENTON M. B., 2012. - Do you hear what I hear? Implications of detector selection for acoustic monitoring of bats. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(6), 992-998.
- BARATAUD M., 2020. - *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse*. 4^e éd. Biotope éditions, Mèze, MNHN, Paris. 360 p.
- HAQUART A., 2013. - *Actichiro, Référentiel d'activité des Chiroptères, Eléments pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française*. Mémoire de diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes.
- MILLER B.W., 2001. - A Method for Determining Relative Activity of Free Flying Bats Using a New Activity Index for Acoustic Monitoring. *Acta Chiropterologica*, 3(1): 93-105.

RÉSUMÉ DE POSTER

ActiChiro, un référentiel d'activité acoustique des Chiroptères

Cindy GIDOIN, Nicolas CARENTON, Yves LE BRAS, Julien TRANCHARD, Ludivine DOYEN
d'après une idée originale d'Alexandre HAQUART et Thierry DISCA

L'évaluation de l'impact des parcs éoliens sur la mortalité des chauves-souris repose de plus en plus sur les suivis acoustiques. Pour être interprétées, ces données doivent être comparées à des bases de référence homogènes. Biotope a ainsi développé **ActiChiro**, une base rassemblant plus de 80 000 nuits d'enregistrements (2014-2023) dans 47 départements, au sol et à la hauteur des nacelles. L'outil classe l'activité des chauves-souris en cinq niveaux grâce à une méthode statistique robuste.

Disponible via une application **R-Shiny**, ActiChiro permet de personnaliser les jeux de référence selon des critères spatiaux et temporels, tout en garantissant une standardisation des relevés. De nouveaux enregistrements peuvent facilement enrichir la base. Cet outil ouvre la voie

à des applications concrètes : optimisation des stratégies de bridage des éoliennes, mise en relation entre activité et mortalité, et amélioration des connaissances écologiques sur les chauves-souris.

RÉFÉRENCES

- HAQUART A., 2016. - ACTICHIRO - un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustiques en France. *Symbioses*, n.s., 34: 1-8.
- BARRÉ K., KERBIRIOU C., 2021. - Activité de vol des Chiroptères à hauteur des pales des éoliennes : quels déterminants de la variation spatio-temporelle de cette activité? UMR7204 CESCO-MNHN, 37 p.

RÉSUMÉ DE TABLE RONDE

La prise en compte des chauves-souris lors de démolition ou d'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) des bâtiments

Laurent ARTHUR

Pour le Groupe de travail Faune et bâti

Les demandes d'expertise pour des immeubles voués à démolition ou à rénovation se multiplient. Le but de cette table ronde était de partager les expériences acquises sur le terrain avec ceux qui sont maintenant tentés de participer à ce défi qui est, en même temps, une nécessité. Il s'agit en effet d'assurer la protection des chauves-souris à partir d'un diagnostic et, dans le cadre des mesures Éviter-Réduire-Compenser (ERC), de sécuriser les animaux tout le long du chantier, jusqu'à la pose de nouveaux gîtes.

Sept intervenants ont animé cette table ronde.

Morgan Boulay pour Picardie Nature présentait une expérience de réimplantation d'un réseau de gîtes basée sur un diagnostic des potentialités, ainsi qu'un exemple d'une nouvelle implantation de gîtes artificiels au sein de coffrages isolés en saillie sur façade. Elle clôturait son intervention sur la découverte de plusieurs dizaines de pipistrelles en phase chantier, avec une extraction d'une partie des chauves-souris pour leur mise en sécurité [Boulay & Declercq 2025]. Ce type de démarche n'est pas sans risque si la captivité des animaux doit se prolonger au-delà de quelques jours.

Romain Gandolfi et Sophie Declercq, toujours pour Picardie Nature, traitaient d'une réhabilitation d'un bâtiment à Saint-Quentin avec la volonté de redonner aux chauves-souris de grands espaces verticaux imitant les joints de dilatation. Ces gîtes modulaires, en béton de bois, possèdent une partie inférieure comportant l'accès, et deux parties, intermédiaire et supérieure, connectées ensemble.

Laurent Arthur, de l'association Chauve-qui-peut, relatait un suivi de chantier sur un immeuble de 10 étages occupé initialement par une quinzaine de pipistrelles et par 150 noctules communes en hibernation. Ces dernières parties à la mi-mars, le bâtiment était prêt à être grignoté par les pelles. Après les opérations de curage, lors d'une ultime visite de sécurité, une dizaine de pipistrelles dispersées étaient localisées. Même en plein hiver, en cas d'augmentation des températures, les pipistrelles sont particulièrement mobiles au sein des immeubles et peuvent changer d'étage et de

localisation de manière quotidienne [Arthur 2024]. Les techniques d'extraction ne doivent se faire qu'en dernier recours et lorsque les bêtes sont peu nombreuses, bien visibles et accessibles, par exemple dans les linteaux des fenêtres. Une bonne pratique consiste à toujours vérifier les bâtiments juste avant les démolitions car les curages créent de nouvelles anfractuosités qui peuvent être rapidement colonisées par ces espèces mobiles.

Christophe Borel, de Natura Scop, expliquait quant à lui dans le cadre des mesures ERC, des modèles techniques de conservation d'habitats dans diverses anfractuosités d'immeuble en phase de rénovation thermique. Il s'agit d'une part de conserver des réservations dans les corniches disjointes des acrotères pour que les chauves-souris continuent à accéder aux parties internes, en traversant l'isolation, et d'autre part de doter les couvertines de l'acrotère de coiffes adaptées, avec des surcoûts financiers très faibles. Il a évoqué également les contraintes sur les chantiers, allant jusqu'à prôner d'être polyglotte.

Edouard Ribatto, de Natura Scop, expliquait une expérience de cogestion d'un contrôle d'habitat et de sécurisation avec une entreprise alors que Rodolphe Majurel, de Bativersité, présentait principalement une réalisation de travaux de rénovation de bâtiments tout en préservant les chauves-souris, en évitant toute perturbation ou destruction de leurs habitats. La solution retenue a été de laisser un accès libre aux anfractuosités entre deux plaques d'isolation thermique par l'extérieur, assurant ainsi la continuité de leur habitat.

RÉFÉRENCES

- ARTHUR L., 2024. - Bilan du Plan climat et chauves-souris dans le Cher. *Envol des Chiros*, 37: 32-35.
- BOULAY M., DECLERCQ S., 2025. - Démolition d'un moulin en béton désaffecté avec chauves-souris. *Envol des Chiros*, 38: 16-17.

Vers une action nationale pour la Noctule commune. Imaginer un programme ambitieux de conservation à grande échelle?

Paul HUREAU, Laurent ARTHUR, Benjamin MÊME-LAFOND, Thomas LE CAMPION
animateurs bénévoles du Groupe de Travail Noctules de la Coordination Chiroptères Nationale (CCN)

La Noctule commune (*Nyctalus noctula*) fait parler d'elle depuis bien longtemps dans certaines régions de France, ce qui ne l'a pas empêchée d'être quelque peu laissée de côté quant aux espèces de l'Annexe II et IV de la Directive Habitats-Faune-Flore. Les discussions de ces dernières années tendaient à montrer une nette diminution de l'espèce mais aucune synthèse nationale fiable n'existait. Les moyens et mesures de protection de cette espèce, trop peu nombreux, étaient dérisoires face à l'ampleur de la tâche. À l'heure actuelle, de nombreux chantiers d'abattages d'arbres, de rénovation des bâtiments et d'implantation de parcs éoliens jouent en la défaveur de la Noctule commune et il est plus qu'urgent d'agir.

Depuis 2023 et grâce à l'impulsion de quelques personnes, un groupe de travail (GT) national de la Coordination Chiroptères Nationale (CCN) de la SFPEM (Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères) a été activé. Celui-ci s'est donné pour objectif de dresser un état des lieux des trois espèces de *Nyctalus* en France en se focalisant d'abord sur la Noctule commune. L'idée est également de créer une impulsion du réseau afin d'étendre les recherches et de mieux cerner le rythme biologique de cette espèce encore trop méconnue. De nombreuses actions sont mises en place depuis 2023, un Plan régional d'Actions Noctule commune en Pays de la Loire qui aura donné lieu à une présentation lors de ces Rencontres 2024 de Bourges, des suivis arboricoles, d'ouvrages d'art et de bâtiments dans le Cher, des poses de balises GPS, SigFox dans plusieurs départements... Il est important de mentionner également le travail des autres GT de la CCN qui œuvrent à la protection de la Noctule commune directement ou indirectement. Le GT rénovation énergétique et démolitions ainsi que le GT éolien se montrent fort actifs, autant au niveau des échanges mensuels que des publications que vous pouvez retrouver sur le site de la SFPEM dans la « boîte à outils » (<https://www.sfepm.org/publications-sur-les-chauves-souris.html>).

La récupération des informations concernant les noctules a permis d'effectuer un premier état des lieux des effectifs connus par département et par région. Il figure dans le document SFPEM, 2025 - *Synthèse nationale: Actualisation des effectifs nationaux et du nombre de sites à Chiroptères*. Les cartes et les effectifs présentés aux différentes saisons biologiques sont issus d'un travail de centralisation des données du groupe de travail Noctules de la CCN.

Ce bilan veut être le plus représentatif possible de l'effectif national connu avant d'engager des actions d'amélioration des connaissances sur ces espèces. C'est pourquoi la méthodologie utilisée pour aboutir à ces effectifs régionaux diffère de celle mise en place pour les autres espèces de la synthèse nationale. Les régions ont été sollicitées afin de faire remonter l'ensemble des sites connus et actifs sur la période 2014-2024. À la différence de l'ensemble des espèces de la synthèse, c'est l'effectif maximum d'adultes par site qui a été pris en compte. Des informations sur les types de gîtes ont également été demandées. Enfin, la liste des producteurs de données figure également sur les cartes.

Pour la première fois, une synthèse peut donc être mise en avant, démontrant les efforts de prospection importants pour la Noctule commune durant la dernière décennie. Voilà qui donne envie de poursuivre et d'accroître nos efforts.

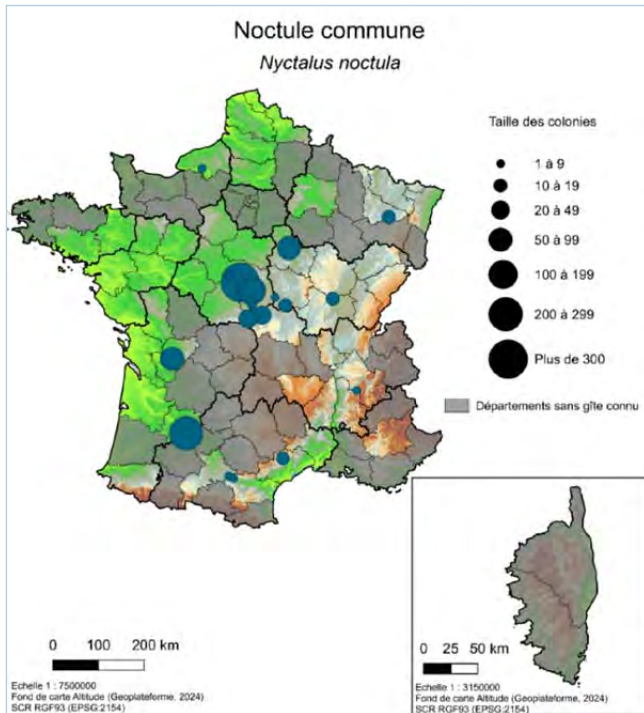
L'effort de prospection des cinq dernières années a fortement augmenté dans de nombreuses régions. Les réseaux bénévoles et salariés se sont mobilisés souvent par un phénomène de « tache d'huile » des réseaux voisins qui découvraient de nouvelles colonies.

Cette synthèse sur la Noctule commune permet de montrer :

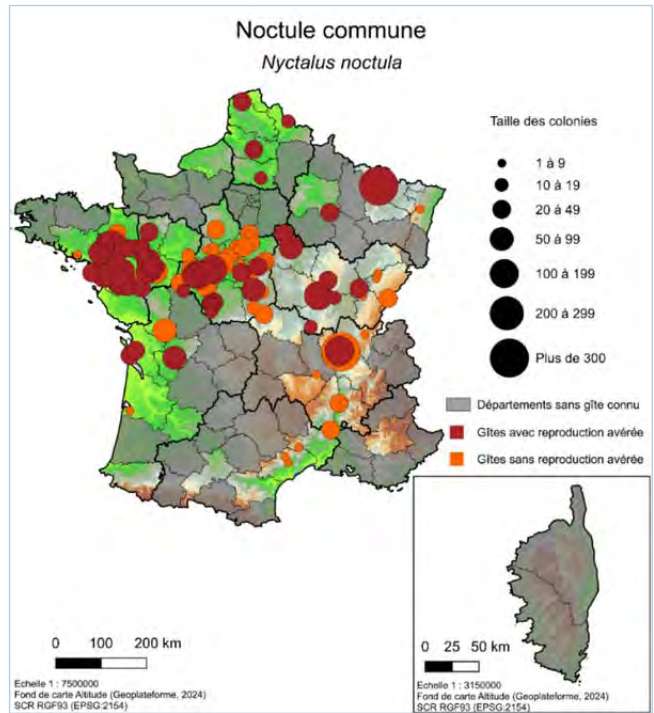
- que la période estivale semble à privilégier pour découvrir de nouveaux gîtes, contrairement à l'hiver, sauf en cas d'abattage d'arbres (ex. : abattage d'un vieux platane en Alsace en janvier 2013 qui abritait une colonie de 488 noctules communes) ;
- que cette espèce, fortement migratrice, pose de nombreuses questions quant à ses périodes de reproduction, sa fidélité aux gîtes ainsi que sa présence hivernale sur le territoire ;
- que les régions Centre - Val de Loire et Pays de la Loire concentrent à elles seules plus de la moitié de l'effectif national estival connu.

Ces cartes issues d'un travail collectif, montrent la dynamique nationale pour un groupe d'espèces qui était jusque-là un peu oublié et difficile à appréhender.

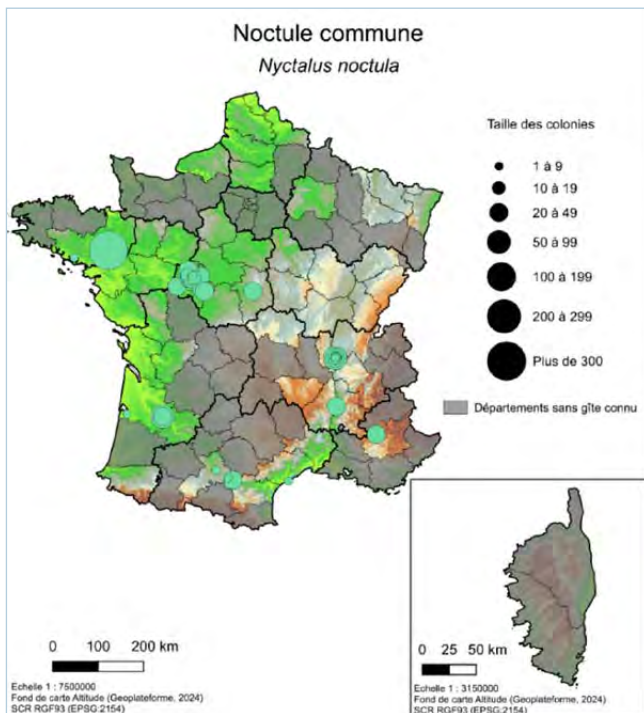
Remerciements. - Merci à l'ensemble du réseau, salariés et bénévoles des structures, pour l'effort de synthèse, la remontée et l'acquisition de ces données de terrain précieuses. Merci également à la SFPEM ainsi qu'aux membres du GT Noctules pour la restitution de ce travail.



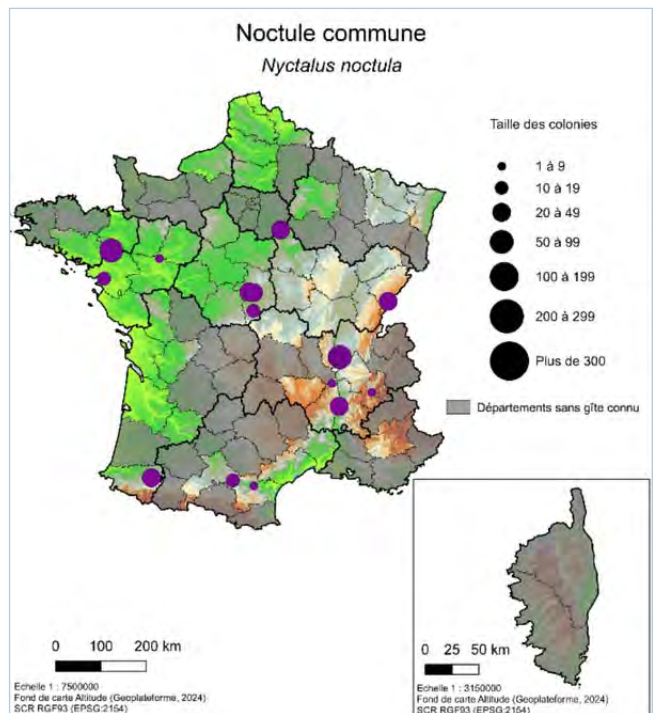
Carte 1 - Hiver



Carte 3 – Été et mise bas



Carte 2 – Transit printanier



Carte 4 – Transit automnal

Cartographies de la taille des colonies par gîte. Réalisation Paul Brunod, SFPEM coordination chiroptères nationale, février 2025. Liste des structures productrices de données : ANA, ANEPE Caudalis, ASELLIA, CEN47, Charente Nature, CMNF, CPEPESC FC, CPEPESC Lorraine, CPIE49/GCPDL, CS Auvergne, Dôle Environnement, DSNE, Écosphère. Étude d'impact IEA, Eva Chéramy. Gauthier ALARIC DUMONT, GCC, GCLR, GCPDL, GCRA, GEPMA, GMB, GMN, GNLA, Groupe Chiroptères Aquitaine, Groupe Chiroptères Loiret, Indre Nature, Jean-Yves COURTOIS, LNE, LPO AURA, LPOCVL, LPOCVL, LPO49, LPO69, MNE, Muséum Bourges - Chauve-Qui-Peut, Nature Nichoirs, NE17, Olivier Touzot, ONF, Orléans Métropole, Perche Nature, Picardie Nature, PNC, Rémi HANOTEL, SEPANLOG, SHNA-OFAB, SNE, VNE

Chiroptères et veille sanitaire : état des lieux

Introduction de la table ronde veille sanitaire

Julie MARMET (coord.)
julie.marmet@mnhn.fr

Les chauves-souris sont capables de vivre avec une communauté virale large et diverse, le plus souvent de façon asymptomatique. L'une des raisons reposerait sur la particularité de leur système immunitaire qui leur permettrait d'atteindre un équilibre afin de limiter, voire d'éviter les effets délétères liés à l'infection, tout en tolérant la présence de ces virus, ce qui en fait des animaux réservoirs modèles. Cependant, des événements de mortalité ont pu être observés dans les populations de Chiroptères de différentes espèces à travers le monde, mettant parfois en péril leur survie. Les épizooties représentent donc un enjeu fort pour la conservation des populations de Chiroptères.

Dans ce contexte, il est essentiel d'assurer une veille sanitaire nationale. Basés sur la réactivité et la forte implication des chiroptérologues, plusieurs réseaux ont alors été mis en œuvre : la surveillance nationale de la rage des chauves-souris menée par l'ANSES, le suivi de la mortalité anormale des Chiroptères (SMAC-SAGIR) coordonné par l'OFB et le suivi des cas de « nez blanc » mené par l'Université de Montpellier. En parallèle de ces programmes qui sont amenés à gérer du matériel biologique, une volonté de structurer et coordonner un réseau pour la collecte, le stockage et la valorisation de ce matériel biologique à l'échelle nationale a également vu le jour (plateforme CACCHI, MNHN).

Dans le cadre du Plan National d'Actions Chiroptères (PNAC), la fiche action « Veille sanitaire » a pour objectif d'assurer une bonne articulation de ces suivis. À travers l'implication d'un groupe de travail, elle a également pour but de référencer et suivre les projets portant sur l'éco-épidémiologie des chauves-souris, de mettre à disposition une expertise sur l'épidémiologie des Chiroptères, parfois en lien avec des questions de cohabitation ou de santé humaine, et de rédiger et diffuser des recommandations sanitaires à destination des chiroptérologues.

Afin de mieux cerner les enjeux pour la protection des Chiroptères, un tour d'horizon des programmes de surveillance et des projets en cours a été proposé lors des Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFEPM en 2024 sous forme d'une table ronde.

1. - Bilan du suivi des cas de nez blanc

Sébastien PUECHMAILLE,
Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM),
CNRS, Université de Montpellier, IRD - Montpellier

Les champignons constituent un royaume remarquablement diversifié, avec environ 1,5 million d'espèces, et interagissent avec un large éventail d'autres organismes. Leur utilité de longue date pour toute vie sur Terre a souvent été égalée par leur capacité à provoquer des maladies dévastatrices chez les humains, les animaux et les plantes. Si l'on considère le nombre d'espèces disparues en raison de maladies, les champignons représentent une plus grande menace pour la biodiversité végétale et animale que les virus ou les bactéries. En outre, les cas de maladies causées par des champignons deviennent la norme plutôt que l'exception et devraient se poursuivre avec le réchauffement climatique. La maladie la plus problématique en termes de conservation des Chiroptères est la maladie du nez blanc, causée par le champignon *Pseudogymnoascus (Geomyces) destructans*.

Lors de la table ronde, il a été présenté ce qui est connu de cette maladie, de son émergence et de l'équilibre fragile chez les chauves-souris européennes, ainsi que des risques potentiels pour l'avenir. Les mesures proactives à mettre en place pour limiter la possibilité d'émergence de souches virulentes en Europe et pour suivre l'évolution de la maladie ont également été discutées.

2. - Résultats de l'enquête BATKAP Évaluation des connaissances, attitudes et pratiques sur le risque d'infection à lyssavirus chez les chiroptérologues

Laurent DACHEUX,
Unité Environnement et Risques Infectieux,
Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence,
Institut Pasteur, Paris. laurent.dacheux@pasteur.fr

En Europe, les chauves-souris peuvent être infectées par différents lyssavirus, agents viraux responsables de la rage. De façon exceptionnelle, ces virus peuvent être transmis à l'homme, et entraîner une atteinte du système nerveux central (encéphalite) mortelle. Les personnes manipulant les chauves-souris, telles que les chiroptérologues, sont particulièrement exposées à ce risque de transmission. Afin que celui-ci soit maîtrisé, il est donc essentiel de connaître

le niveau de sensibilité et les pratiques des personnes exposées à ce risque.

Dans cet objectif, l'étude BATKAP a conduit une enquête en ligne auprès d'un vaste réseau français de chiroptérologues (membres de la plateforme CACCHI). Un total de 130 personnes a complété ce questionnaire, parmi lesquelles 89,2 % ont déclaré avoir été mordues au moins une fois au cours de leur pratique. Parmi les personnes interrogées, la sensibilisation au risque de transmission de lyssavirus était élevée (82,3 %), tout comme les pratiques de sécurité mises en œuvre, avec 83,1 % d'individus vaccinés contre la rage et l'utilisation systématique de gants pour 80,8 % des répondants. Cependant, des écarts entre les recommandations et la pratique ont été constatés, notamment sur le suivi de la sérologie antirabique post-vaccinale, et sur le recours à la prophylaxie post-exposition.

Ces résultats offrent de nouvelles perspectives pour améliorer la formation des chiroptérologues et le respect des mesures de sécurité concernant le risque d'exposition aux lyssavirus de chauves-souris.

Publication de ces travaux :

MARMET J., DACHEUX L., WORSLEY-TONKS K., PICARD-MEYER E., BOURHY H. & PARIZE P., 2025. - Bat rabies exposures and safety practices among a self-selecting sample of French bat handlers. *IJID One Health*, 8, 100079. <https://doi.org/10.1016/j.ijidoh.2025.100079>

3. - Déclinaison et mise en œuvre des suivis sanitaires à l'échelle locale

Alexia ETLIN,

Groupe Chiroptères de Provence (GCP). gcp@gcprovence.org

Le GCP a créé de nouveaux liens et ravivé les liens existants entre les nombreux acteurs confrontés aux suivis sanitaires des Chiroptères dans les Bouches-du-Rhône, mais également à une plus large échelle en France et en Belgique pour disposer d'un tour d'horizon le plus complet possible. Axées notamment sur une meilleure communication, compréhension et visibilité de la veille sanitaire des Chiroptères, les actions réalisées ont permis de lister et de prendre en considération les besoins et les difficultés des différents acteurs, mais aussi d'évaluer :

- la nécessité de renforcer la communication et les relations entre ces derniers,
- l'importance d'homogénéiser les différents processus de collecte, stockage, traitement et acheminement des spécimens,
- l'obligation de coordonner et de structurer les informations et les procédures aussi bien à l'échelle locale, régionale que nationale.

La réalisation de ces premières actions souligne la pertinence de cette veille sanitaire au regard des actualités, et met en valeur l'étendue des perspectives et l'étendue du possible en termes de partenariat, de sujet de recherche, etc.

4. - La rage des chauves-souris Généralités sur les lyssavirus, surveillance épidémiologique et transmission

Évelyne PICARD-MEYER & Alexandre SERVAT,
Anses, Laboratoire de la Rage et de la Faune sauvage de Nancy
evelyne.picard-meyer@anses.fr ; alexandre.servat@anses.fr

La rage des chauves-souris est documentée depuis 1989 sur le territoire métropolitain, avec les deux premiers cas rapportés dès 1989 chez la Sérotine commune dans le Grand Est de la France. La rage des chauves-souris fait ainsi l'objet d'une surveillance événementielle structurée sur le territoire, le dispositif de surveillance s'appuyant sur un réseau coordonné par le Laboratoire de la Rage et de la Faune Sauvage de Nancy (LRFSN) en partenariat avec le groupe Chiroptères de la SFEPM, le réseau des vétérinaires praticiens et certains centres de soins de la faune sauvage (CSFS), où sont adressées les chauves-souris blessées. La France, officiellement libre de rage terrestre depuis 2001 reste toutefois exposée par les cas d'importations des carnivores domestiques et les chauves-souris naturellement infectées.

À ce jour, sur vingt-deux espèces reconnues de lyssavirus, sept ont été identifiées comme circulant chez les chauves-souris européennes. Trois circulent en métropole : EBLV-1 (*Lyssavirus hamburg*) principalement associé à la Sérotine commune, Lleida bat lyssavirus (LLEBV, *Lyssavirus lleida*) chez le Minioptère de Schreibers et Bokeloh bat lyssavirus (BBLV, *Lyssavirus bokeloh*) chez le Murin de Natterer.

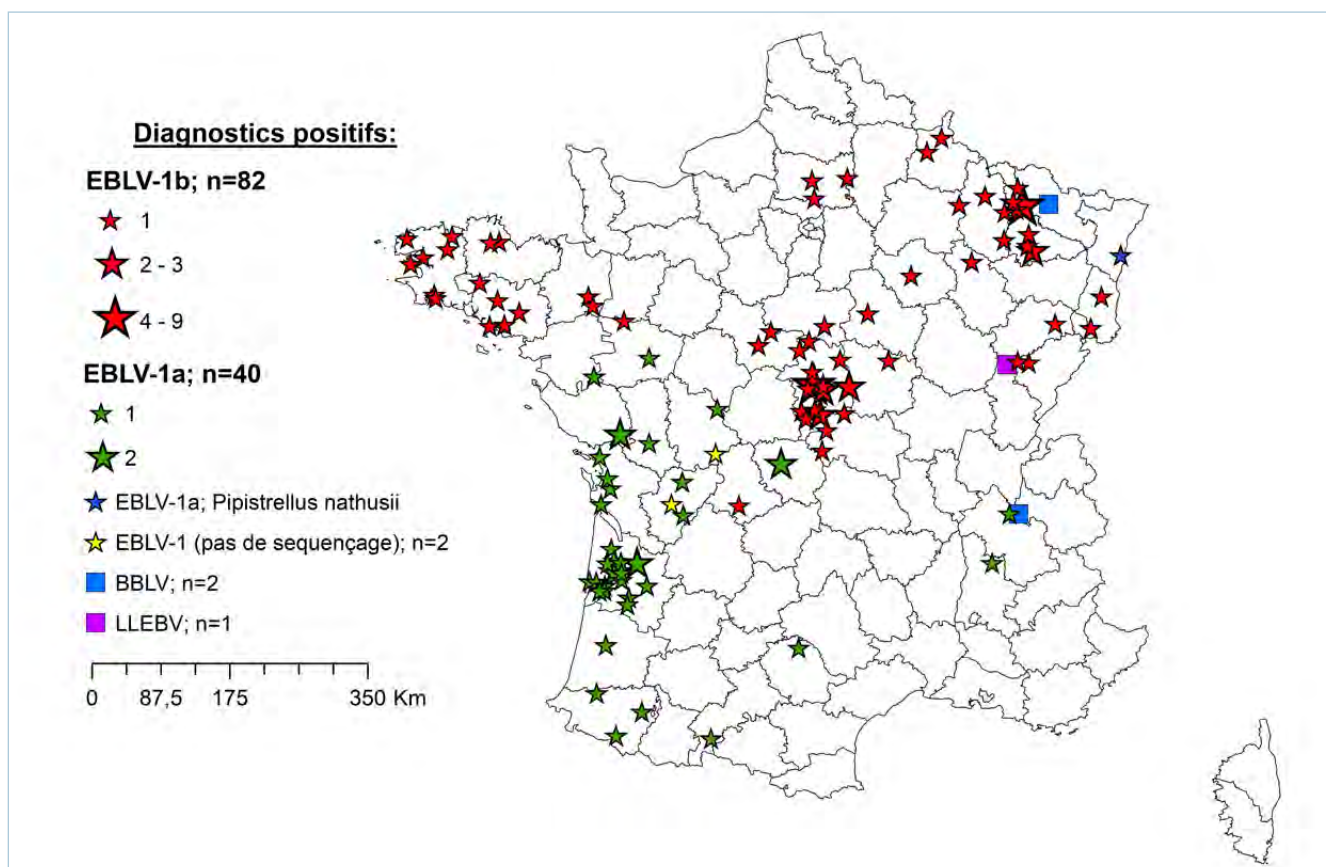
Avec environ 500 cas d'infection reportés depuis 1954 en Europe, les lyssavirus des chauves-souris européennes sont documentés notamment en Allemagne, Pologne, Royaume-Uni, qui disposent tous de dispositifs de surveillance bien structurés. Les lyssavirus européens sont associés à un risque zoonotique faible. Toutefois, si la circulation de la rage des chauves-souris européennes reste discrète avec un impact sanitaire faible, sa capacité à franchir la barrière d'espèce animale vers des mammifères terrestres sauvages (la fouine) et domestiques (5 cas confirmés chez des moutons et 4 chez le chat) et chez l'être humain (4 cas confirmés en Europe, dont un en France) est avérée. La rage se transmet par la salive, généralement en cas de morsures, griffures ou léchage sur une peau excoriée. Parmi les trois espèces virales circulant en métropole, toutes doivent être considérées comme potentiellement transmissibles à l'Homme, mais il existe des mesures de prévention efficaces. Il est facile de limiter le risque de transmission et d'exposition en s'abstenant de manipuler les chauves-souris, par la prophylaxie préventive, fortement recommandée pour toutes les personnes manipulant des chauves-souris et par une prophylaxie post-exposition.

Bilan 2022-2023 de la surveillance des lyssavirus chez les chauves-souris

Au cours de ces deux années de surveillance, 1 545 chauves-souris ont été adressées au Laboratoire National

Espèce	Date d'isolation	Commune	Dpt	Espèce Lyssavirus
Sérotine commune	14/09/2023 ■	Retiers	35	EBLV-1b
Sérotine commune	12/05/2023 ❖	Berneuil-sur-Aisne	60	EBLV-1b
Sérotine commune	08/12/2022 ❖	Manspach	68	EBLV-1b
Sérotine commune	07/11/2022 ■	Besançon	25	EBLV-1b
Sérotine commune	25/10/2022 ■	Saint-Amand-Montrond	18	EBLV-1b
Sérotine commune	20/09/2022 ■	Les Abrets	38	EBLV-1a
Sérotine commune	16/08/2022 ■	Saint-Amand-Montrond	18	EBLV-1b
Sérotine commune	11/08/2022 ❖	Saint Satur	18	EBLV-1b
Sérotine commune	02/08/2022 ■	Bringolo	22	EBLV-1b
Sérotine commune	19/07/2022 ■	La Ferté-Saint-Cyr	41	EBLV-1b
Sérotine commune	14/06/2022 ■	Nevoy	45	EBLV-1b
Pipistrelle de Nathusius	01/02/2022 ■	Erstein	67	EBLV-1a
Sérotine commune	24/01/2022 ■	Troyes	10	EBLV-1b

4 - **Tableau 1.** - Chauves-souris diagnostiquées positives par l'Anses (LNR Rage ■) et l'Institut Pasteur (CNR Rage ❖) en 2022 - 2023



4 - **Figure 1.** - Répartition géographique des cas de rage diagnostiqués sur chauves-souris en France métropolitaine de 1989 à 2023

de Référence (LNR) Rage par le réseau chiroptères. Les chauves-souris provenaient de l'ensemble des régions métropolitaines (à l'exception de la Corse) dont une grande majorité (43 %) de la seule région Grand-Est. Les centres de soins de la faune sauvage ont largement contribué à cette surveillance avec deux tiers des individus ($n = 1\,021$) expédiés par ces différentes structures. 1 305 individus ont pu faire l'objet d'une recherche de lyssavirus dont 1 295 avec un diagnostic négatif. Dix individus (9 Sérotines communes et 1 Pipistrelle de Nathusius) ont été démontrés infectés par le *Lyssavirus hamburg* (8 variants EBLV-1b et 2 variants

EBLV-1a) grâce à des techniques d'immunofluorescence et de biologie moléculaire. À ces 10 cas, on peut rajouter 3 cas positifs, détectés sur la même période, par le Centre National de Référence de la Rage (CNRR) là encore sur des Sérotines communes infectées également par EBLV-1 (tableau 1).

Ainsi, au cours de ces 35 années de surveillance, 8 137 chiroptères ont ainsi été reçus au laboratoire. Ce partenariat Anses/SFEPM/CSFS/PRAC a permis de mettre en évidence 103 des 128 cas de rage sur chauve-souris en France métropolitaine (figure 1). À ce jour, quatre espèces de

chauves-souris ont été montrées infectées par un lyssavirus sur le territoire métropolitain :

- Sérotine commune (124 cas),
- Murin de Natterer (2 cas),
- Minioptère de Schreibers (1 cas),
- Pipistrelle de Nathusius (1 cas).

À ce jour, l'EBLV-2 (*Lyssavirus helsinki*), isolé chez le Murin de Daubenton et le Murins des marais dans plusieurs pays frontaliers de la France, reste non recensé sur notre territoire.

5. - Structuration et coordination d'un réseau pour la collecte, le stockage et la valorisation du matériel biologique

Julie MARMET,

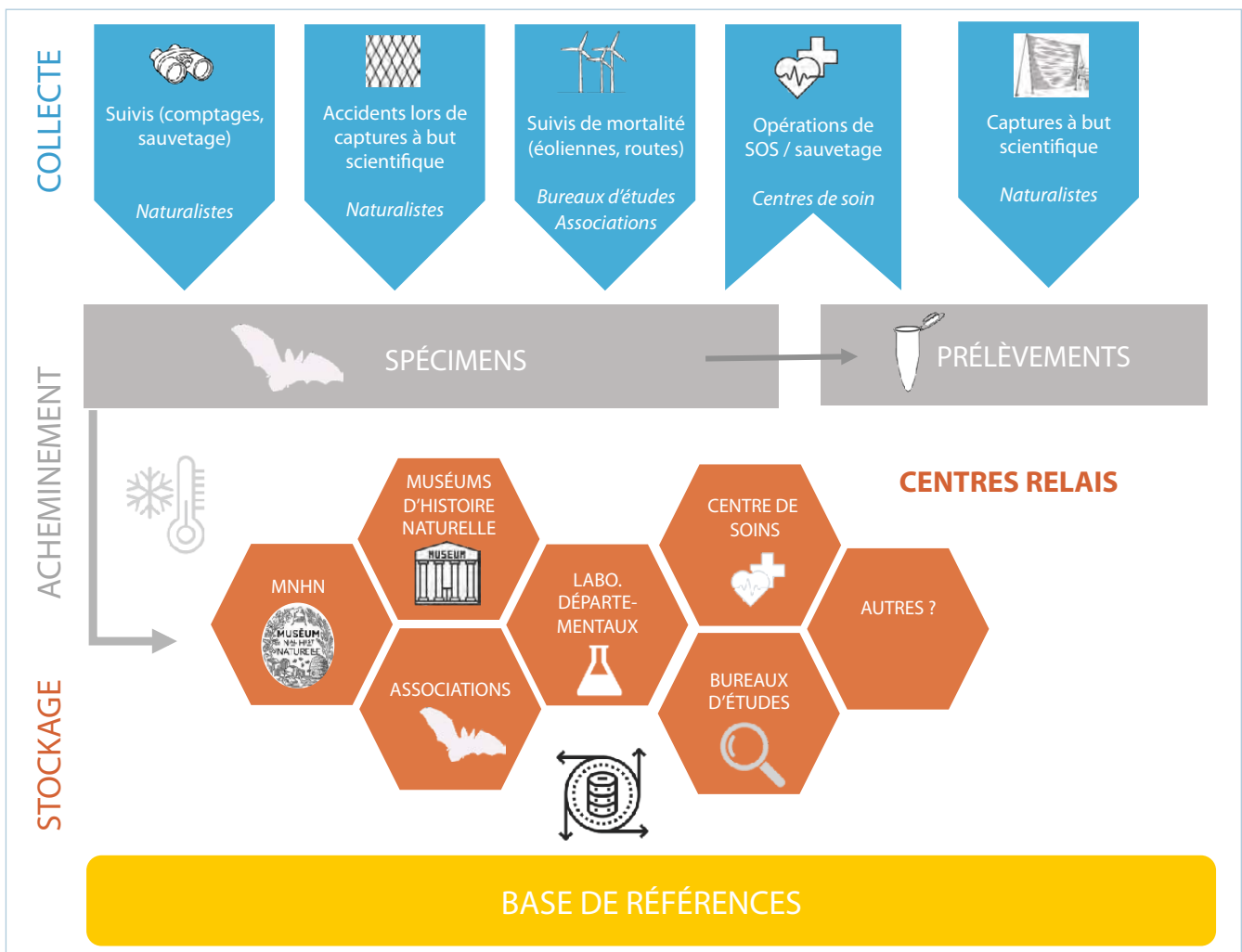
Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (UMR7204 CESCO),

Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) et PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)

Dans le cadre du Plan National d'Actions Chiroptères 2016-2025 (PNAC), des résolutions d'Eurobats, et en réponse aux attentes des chiroptérologues et de la SFPEM, la gestion du matériel biologique de Chiroptères (spécimens et prélèvements) se met en place à l'échelle nationale au sein de la plateforme CACCHI (Coordination et Animation de la Capture des Chiroptères). L'objectif de cette mission est de structurer et coordonner un réseau pour la collecte, le stockage et la valorisation de ce matériel biologique à l'échelle nationale (figure 1) et d'accompagner chaque région pour assurer une coordination régionale des acteurs.

La coordination de ces opérations permet d'une part de redéfinir les cadres éthique et réglementaire dans lesquels elles doivent se faire, et d'autre part de dresser un inventaire de tous les spécimens et échantillons prélevés en France hexagonale et dans les territoires d'Outre-mer, actuellement stockés sur le territoire ou à l'étranger. Ces informations seront regroupées dans une base de références nationale.

La mise en place de cette coordination est particulièrement attendue pour la gestion des spécimens récoltés lors des suivis de mortalité dans le cadre des projets d'aménagement, notamment les suivis des parcs éoliens. En effet, il n'existe pas de directive nationale concernant le devenir de ces spécimens et aucune centralisation des données associées.



5- Figure 1. - Gestion du matériel biologique de Chiroptères

La récolte des cadavres n'est d'ailleurs pas systématique et les identifications ne sont pas toujours abouties, faute d'outil ou d'expertise. Ainsi, une coordination à l'échelle régionale et nationale permettra de répondre aux attentes des différents acteurs (DREAL, bureaux d'études, associations, etc.) qui souhaitent améliorer les suivis et valoriser le matériel. Ces informations permettront par ailleurs de mieux évaluer les composantes de la mortalité (répartition, sex-ratio, âge-ratio, état reproducteur, biométrie, particularités morphologiques, etc.).

Cette action a également pour but d'alimenter les collections scientifiques, de constituer des banques de matériel et de faciliter les échanges de prélèvements et d'informations entre les collecteurs et les organismes de recherche. De nombreux types de travaux scientifiques peuvent être menés a posteriori, sur des prélèvements ou des spécimens de collections : dynamique de population (âge, reproduction), génétique, écotoxicologie (métaux lourds, pesticides), parasitologie, épidémiologie, biologie moléculaire, etc.

Ce projet est mis en place en étroite collaboration avec la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM), la Coordination Chiroptères Nationale (CCN-SFEPM), la Fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels (FCEN), l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), l'Office Français de la Biodiversité (OFB), les Groupes chiroptères régionaux, et les Muséums d'Histoire Naturelle régionaux dont le Muséum d'Histoire Naturelle de Bourges. Il rentre dans le cadre du PNAC (FCEN, 2016-2025)

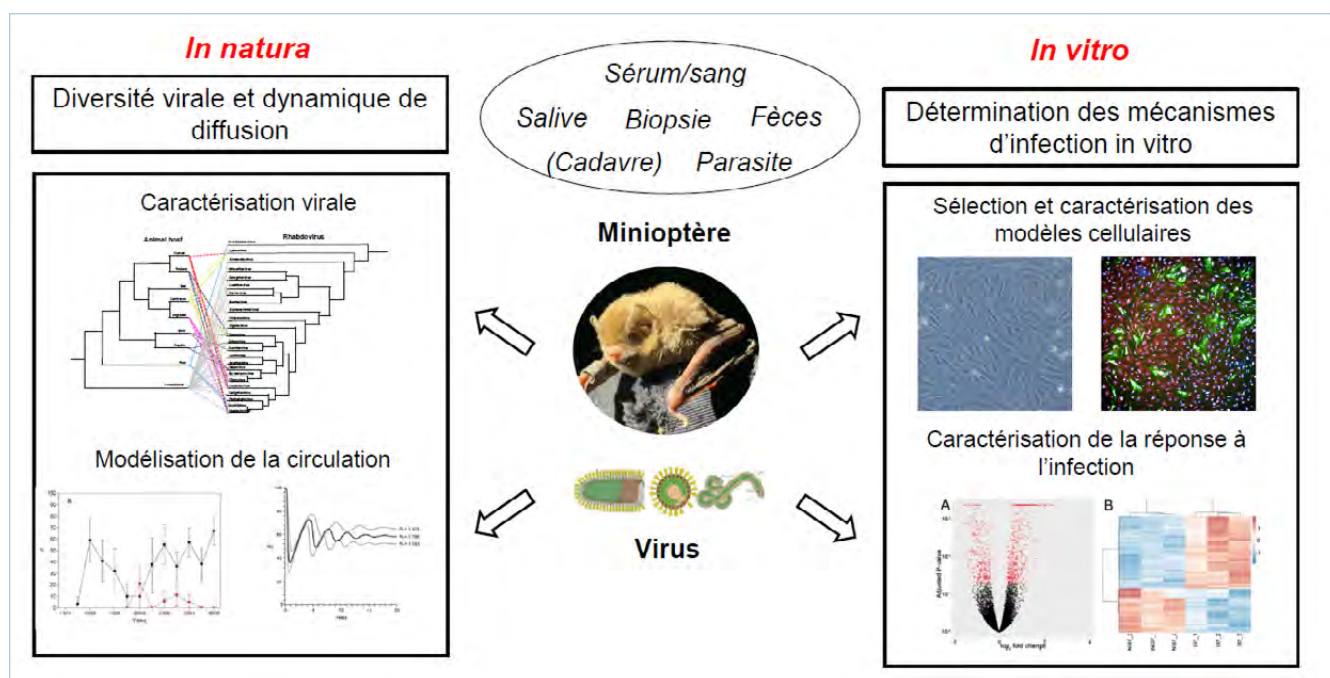
6. - Du terrain au laboratoire: exemple d'étude multidisciplinaire portant sur la circulation des virus et leur impact dans les populations de *Minioptère* de Schreibers

Laurent DACHEUX*, Emmanuelle ROBARDET** et Évelyne PICARD-MEYER**

*Unité Environnement et Risques Infectieux, Cellule d'Intervention Biologique d'Urgence, Institut Pasteur, Paris

**Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Laboratoire de la Rage et de la Faune Sauvage, Malzéville, France

Les chauves-souris suscitent un intérêt scientifique croissant, en particulier dans le domaine de la virologie. Ces animaux représentent en effet un réservoir naturel pour de nombreux virus potentiellement zoonotiques (capable d'infecter les humains). De façon étonnante, elles semblent tolérer la plupart des virus qu'elles hébergent. Parmi les 1 500 espèces de chauves-souris, le *Minioptère* de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) représente un modèle d'étude majeur. En plus de ses caractéristiques biologiques et écologiques spécifiques, cette espèce héberge plusieurs virus d'importance sanitaire. Parmi ceux-ci figurent des lyssavirus tels que le virus Lleida bat lyssavirus (LLEBV) et West Caucasian bat virus (WCBV), des coronavirus, ainsi que le seul filovirus identifié à ce jour en Europe, Lloviu virus (LLOV). Ce dernier, à l'inverse des autres virus cités, est d'ailleurs suspecté d'être à l'origine d'épisodes de mortalité massive dans les colonies de *Minioptère* touchées.



6- Figure 1. - Processus du terrain au laboratoire

En France, un réseau interdisciplinaire de partenaires mène des travaux complémentaires et synergiques sur cette espèce de chauve-souris. Deux programmes structurent particulièrement ces recherches : le programme Chiroptères Cavernicoles Prioritaires en Nouvelle-Aquitaine (CCPNA), dédié à l'amélioration des connaissances sur les espèces cavernicoles, et le programme européen OneBAT, axé sur les mécanismes de circulation et de transmission des virus de chauves-souris vers l'humain ou les animaux domestiques. Ces projets associent des approches de terrain (capture, marquage, suivi des colonies), des analyses en laboratoire (sérologie, biologie moléculaire, virologie, modèles *in vitro*) et des outils de modélisation pour étudier la dynamique de circulation virale.

À terme, ces travaux permettront de mieux comprendre les interactions entre Miniophtères et virus, d'évaluer les impacts sanitaires pour les colonies, et d'anticiper les risques de transmission inter-espèces, y compris vers l'humain.

Programme CCPNA:

<https://www.ne17.fr/chiropteres-cavernicoles-prioritaires-en-nouvelle-aquitaine-actualites-et-programme-des-actions-a-venir/>

Structures participantes et collaborateurs (par ordre alphabétique) : CEBC/CNRS-ULR – Villiers-en-Bois (David PINAUD), CEN Nouvelle-Aquitaine (Denis VINCENT), CESCO-MNHN (Julie MARMET), Charente Nature (Matthieu DORFIAC et Anthony LE NOZAHIC), Cistude Nature (Émilie LOUTFI), Deux-Sèvres Nature-Environnement (Émilien BRABANT), FNE Nouvelle-Aquitaine (Moea LARTIGAU) (Coordination administrative), Groupe Chiroptères Aquitaine (Sébastien ROUÉ), Groupe Mammalogique et Herpétologique du Limousin (Manon DEVAUD), Institut Pasteur (Laurent DACHEUX), LPO DT Aquitaine (Jean-Paul URCUN), LPO France (Virginie BARRET), Nature-Environnement 17 (Maxime LEUCHTMANN) (Coordination technique régionale), Poitou-Charentes Nature (Candice MILLET) (Coordination administrative), SEPANLOG (Elsa MAGOGA), Université Lyon I – Claude-Bernard (Dominique PONTIER), Vienne Nature (Alice CHÉRON), et tous les partenaires associatifs et institutionnels.

Projet OneBAT: <https://onebat.eu/>

Structures participantes et collaborateurs (affiliés directement ou non) pour la partie française (par ordre alphabétique) : Anses (Emmanuelle ROBARDET, Évelyne PICARD-MEYER et Marine WASNIEWSKI), CIRI-Inserm (Olivier REYNARD), Institut Pasteur (Angela BRISEBARRE, Lucie CAPPuccio, Laurent DACHEUX et Victoire PERRAUD), Nature-Environnement 17 (Maxime LEUCHTMANN), Université Lyon I – Claude-Bernard (Dominique PONTIER), et tous les partenaires européens associés.

7. - Bilan du SMAC et présentation de cas de mortalité révélés par ce suivi, cas du Petit Molosse de La Réunion et du Molosse de Cestoni en PACA

Anouk DECORS* & Alexia ETLIN

*Office Français de la Biodiversité (OFB), Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique (DRAS),

**Groupe Chiroptères de Provence

Sujet faisant l'objet d'un article à part entière (pages 49-52)

8. - Retour d'expérience et questionnements à propos de la gestion des punaises hématophages dans une colonie de Grand murin en Anjou

Nina DUGRAVOT-VERLEYN,
LPO Anjou. nina.dugravot@lpo.fr

Une colonie de mise bas de Grand murin (*Myotis myotis*), située dans les combles d'une école élémentaire angevine, est parasitée par des punaises hématophages du genre *Cimex*. La colonie est connue et suivie depuis 2015, mais la découverte des punaises ne date que de l'été 2022, lorsque des individus sont tombés au rez-de-chaussée. Par la suite les suivis ont montré la présence de punaises au sein du gîte, ce qui ne semble pas perturber la colonie, en augmentation ces trois dernières années. Des mesures ont été prises pour obstruer les interstices pouvant conduire à la chute de punaises dans les parties habitées, ainsi que des traitements à la terre de diatomée des zones à proximité immédiate du gîte.

L'analyse génétique des spécimens, par le laboratoire de biométrie et biologie évolutive de Lyon 1, montre qu'il s'agit de *Cimex lectularius*, connue également pour parasiter l'Homme. Il ressort cependant de la bibliographie que cette espèce comporte des lignées génétiques différentes séparées depuis plus de 245 000 ans, l'une inféodée à l'Homme, l'autre aux chauves-souris, avec un flux de gènes négligeable entre elles : un cas qui peut être considéré comme le début d'une spéciation sympatrique [BALVÍN *et al.* 2012].

In vitro, les études ont d'abord conclu à l'absence de descendance fertile lors du croisement de ces lignées [WAWROCKA *et al.* 2015], avant de plus récemment démontrer leur existence possible et conclure à la présence de barrières reproductives écologiques et/ou comportementales en milieu naturel [DEVRIES *et al.* 2020].

Par ailleurs, il a été montré une survie et une reproduction réduite quand les punaises ne se nourrissent pas du sang de leurs hôtes respectifs [WAWROCKA & BARTONIČKA 2013]. Les risques d'infestation d'habitats humains par

les punaises inféodées aux chauves-souris semblent donc limités, quand bien même ces dernières utilisent des gîtes anthropiques.

Il existe cependant un enjeu de surveillance de l'émergence de cette problématique en France avec plusieurs cas avérés et des premières données remontant aux années 1960 [USINGER & BEAUCOURNU 1967]. Ces situations soulèvent des interrogations quant à leur gestion, pour rendre compatible d'éventuels traitements des punaises avec la préservation des colonies de chauves-souris. Le réseau chiroptérologique reste en veille pour détecter les cas et réfléchir aux solutions envisageables selon les spécificités qui se présentent.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALVÍN O., MUNCLINGER P., KRATOCHVÍL L. & VILÍMOVÁ J., 2012. - Mitochondrial DNA and morphology show independent evolutionary histories of bedbug *Cimex lectularius* (Heteroptera: Cimicidae) on bats and humans. *Parasitol Research* 111: 457–469. <https://doi.org/10.1007/s00436-012-2862-5>
- DEVRIES Z., SANTANGELO R., BOOTH W., LAWRENCE C., BALVÍN O., BARTONIČKA T., SCHAL C., 2020. - Reproductive compatibility among populations and host-associated lineages of the common bed bug (*Cimex lectularius*). *Ecology and Evolution*, 10 (20): 11090-11099. <https://doi.org/10.1002/ece3.6738>
- USINGER R.-L. & BEAUCOURNU J.-C., 1967. - Sur deux *Cimex* (Insecta, Heteroptera), nouveaux pour la faune française. *Annales de parasitologie*, 42: 269-271.
- WAWROCKA K. & BARTONIČKA T., 2013. - Two different lineages of bedbug (*Cimex lectularius*) reflected in host specificity. *Parasitol Research* 112: 3897–3904. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3579-9>

Le suivi des Chiroptères par GPS : état de l'art et retours d'expérience

Introduction à la table ronde

Julie MARMET (coord.)
julie.marmet@mnhn.fr

La miniaturisation des GPS ouvre de nouvelles perspectives pour améliorer les connaissances sur les Chiroptères, leur comportement, leur phénologie ou encore l'utilisation de l'habitat. Cela représente tout de même un défi majeur d'un point de vue méthodologique et soulève inéluctablement des questions éthiques.

Entre 2017 et 2023, plus de 160 individus ont été équipés en France métropolitaine, et une cinquantaine pour l'outre-mer (La Réunion, Nouvelle Calédonie, Petites Antilles). À titre d'exemple, 105 Grandes noctules ont été suivies, principalement en Occitanie, dans le but de localiser de nouveaux gîtes, d'identifier leur domaine vital et de mieux comprendre leurs stratégies de déplacement, notamment dans un contexte de développement des parcs éoliens afin d'évaluer les impacts potentiels.

Malgré la miniaturisation, le poids et la taille des balises restent un frein. La question du rapport coût-bénéfice, plus précisément le rapport entre le bien-être des animaux équipés et la qualité des données collectées, se doit d'être centrale dans les programmes impliquant la pose de GPS, d'autant plus que la qualité des données est corrélée au bien-être des animaux (effet probable sur le comportement, la survie, etc.). Mais comment fixer des seuils et comment évaluer les impacts réels sur les individus? Dans la littérature, quelques études mentionnent que l'équipement ne doit pas dépasser 5 % du poids de l'animal, mais cette règle provient initialement d'études sur les oiseaux et a été très peu testée sur les espèces de Chiroptères. La masse seule n'est probablement pas un bon indicateur quand on sait que celle-ci varie au cours du cycle biologique, voire même au cours de la nuit. De plus, il existe une forte diversité morphologique entre les espèces qui laisse à penser que le seuil de tolérance peut varier entre espèces, notamment selon leur capacité de manœuvrabilité et leur puissance physique. Des critères comme la masse, la taille, l'âge, le statut reproducteur, l'état de santé et de stress, les conditions météorologiques, ou encore les périodes de migration, doivent être pris en considération avant d'équiper un animal. De même, les aspects méthodologiques tels que le temps de manipulation, la technique de pose (par ex. avec ou sans collier), le choix de la colle, l'emplacement ou encore la persistance de la balise sont très certainement des facteurs à considérer.

Ne disposant pas à ce jour d'une vision précise des seuils à respecter et des choix méthodologiques pour limiter les

impacts, il est primordial de faire preuve de vigilance et de favoriser le partage d'expériences, notamment dans un contexte où la technologie évolue très rapidement.

Dans ce but, un tour d'horizon des programmes en cours impliquant le suivi par GPS a été proposé lors des Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFEPM de 2024 sous forme d'une table ronde composée des interventions suivantes.

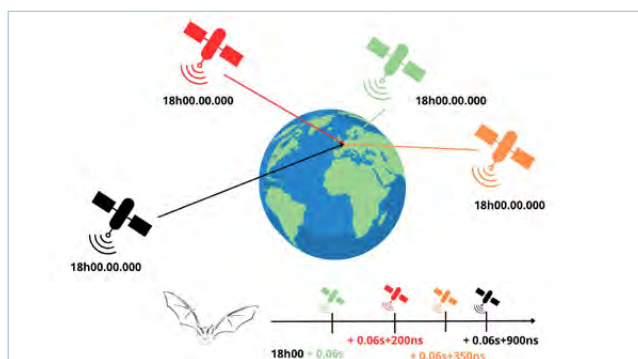
1. - Le système GPS et l'impact de la configuration du récepteur sur la qualité des données

Ronan NEDELEC

Groupe Mammalogique Breton. nedelec.ronan@gmail.com

Le système GPS fonctionne grâce à un réseau de 31 satellites synchronisés. Ces satellites émettent un signal contenant l'heure précise de transmission. La position du récepteur est estimée à l'aide d'une opération mathématique prenant en compte le décalage temporel de réception des signaux et la position théorique de chaque satellite.

Afin de réaliser l'opération, l'équipement doit recevoir les données de plusieurs satellites (heure d'émission, informations sur la position des satellites tel les éphémérides et almanachs) ce qui prend 30 secondes à plusieurs minutes avant de pouvoir estimer une première position (figure 1.1).

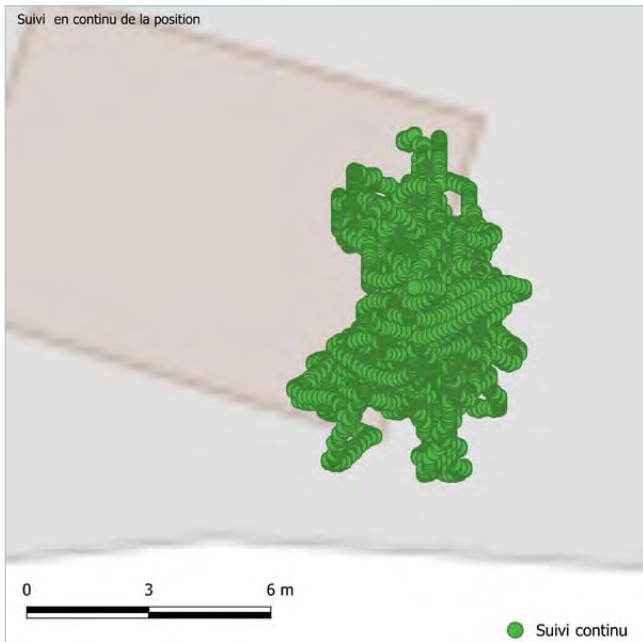


1 - Figure 1. - Principe de fonctionnement du système GPS

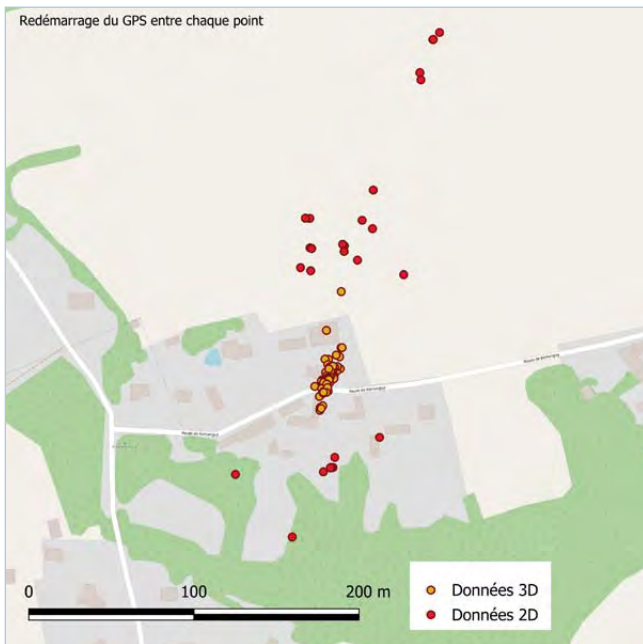
Cela est très gourmand en énergie, et donc en poids de batterie. Les fabricants ont inventé des systèmes pour réduire ce temps avant une première position mais cela peut être au détriment de la précision. Les toutes premières positions sont également moins précises que lors d'une réception en continu.

Pour un même poids de batterie et avec un équipement

de réception identique (ublox Max-M10S dans l'exemple ci-dessous) on peut donc choisir entre un transect de 2 heures avec 7 200 points très précis ou 1 point toutes les 10 minutes (figure 1.2), soit 120 points en 20 heures (figure 1.3).



1 - Figure 2. - En continu 7 200 points très précis en 2 heures



1 - Figure 3. - 1 point/10 minutes: 120 points imprécis en 20 heures

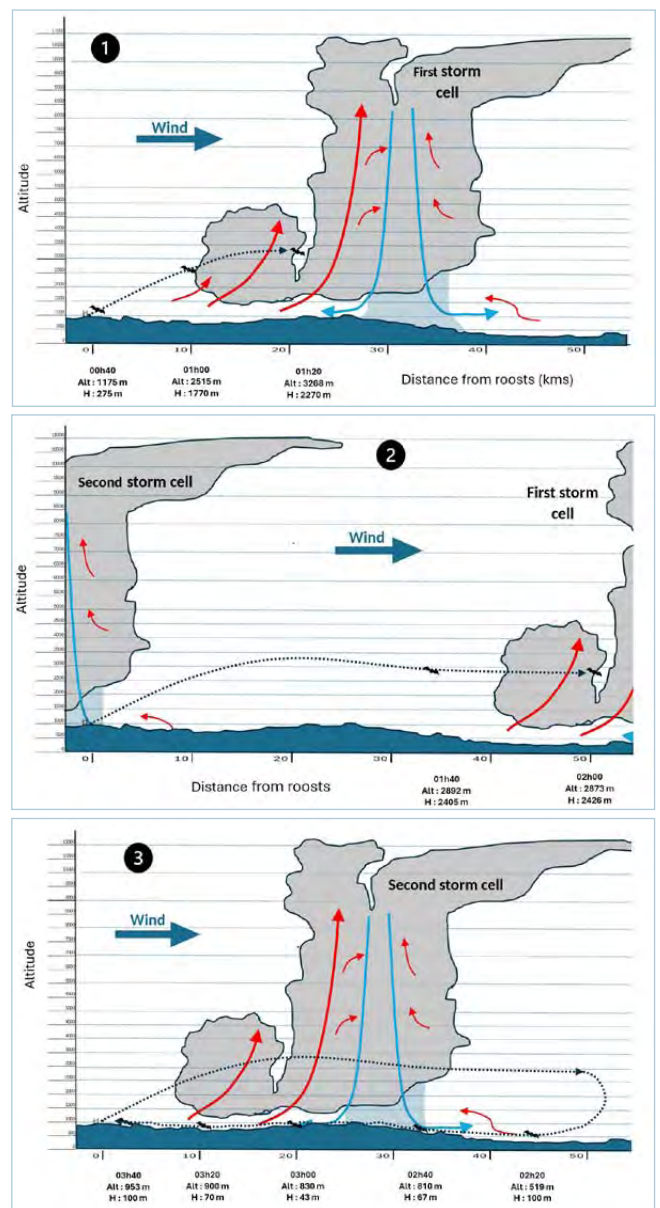
Les 7 200 points du transect ont une imprécision inférieure à 5 m mais ne suivent l'animal que pendant 2 heures alors que les 120 points discontinus ont une imprécision de plus de 200 m (fix 2d en rouge) ou 50 m (fix 3D en orange) mais permettent de suivre l'animal pendant 20 heures.

Cet exemple met en avant la forte disparité de résultat à équipement identique. Il est donc important de choisir la configuration de celui-ci en fonction des besoins de chaque étude.

2. - Le GPS pour caractériser les types et stratégies de vol de la Grande noctule (*Nyctalus lasiopterus*), vers une meilleure perception des vulnérabilités à large échelle Retours de deux campagnes 2021-2023 dans les Combrailles (63)

Yannick BEUCHER, Thérèse GAUTHIER
EXEN, 116, route de Séverac, 12310 Vimenet
ybeucher@exen.pro

Volant en plein ciel et particulièrement mobile, la Grande noctule est très exposée au risque éolien. Or ses comportements de vol restent encore mal connus, limitant



2 - Figures 1. - Illustration d'un vol exploratoire en conditions orageuses avec prise d'ascendances thermiques en queue d'orage multicellulaire, vols très hauts, plus rapides qu'un vol plus proche du sol (femelle allaitante, 20 juin 2023, 98 km en 3 h 30)

la perception des expositions cumulées à large échelle. En 2021, une étude par GPS a été lancée sur une colonie du Massif central, proche de parcs éoliens, pour mieux comprendre l'utilisation de l'espace par cette espèce. De 2021 à 2023, 33 grandes noctules, mâles et femelles, ont été équipées de balises GPS/VHF et suivies pendant deux ans.

Les résultats révèlent des comportements de vol très variables selon l'âge, le sexe, le statut reproducteur des individus et les conditions climatiques. En période d'allaitement, les femelles reproductrices concentrent surtout leurs vols dans un rayon de 10 km au sud-est de la colonie, plutôt à l'écart des parcs éoliens. Mais certaines réalisent ponctuellement des vols spectaculaires (170 km en 5 à 6 heures à plus de 3 000 m d'altitude). Ce type de vol se produit par beau temps mais aussi parfois lors de conditions orageuses intenses ; l'animal utilise alors des ascendances thermiques de la queue de la cellule orageuse pour la poursuivre à plusieurs kilomètres d'altitude. Elle vole alors à plus grande vitesse à cette altitude que lorsqu'elle vole bas pour retourner au gîte.

Après le départ des mères, en septembre, les trajectoires des sub-adultes (mâles et femelles) convergent chaque nuit dans un même secteur éloigné de plus de 45 km au sud-est de la colonie. Quelques individus isolés effectuent toutefois encore des vols exploratoires sur de très longues distances.

Ces résultats montrent une alternance de stratégies de vols locaux et exploratoires à grande échelle. Ils remettent complètement en question la notion de risque éolien basée sur le seul critère de distance entre les parcs et les colonies. Des parcs situés à plus de 40 km de la colonie pourraient en effet parfois présenter un niveau d'exposition au risque supérieur à ceux des parcs les plus proches.

3. - Point sur l'utilisation du GPS dans les études de l'ONF

Olivier VINET et Thomas DARNIS (ONF).

4. - Utilisation spatiale de l'habitat par plusieurs espèces de Chiroptères forestiers en déclin : exploitation de la technologie GPS

Mélanie DARNAULT*, Manon BÉRÉHOUC*,
Loïse HUOT*, Maxime LEUCHTMANN*, David
PINAUD**

*Nature Environnement 17

**Centre d'Études Biologiques de Chizé UMR7372 CNRS -
La Rochelle Université

De 2021 à 2024, nous avons mené une étude pour évaluer l'utilisation de la technologie GPS sur deux espèces (Sérotine commune *Eptesicus serotinus* et Noctule commune

Nyctalus noctula). Les objectifs étaient de tester l'apport de ce moyen de suivi, notamment sur la qualité des données récoltées en lien avec l'altitude, mais aussi de tester la technique de pose, une balise de cette masse devant être maintenue sur l'animal pour une durée courte et maîtrisée afin de limiter la gêne occasionnée.

Les individus équipés étaient des femelles allaitantes, en bonne santé apparente, avec une masse suffisante et un avant-bras plus grand que la moyenne. Nous avons utilisé les GPS Lotek PinPoint GPS-VHF 40 (2,4 g) avec des localisations toutes les 3 à 8 minutes, paramétrés pour 3 à 4 nuits de récolte de données. L'accélération et la température étaient aussi enregistrées. Ce modèle permet des émissions VHF programmables (pour vérifier si le comportement des individus était normal, découvrir les gîtes diurnes et retrouver le GPS une fois tombé) et le téléchargement à distance des données (1 fois par jour pour ne pas épuiser la batterie). Enfin, nous avons testé la possibilité de paramétrer l'acquisition GPS selon l'activité de l'individu (pas d'acquisition GPS lorsque l'animal est immobile dans son gîte sans réception satellite, pour économiser la batterie). Après ces tests, nous avons pu déterminer le seuil d'activité pertinent (ODBA > 415) pour utiliser efficacement ce mode, avec plus de localisations GPS récoltées (toutes les 3 minutes, jusqu'à 229 localisations pour 3 nuits).

Nous avons aussi testé deux techniques de pose : la première avec un collier comprenant du fil chirurgical hydrosoluble, la deuxième avec l'emploi d'une colle à base de latex (colle pour faux-cils). La première méthode a été abandonnée, donnant des temps de rétention trop variables. La deuxième permet un détachement de la balise entre 6 et 10 jours. Sur les 43 GPS posés, nous avons pu récupérer 21 balises et les données de 38 individus.

Au niveau du comportement, les deux espèces présentent deux phases marquées d'activité, en début et en fin de nuit, la Sérotine ayant un pic de fin de nuit beaucoup moins marqué voire absent. Les distances moyennes et maximales de chasse pour la Sérotine sont de 1,5 km et 7 km, pour la Noctule de 5 km et 29 km. IL a été découvert six nouveaux gîtes (bâtiments) pour les Sérotines et 28 arbres gîtes (généralement des vieilles cavités de pics) pour les Noctules. Les domaines vitaux individuels (méthode du MCP) sont respectivement entre 100 et 1 200 ha (moyenne 500 ha) et entre 900 et 12 500 ha (moyenne 4 000 ha). Les hauteurs moyennes de vol des individus sont plus élevées pour *N. noctula* (32 ± 28 m contre 12 ± 18 m pour la Sérotine commune). Les Noctules ont significativement et positivement sélectionné les prairies, les zones urbaines et dans une moindre mesure les forêts de conifères, et évité les grandes cultures. La proximité des lisières favorise la présence de *N. noctula*. Les Sérotines évitent les zones de grandes cultures et préfèrent la proximité des zones urbaines et des lisières de forêt. Enfin, les hauteurs de vol des deux espèces sont dépendantes de l'habitat, avec notamment les individus de *N. noctula* qui volent significativement plus haut dans les milieux de grandes cultures. Certaines altitudes de vol (parfois > 50 m, avec un maximum de 750 m pour les noctules et 120 m pour une Sérotine) observées en milieux ouverts

pour ces deux espèces laissent supposer une sensibilité au risque de collision avec des éoliennes. Pour les Noctules, environ 37 % du temps de vol est ainsi supérieur à 30 m (soit la hauteur de pale d'éolienne).

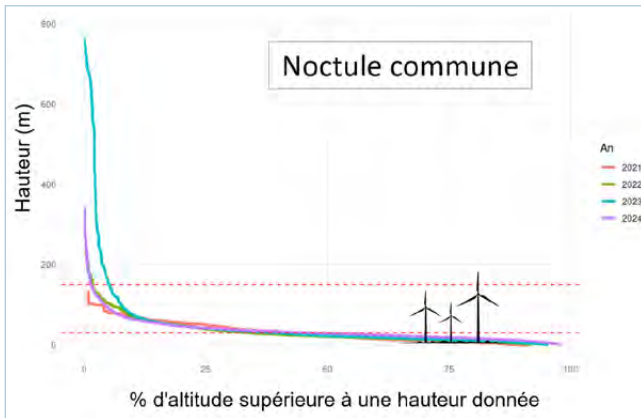


Figure 4.1. Distribution cumulée des altitudes de vol de la Noctule commune durant les 4 années de suivis par GPS. Les pointillés rouges indiquent les altitudes des pales d'éolienne. En moyenne, 37 % de l'activité des Noctules était supérieure à 30 m

Tous ces résultats montrent que cette technique de suivi est pertinente pour une connaissance approfondie de l'écologie de ces espèces, nécessaire pour mettre en place des mesures de conservation pertinentes à différentes échelles, du réseau de gîtes à la zone exploitée par les colonies, en prenant en compte la dimension de l'altitude en lien avec l'éolien.

5. - Résultats préliminaires sur l'utilisation de l'habitat par le Grand murin en Bretagne sud

Frédéric TOUZALIN* et Corentin LE FLOCH**

*University College Dublin

**Bretagne Vivante

6. - Etude des terrains de chasse et Altitude de vol des Grands murins en Belgique

Pierrette NYSSSEN* & Perrine RENARD**

*Ecofirst

**CSD ingénieurs

7. - Une nouvelle technologie de géolocalisation pour étudier la migration des Noctules, les puces radio Sigfox

Lionel GACHES* et Frederic TOUZALIN**

*Groupe Chiroptères Midi-Pyrénées

**University College Dublin

Quelques liens pour retrouver le contenu de communications et posters

De l'étude à la conservation : un exemple avec les continuités écologiques des chauves-souris en Bretagne

Thomas DUBOS, GMB

La Trame Mammifères de Bretagne: <https://gmb.bzh/trame-mammiferes/>

Visualiseur en ligne de la Trame Mammifères de Bretagne: <https://geobretagne.fr/mviewer/?config=/apps/vegetationsmammiferes/config.xml>

Quelques retours d'expérience d'une application de la Trame Mammifères: <https://geobretagne.fr/pub/gmb/RetEx/>

Étude sur les traits de vie des chauves-souris guadeloupéennes patrimoniales et sensibles au risque de collision éolien

Alix THUROW, Yannick BEUCHER & Baptiste ANGIN
https://www.researchgate.net/publication/375547715_Etude_sur_les_traits_de_vies_des_chauves-souris_guadeloupeennes_patrimoniales_et_sensibles_au_risque_de_mortalite_avec_les_eoliennes

Photovoltaïque au sol, quelle menace pour les Chiroptères? Résultats du projet PV-Chiros et présentation du projet Chiroltaïque.

Alice BAUDOUIN et Raphaël COLOMBO Asellia
https://www.researchgate.net/publication/378969683_Photovoltaïque_au_sol_quelle_menace_pour_les_chiropteres_Resultats_du_projet_PV-Chiros_et_presentation_du_projet_Chiroltaïque

Les extinctions partielles sont-elles efficaces pour lutter contre l'impact de la pollution lumineuse sur les Chiroptères? REX d'un suivi BACI.

Raphaël COLOMBO
et Kevin BARRÉ Asellia/MNHN/MNCA
https://www.researchgate.net/publication/379148033_Les_extinctions_partielles_sont-elles_efficaces_pour_lutter_contre_l'impact_de_la_pollution_lumineuse_sur_les_chiropteres_REX_d'un_suivi_BACI

Bats & Bugs: une approche citoyenne pour estimer les services écosystémiques des chauves-souris en Irlande

Gwenaëlle HURPY
<https://batsandbugs.ie/the-beginnings/>

Étude comportementale sur les routes de vol des Chiroptères des carrières de Saint-Rémy-de-Provence (13) et mise en place d'une stratégie de conservation

Andoni ERCILBENGOA, Chloé PRIEUR,
Emmanuel COSSON, GCP
https://www.gcprovence.org/wp-content/uploads/2025/10/PosterGrandSud_Glanum_2023.09.11-VF-MAJ_compressed.pdf

***Myotis nustrale*, une nouvelle espèce de chauve-souris en France, endémique de Corse**

Sébastien PUECHMAILLE & Gregory BEUNEUX
PUECHMAILLE S. J., DOOL S., BEUNEUX G. & RUEDI M., 2023. - Newly described and already endangered: a new mammal species endemic to Corsica. *Revue suisse de Zoologie* 130 (2), pp. 335-351 : 342-346. <https://doi.org/10.35929/RSZ.0108>

Le Miniopère de Schreibers dans les collections d'histoire naturelle

Michèle LEMAIRE, Chauve-qui-peut
Arvicola, 2025, 22(1) : 4-68.

Les invisibles: Découvertes chiroptérologiques dans les Bouches-du-Rhône

Théo DEFRANCQ, Delphine QUEKENBORN,
Emmanuel COSSON, GCP
Envol des Chiros, 2024, 37 : 5-8.

Bilan de la Nuit internationale de la chauve-souris 2023

Fiona GAUMARD, SFPEM
Mammifères sauvages, 2023, 86 : 7.

Bilan SFPEM des SOS Chiroptères pour l'année 2023

Fiona GAUMARD, SFPEM
Mammifères sauvages, 2024, 87 : 19-22.

Opération Refuge pour les chauves-souris

Myriam FOCKENOY, SFPEM
<https://www.sfepm.org/operation-refuge-pour-les-chauves-souris.html>

Table ronde Chauves-souris et agriculture

Le compte-rendu du colloque national chauves-souris et agriculture:
<https://plan-actions-chiropteres.fr/colloque-chauves-souris-et-agricultures/>
Introduction générale sur la thématique:
<https://www.vigienature.fr/fr/actualites/chauves-souris-espaces-agricoles-3840>

ReMuCe, le réseau des muséums de la région Centre-Val de Loire

○ Présentation de ReMuCe et de Symbioses

ReMuCe est une association constituée de plusieurs structures muséales, qui possèdent chacune des collections d'histoire naturelle (zoologie, botanique, géologie, paléontologie) et de sociétés savantes associées à ces établissements. Basée en région Centre-Val de Loire, elle poursuit l'objectif de favoriser les coopérations entre ces établissements, à des fins scientifiques et de culture scientifique. Les actions menées par l'association sont multiples : organisation de rencontres scientifiques régionales, publication d'une revue scientifique régionale (*Symbioses*), projet régional autour de collections d'histoire naturelle, diverses rencontres professionnelles, coopérations, etc.

Symbioses est la continuité de la *Revue de biologie humaine et animale du Centre*, fondée en 1969 et dont la parution a cessé en 1986. Elle est devenue à partir de novembre 1999, *Symbioses*, nouvelle série, *bulletin des muséums d'histoire naturelle de la région Centre*.

Symbioses publie en français, au rythme annuel d'au moins un numéro, des articles inédits, de préférence à vocation régionale, dans le domaine de l'histoire naturelle (zoologie, botanique, sciences de la terre, écologie...) et de la muséologie. Les travaux concernant les sciences de l'homme (préhistoire, archéologie, ethnologie...), l'histoire des sciences ou autres sont aussi acceptés.

Symbioses publie également les Actes des rencontres organisées par les muséums de la région Centre-Val de Loire et les travaux scientifiques émanant des membres des sociétés amies : Société des amis du muséum de Chartres et des naturalistes de l'Eure-et-Loir (SAMNEL), Société d'histoire naturelle de Loir-et-Cher (SHNLC) et Société pour le Muséum d'Orléans et les sciences (SOMOS).

La reproduction de tout article de *Symbioses* est autorisée sous réserve de mention de la source.

○ Symbioses vit grâce à vos contributions

La revue accepte les articles d'information générale, d'actualité, de synthèse ou de réflexion sur les thèmes en rapport avec les sciences de la terre, de la vie et l'histoire naturelle.

Pour obtenir les instructions aux auteurs ou proposer vos contributions : asso.remuce.symbioses@gmail.com. Envoyez vos articles pour le prochain numéro, qui sera publié en 2027.

○ Les actualités de ReMuCe

- **27 avril 2026 : 2^e journée des rencontres paléontologiques** au Muséum d'Orléans pour la Biodiversité et l'Environnement. Présentations et ateliers pratiques au programme. La journée sera divisée en deux parties : une dédiée aux collections paléontologiques régionale et une dédiée à la conservation des ces collections. Une contribution de 8 € sera demandée pour le repas du midi et les pauses café. Inscriptions auprès de : asso.remuce@gmail.com.

Symbioses, nouvelle série, 42, mars 2026

Actes de la XX^e Rencontre nationale Chauves-souris de la SFEPM,

Bourges, mars 2024

Sommaire

Articles

FAURE M., ROUSSEL L., COQUIS A., MENARD P. - Intérêt des anciennes mines et carrières du Vaucluse (84) pour les Chiroptères	1
Prache A., Loubinoux E., Cosson E. - Prise en compte des chauves-souris en falaise : comment identifier les gîtes à chauves-souris en falaise et quelles sont les méthodes de sécurisation à privilégier ?	3
DEFRANCO T., SAVIGNAC M., EMMANUEL COSSON E. - Constat du retour d'une colonie de Chiroptères suite à la baisse de la fréquentation humaine lors du COVID. L'exemple des gorges du Blavet (83)	5
DUMONT G.A., COLOMBO R. - Actualisation des connaissances sur la Grande noctule (<i>Nyctalus lasiopterus</i>) en PACA	7
DEFRANCO T. - Les gîtes à Minioptère de Schreibers de la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur : état des lieux et synthèse des protections	9
MÉDARD P., AULAGNIER S. - 40 ans de suivis chiroptérologiques dans la grotte de Cailhol (Hérault)	13
LOUBINOUX E., PONCET J., COSSON E. - Projet de territoire pour la préservation des chauves-souris : cas du projet mené au Brusquet et à Draix (Alpes-de-Haute-Provence) en 2022 et 2023 pour la préservation du Petit rhinolophe	21
Bastien P.-E., Monnier G. - Déploiement du programme Vigie-Chiro à la Réunion : « Vigie-Chiro-RUN »	23
DRIDI M., MALINGE F., MÊME-LAFOND B. - Mettre en place d'une trame sombre opérationnelle : retour d'expérience du Maine-et-Loire	25
MATHIEU T., QUEKENBORN D. - Suivi des gîtes majeurs en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur	29
LOUBINOUX E., PRACHE A., COSSON E. - 30 ans de protection de gîtes majeurs en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur	33
CICARELLI E., QUEKENBORN D. - Outils de conservation pour les gîtes à Chiroptères déployés en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur	37
BASTIEN P.-E. - Un document stratégique d'urgence en faveur de la Roussette noire (<i>Pteropus niger</i>) à La Réunion (2023)	39
DERSON L., JIMENEZ G. - Veille environnementale et actions juridiques en Lorraine	45
PALUMBO L., DECORS A., BERNY P., GAUTHIER D., LE LOC'H G., LEMBERGER K., ETLIN A. - Le réseau SMAC, un outil de vigilance : cas spécifique du Molosse de Cestoni, à Nice, 2022-2023	49
PESSATO A., BARON J., TREYVAUD C., VILLA S., CHABROLLE A., KERBIRIOU C. - MIGRATLANE : développement d'un réseau acoustique passif pour le suivi des Chiroptères et des Oiseaux en mer	53
LE ROUX C., BARRÉ K., VALET N., KERBIRIOU C., LE VIOL I. - Influence de l'effet de sillage des éoliennes sur la distribution de l'activité de la Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	61
GAGER Y., FRITZE M. - Électricité éolienne et conservation des chauves-souris en Allemagne	63
BEUCHER Y., NARDOU X., ALBESPY F., LANGLOIS A., MATUTINI F., BESNARD A., ILLAC P. - Programme OPRECh ciblé sur la régulation des éoliennes en faveur des chauves-souris : analyse des pratiques, tests expérimentaux et voies d'optimisation de la mesure	67
LE BRAS Y., CARENTON N., DOYEN L. - Impact des parcs éoliens sur la faune volante : Analyse à large échelle des suivis post-implantation et estimation de la mortalité de la faune volante	77
LOUIS V., ROUY Q. - Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur la CCN sans oser le demander	95

Résumés

SÉVÈRE T., COLOMBO R. - Les barbastelles réalisent-elles des migrations saisonnières en PACA ?	97
DARNIS T., VINET O., PARMAIN V. - Premières observations de lek, marquage territorial et autres comportements sexuels, sur une colonie de Grande noctule dans le Massif central	98
AIT-ABDESSELAM M., DALHOUMI R., OUBED A., BOUNACEUR F., AULAGNIER S. - Activité hivernale des Chiroptères dans la ville de Constantine (Algérie)	99
COUTURIER T., CARTIER A., VARANGUIN N., JAILLOUX A., BESNARD A. - Mise en place d'une stratégie d'échantillonnage des sites d'hibernation à Chiroptères en région Bourgogne	100
CLAIREAU F., DEVAUX T., ROEMER C. - Bilan de huit années (2016-2024) de recherche sur les infrastructures linéaires de transports et les chauves-souris au sein du CESCO	101
PAPERIN CARILLO F., ROUÉ S. - Synthèse nationale - Actualisation des effectifs nationaux et du nombre de sites à Chiroptères	103
DISCA T. - Analyse comparée de quatre enregistreurs passifs d'ultrasons, quelles conséquences pour l'analyse et l'interprétation des données d'activité de Chiroptères ?	104
GIDOIN C., CARENTON N., LE BRAS Y., TRANCHARD J., DOYEN L. - ActiChiro, un référentiel d'activité acoustique des Chiroptères, d'après une idée originale d'Alexandre Haquart et Thierry Disca	105
TABLE RONDE ITE. La prise en compte des chauves-souris lors de démolition ou d'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) des bâtiments	106
TABLE RONDE NOCTULES. Vers une action nationale pour la Noctule commune. Imaginer un programme ambitieux de conservation à grande échelle ?	107
TABLE RONDE VEILLE SANITAIRE	109
TABLE RONDE GPS	116

Liens

120

Prix : 15,00 €

Symbiose : association intime et constante de deux organismes qui en tirent des avantages réciproques, définition donnée en 1879 par Anton de Bary (1831-1888), botaniste allemand, précurseur de la mycologie moderne.

