



BORALEX

Parc éolien de Bazougeais, commune de
Bazouges-la-Pérouse (35)

Suivi de l'activité des chiroptères à
hauteur de nacelle

BORALEX

Activité des chiroptères en nacelle en 2023

Février 2024

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| Citation recommandée | Biotope, 2023, Suivi de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle,.Boralex. | |
| Version/Indice | V1 | |
| Date | 27/02/2024 | |
| Nom de fichier | BORALEX_Bazougeais_alti_2023_VT1.docx | |
| Maître d'ouvrage | BORALEX | |
| Interlocuteur | Vézians Dupont | Contact : Vézians Dupont Project Officer - Biodiversity T. +33 6 31 22 45 86 |
| Biotope, Responsable du projet | Julien MEROT | Contact : jmerot@biotope.fr Tél : 06 28 61 50 04 |
| Biotope, Responsable de qualité | Béatrice Bouché | Contact : Mail : bbouche@biotope.fr Téléphone : 02 49 62 20 53 |

Introduction

Conformément au protocole de suivi environnemental (mise à jour 2018), une éolienne a été équipée d'un enregistreur automatique pendant toute la période d'activité des chauves-souris soit **d'avril à novembre, dans le but de valider la mise en place d'un nouveau modèle d'asservissement.**

La méthode proposée est basée sur des enregistrements automatiques, à l'aide d'un détecteur automatisé, en continu et en altitude grâce à un micro positionné en nacelle.

Ce type de matériel stocke les signaux ultrasonores détectés sur carte mémoire. Les SM3BAT enregistrent les signaux en temps réel, sans altération du son, ce qui permet de procéder ultérieurement à une analyse fine des séquences obtenues à l'aide d'un logiciel automatique d'analyse des sons (Sonochiro 4.0).

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle pour ainsi mieux cerner le risque d'impact par collision ou barotraumatisme.

Sommaire

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | MATERIEL ET METHODES | 5 |
| 1.1 | Localisation du site d'étude | 5 |
| 1.2 | Matériel de collecte de données | 7 |
| 1.3 | Analyse des sons et identification des espèces | 8 |
| 1.4 | Évaluation du niveau d'activité chiroptérologique en hauteur | 8 |
| 1.5 | Limites méthodologiques | 11 |
| 1.6 | Acquisition des données météorologiques | 12 |
| 1.7 | Croisement des données | 13 |
| 1.8 | Equipe de travail | 14 |
| 2 | ANALYSES DETAILLEES DE L'ACTIVITE DES ESPECES DE CHIROPTERES CONTACTEES EN HAUTEUR | 15 |
| 2.1 | Espèces contactées | 15 |
| 2.2 | Abondance relative | 15 |
| 2.3 | Analyse détaillée de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur | 18 |
| 2.4 | Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction de l'heure | 21 |
| 2.5 | Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques | 24 |
| 3 | SYNTHESE DE L'ECOUTE DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE 2023 | 28 |
| 4 | COMPARAISONS RESULTATS 2022-2023 | 30 |
| 5 | ASSERVISSEMENT EOLIEN EN FONCTION DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE | 32 |
| 6 | BIBLIOGRAPHIE | 33 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 Paramètres d'enregistrement du SM3BAT | 7 |
| Tableau 2 Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période | 7 |
| Tableau 3 : Référentiel Altichiro-Altitude utilisé pour l'étude de Bazougeais | 9 |
| Tableau 4 Equipe de travail | 14 |
| Tableau 5 Statuts de protection et de patrimonialité des espèces de chiroptères recensées dans l'aire d'étude immédiate au cours des expertises menées en altitude. | 15 |
| Tableau 6 Nombre de contacts/minutes positives obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces et part de ces contacts notés en altitude | 15 |
| Tableau 7 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période printanière | 16 |
| Tableau 8 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période estivale | 16 |
| Tableau 9 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période automnale | 17 |
| Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période automnale | 17 |
| Tableau 11 Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées | 23 |
| Tableau 12 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent | 25 |
| Tableau 13 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures | 26 |
| Tableau 14 : Comparaison d'efficacité du bridage mis en place à partir des données 2022 et 2023 en minute positive | 32 |
| Tableau 15 : Simulation du bridage avec de nouveaux paramètres pour le parc éolien de Bazougeais issue des données 2023. | 32 |

Liste des illustrations

| | |
|---|----|
| Figure 1 Illustrations de l'environnement autour du dispositif d'écoute en altitude de l'éolienne n°3 sur la commune de Bazouges-la-Pérouse et du positionnement micro en nacelle | 5 |
| Figure 2 Illustrations d'un SM3BAT et du microphone | 7 |
| Figure 3 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope | 8 |
| Figure 4 : Répartition spatiale des points-nuits pour chaque référentiel. | 9 |
| Figure 5 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude. | 11 |
| Figure 6 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude | 12 |
| Figure 7. Schéma temporelle de la vitesse du vent à 105 m sur l'ensemble de suivi du parc éolien de Bazougeais, en 2023. | 12 |
| Figure 8. Schéma temporelle de la température à 105 m sur l'ensemble de suivi du parc éolien de Bazougeais, en 2023. | 12 |
| Figure 9. Schéma temporelle de la pluviométrie à 105 m sur l'ensemble de suivi du parc éolien de Bazougeais, en 2023. | 13 |
| Figure 10 : Activité journalière, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données. | 18 |
| Figure 11 : Nombre de minutes positives mensuelles, toutes espèces confondues, rapporté au nombre d'heure de nuit. | 18 |
| Figure 12 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit. | 19 |
| Figure 13 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les pipistrelles de Nathusius et de Kuhl, rapporté au nombre d'heure de nuit. | 19 |
| Figure 14 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les sérotules, rapporté au nombre d'heure de nuit. | 20 |
| Figure 15 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de avril à mai | 21 |
| Figure 16 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à août. | 21 |
| Figure 17 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de septembre et octobre. | 22 |
| Figure 18 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues entre avril et novembre. | 22 |
| Figure 19 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre avril et novembre. | 23 |
| Figure 20 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s). | 24 |
| Figure 21 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s) | 24 |
| Figure 22 : Affinité des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s) | 24 |

Figure 23 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°c) 25

Figure 24 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c) 26

Figure 25 : Affinité des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c) 26

Figure 26 : Densité des observations de chauves-souris par classe de la pluie 27

Figure 27 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la pluie 27

Figure 28 : Histogramme bidimensionnel représentant les fonctions de densité conjointe de la température nocturne et de la vitesse de vent nocturne, pour les conditions disponibles (à gauche) et utilisées (à droite). Les lignes blanches démarquent les régions à l'intérieur desquelles 90% des observations se concentrent (noyaux de densité), 28

Figure 29 : Affinité bidimensionnelle pour la température nocturne et la vitesse de vent nocturne. L'échelle de couleur est graduée de façon logarithmique (base 10) : $\log_{10}(0.1) = -1$ donc une valeur de -1 indique donc une sélection des conditions associées 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, $\log_{10}(1) = 0$ donc 0 indique l'absence de préférence, et $\log_{10}(10) = 1$ donc 1 indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence. 29

Figure 28 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et novembre 2022 au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais 30

Figure 29 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre avril et novembre 2023 au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais. 31

1 MATERIEL ET METHODES

Les données chiroptérologiques ont été acquises à l'endroit de l'éolienne 3 avec 1 micro placé en nacelle à la hauteur de 105m.

1.1 Localisation du site d'étude

Le parc éolien est situé sur la commune de Bazouges-la-Pérouse, dans le département d'Ille et Vilaine. L'éolienne n°3 est située dans une parcelle en contexte bocager relativement conservé.

Les enregistrements sont réalisés depuis la nacelle de l'éolienne n°3 du parc de Bazougeais (35)

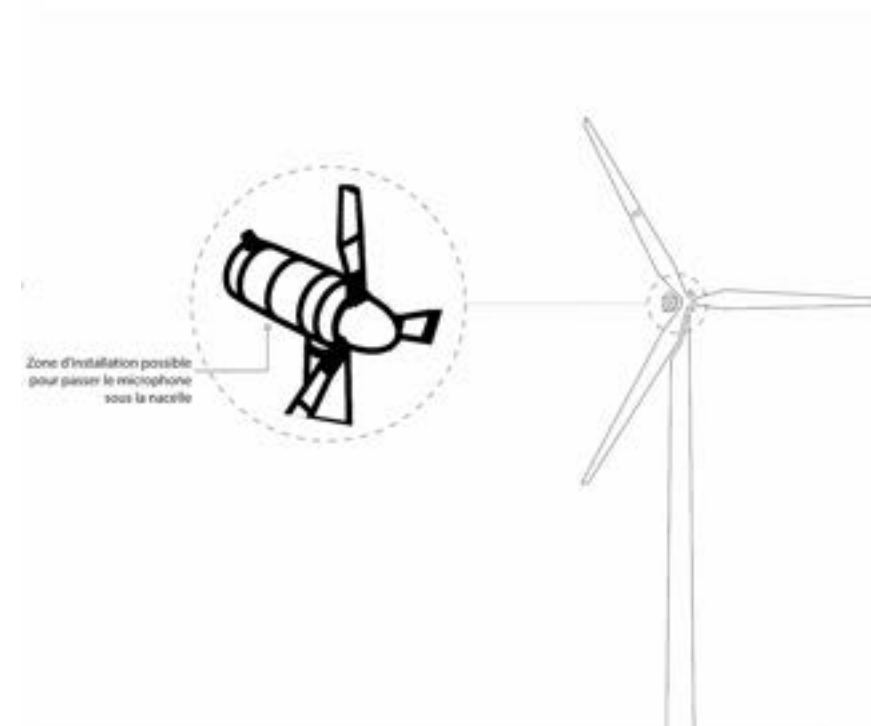
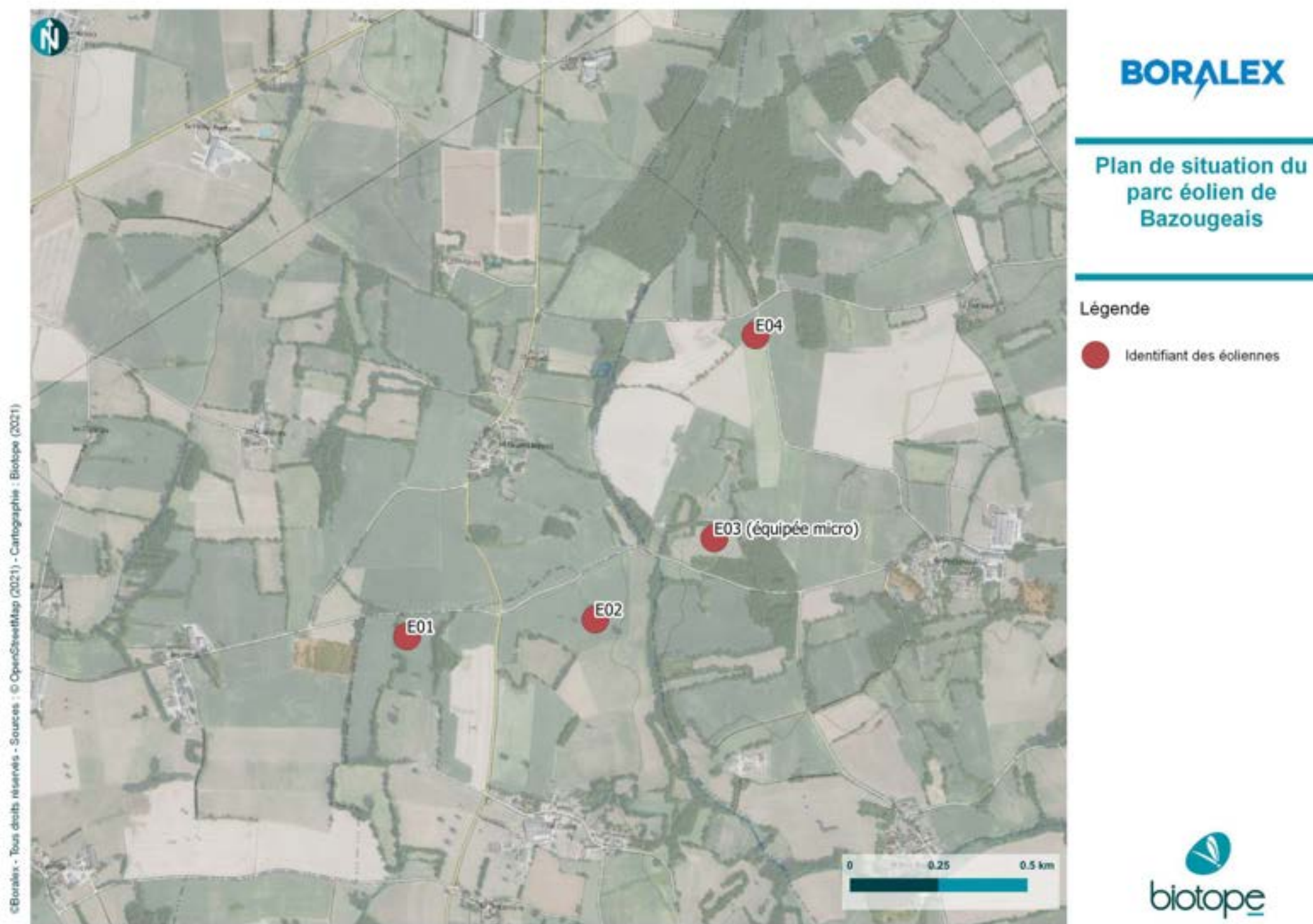


Figure 1 Illustrations de l'environnement autour du dispositif d'écoute en altitude de l'éolienne n°3 sur la commune de Bazouges-la-Pérouse et du positionnement micro en nacelle



Carte 1 Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle

1.2Matériel de collecte de données

L'étude du comportement des chauves-souris se fait grâce à la détermination de leur indice d'activité basé sur la détection des ultrasons émis par ces animaux pour se repérer et localiser leurs proies.

Le système utilisé est basé sur un enregistreur d'ultrasons SM3BAT (Wildlife Acoustics) (enregistreur large bande 2 x 192 KHz effectifs) déclenchant les enregistrements grâce à un trigger de 12 dB au-delà de 14 KHz. L'ensemble est alimenté par batterie et équipé d'une protection contre les signaux parasites (ondes radio, TV...).



Figure 2 Illustrations d'un SM3BAT et du microphone

1.2.1 Paramétrage du SM3BAT

Les paramètres d'enregistrement du SM3BAT sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 Paramètres d'enregistrement du SM3BAT

| Paramètres d'enregistrement | |
|--|---------|
| Filtre Pass Haut | 1 KHz |
| Fréquence d'échantillonnage | 192 KHz |
| Fréquence minimale | 14 KHz |
| Fréquence maximale | 100 KHz |
| Durée minimale de déclenchement | 1,5 ms |
| Niveau du trigger | 12 dB |
| Trigger maximale | 5 sec. |
| Déclenchement avant le coucher du soleil | 30 min. |
| Arrêt après le lever du soleil | 30 min. |

1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Les données analysées en détail concernent la période du 14 avril 2023 au 02 novembre 2023 soit 247 nuits d'enregistrement exploitables.

Ces données permettent de réaliser tous les traitements acoustiques.

Tableau 2 Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période

| Mois | Nombre de nuits exploitables sur les microphones |
|-----------|--|
| Avril | 6 |
| Mai | 31 |
| Juin | 30 |
| Juillet | 31 |
| Aout | 31 |
| Septembre | 30 |
| Octobre | 31 |
| Novembre | 2 |
| TOTAL | 191 |

1.3 Analyse des sons et identification des espèces

Le schéma suivant illustre le type de données recueillies lors des inventaires à l'aide d'enregistreurs et les différentes étapes menant à l'identification des espèces de chiroptères présentes sur l'aire d'étude.

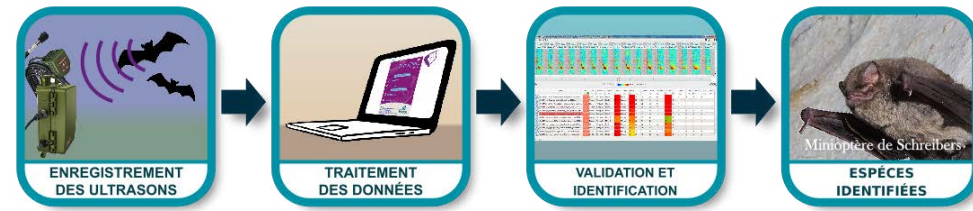


Figure 3 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

1.3.1 Détermination automatique du signal

Chaque espèce a des caractéristiques acoustiques qui lui sont propres. L'analyse des signaux qu'elles émettent permet donc de réaliser des inventaires d'espèces.

L'analyse des données issues des enregistreurs (SM4BAT) s'appuie sur le programme Sonochiro® développé par le département « Recherche & Innovation » de Biotope. Ce programme permet un traitement automatique et rapide d'importants volumes d'enregistrements.

Le programme Sonochiro inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés ;
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme et ratios signal/bruit) ;
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence ;
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées au groupe d'espèces également assorties d'un indice de confiance ;
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce passant en arrière-plan.

Ainsi, les enregistrements sont analysés par ordinateur grâce à la suite de logiciel « Sonochiro® », permettant un tri et une pré-identification automatique des contacts réalisés sur la base d'1 contact = 5 secondes de séquence d'une espèce.

1.3.2 Validation et identification des espèces par un chiroptérologue

Les identifications faites par SonoNat® sont ensuite analysées et contrôlées visuellement (SonoView®) et auditivement (BatSound®, Syrinx). Les logiciels SonoView® et BatSound® permettent d'afficher des sonagrammes (= représentation graphique des ultrasons émis par les chiroptères), d'effectuer des mesures et d'écouter les séquences qui sont ensuite attribués à l'espèce ou au groupe d'espèces selon la méthode d'identification acoustique de Michel BARATAUD (Barataud, 2020).

Les critères d'identification sont basés sur les variations de fréquence (entre 10 à 120 kHz), la durée du signal (quelques millisecondes), les variations d'amplitude (puissance du signal) et le rythme.

Dans l'état actuel des connaissances, les méthodes acoustiques permettent d'identifier les 36 espèces françaises. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol, c'est pourquoi les déterminations litigieuses sont rassemblées en groupes d'espèces.

1.4 Évaluation du niveau d'activité chiroptérologique en hauteur

1.4.1 Unité de mesure de l'activité

Dans la majorité des études qui sont pratiquées jusqu'à maintenant, que ce soit avec un détecteur à main ou un enregistreur automatique en point fixe, les résultats des écoutes sont tous exprimés par une mesure de l'activité en nombre de contacts par unité de temps. Selon les opérateurs et l'appareillage, la définition d'un contact n'est pas très claire, mais correspond à une durée de séquence que l'on pense être proche d'un passage d'un chiroptère, soit de 5 secondes dans le cas des détecteurs à main. Néanmoins, **pour pallier les nombreux facteurs de variations de dénombrements liés au matériel** (sensibilité du micro, modèle d'enregistreur, trigger, seuils de déclenchements, paramétrages de séquençage des fichiers...) **l'unité la plus pratique de dénombrement et montrant une meilleure robustesse de comparaison avec des référentiels correspond à la « minute positive »**. Une minute est dite « positive » quand au moins un chiroptère est enregistré au cours de celle-ci. Le nombre de minutes positives peut être considéré globalement ou décliné par espèce.

Dans cette étude, tout contact affiché correspond donc à une minute positive, c'est-à-dire une minute au cours de laquelle une espèce a été contactée. Qu'il y ait un fichier d'enregistrement ou 10 au cours d'une minute, l'incrémentation correspondra à 1.

Les tests statistiques ont montré que les variations liées au matériel étaient moins fortes avec cette méthode. Le dénombrement des « minutes positives » évite des écarts de 1 à 10 en cas de forte activité. En cas de faible activité, les résultats de dénombrement de minutes positives ou de fichiers d'enregistrement sont sensiblement les mêmes. Ce type de dénombrement tend à mesurer une régularité de présence d'une espèce sur un site d'enregistrement et peut donc être formulé en occurrence par heure (rapport du nombre de minutes positives sur la durée totale d'écoute en minute pouvant être exprimé en pourcentage) pour obtenir un indice d'activité. L'intérêt majeur de cette unité de comptage est de pouvoir mêler des données issues de différents matériels et de différents paramétrages de matériel.

Avec cette unité de comptage d'une minute, il n'est pas nécessaire de recourir à des coefficients de correction en lien avec la détectabilité des espèces (cf. Haquart, 2013 et Haquart, 2015).

1.4.2 Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®

Avec cette méthodologie de points d'écoute prolongés sur au moins une nuit complète à l'aide d'appareils enregistreurs de type SMBAT, il fallait un référentiel d'estimation des niveaux d'activité plus objectif que le « dire d'expert ». Ainsi, des analyses statistiques basées sur un important pool de données réelles ont été réalisées par Alexandre Haquart (Biotope) dans le cadre d'un diplôme EPHE. Elles ont abouti à établir en 2013 un **référentiel appelé Actichiro®**. Il propose des chiffres objectifs **qui permettent d'évaluer le niveau d'activité d'une espèce ou un groupe d'espèces** sur un point ou un site donné. Ces chiffres de référence sont exprimés en minutes positives par nuit.

En 2023, le référentiel ActiChiro® a été transformé et son fonctionnement a été repensé afin de disposer d'un nouveau **référentiel dynamique** pour les suivis en altitudes (**ActiChiro-Altitude**). **Le nouveau référentiel Actichiro-Altitude se base sur un recueil de données issu de 111 sites** et plus de **35 000 points-nuits**, répartis sur l'ensemble de la France et sur les **10 dernières années**.

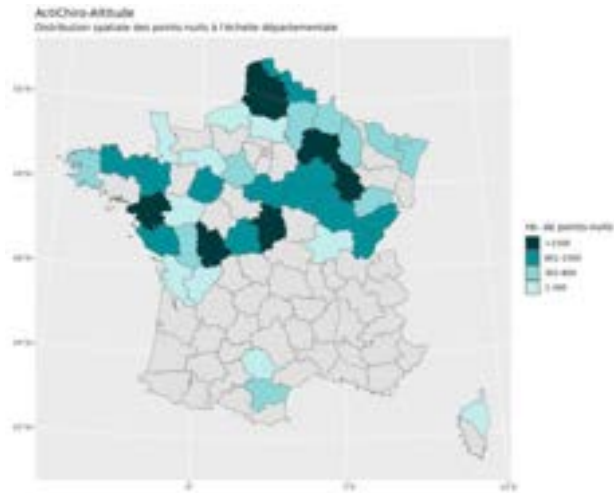


Figure 4 : Répartition spatiale des points-nuits pour chaque référentiel.



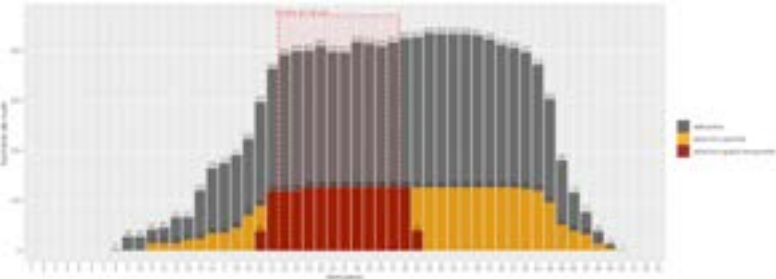
1.4.3 Référentiel Actichiro® dédié à cette étude


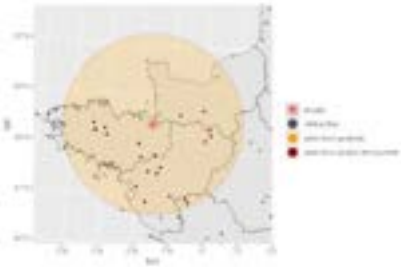
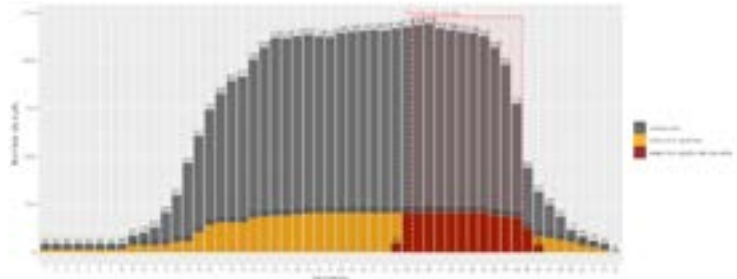
Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée aux sites d'étude et aux types d'analyse réalisée, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. **Ce référentiel ActiChiro® produit donc un référentiel dédié pour chaque étude.**

Dans le cadre de cette étude, le **référentiel Altichiro-Altitude** prend en compte les variables spatio-temporelles suivantes :

Tableau 3 : Référentiel Altichiro-Altitude utilisé pour l'étude de Bazougeais

| Pour le suivi en période de migration printanière (avril à fin mai) : | |
|---|---|
| Sélection spatiale du référentiel | Rayon de 200 km autour de l'éolienne suivie |
| Sélection temporelle du référentiel | +/- 15 jours autour de la période étudiée |
| Sélection de l'altitude du référentiel | Données prises en nacelle entre 50 et 120m |
| Carte du référentiel | Zoom sur la zone d'étude |
| Sélection temporelle du référentiel | |

| Pour le suivi en période de mise-bas : | |
|---|--|
| Sélection spatiale du référentiel | Rayon de 200 km autour de l'éolienne suivie |
| Sélection temporelle du référentiel | +/- 15 jours autour de la période étudiée |
| Sélection de l'altitude du référentiel | Données prises en nacelle entre 50 et 120m |
| Carte du référentiel | Zoom sur la zone d'étude |
| Sélection temporelle du référentiel |  |
| |  |
|  | |

| Pour le suivi en période automnale | |
|--|---|
| Sélection spatiale du référentiel | Rayon de 200 km autour de l'éolienne suivie |
| Sélection temporelle du référentiel | +/- 15 jours autour de la période étudiée |
| Sélection de l'altitude du référentiel | Données prises en nacelle entre 50 et 120m |
| Carte du référentiel | Zoom sur la zone d'étude |
| Sélection temporelle du référentiel |  |
| |  |
|  | |

Estimation du niveau d'activité

À partir des données collectées pour l'étude, Actichiro® calcule l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce. Elle somme donc les minutes positives et divise par le nombre de nuits. Cette valeur peut donc être supérieur à 60 puisqu'elle n'est pas calculée à l'échelle de l'heure mais à l'échelle de la nuit. L'application fait ce calcul deux fois :

- Une fois en considérant l'ensemble des points-nuits (N points-nuits), ceux où l'espèce est détectée (au moins un contact) et où elle ne l'est pas.
- Une fois en considérant uniquement les points-nuits où l'espèce est détectée (n points-nuits avec $n \leq N$).

À partir du référentiel sélectionné pour l'étude, Actichiro® va construire les données de comparaison du référentiel. Il va construire deux distributions de moyenne. Dans un premier temps, pour chaque espèce, Actichiro® va piocher 1000 fois **N** points-nuits (au hasard et avec remise) et va calculer l'activité moyenne en minute positive pour chacun de ces échantillons (1^{ère} utilisation de la méthode de bootstraps). Ce qui permet de construire **une distribution de l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce (lorsque l'espèce est détectée ou non)**. Puis dans un second temps, Actichiro® va piocher, pour chaque espèce, 1000 fois **n** points-nuits (au hasard et avec remise) parmi les points-nuits où l'espèce est détectée uniquement. Actichiro® va pouvoir calculer l'activité moyenne en minute positive pour chacun de ces échantillons (2^{ème} utilisation de la méthode de bootstraps). Ce qui permet de construire **une distribution de l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce (lorsque l'espèce est présente)**.

Actichiro® va comparer l'activité moyenne de chaque espèce obtenue sur le site d'étude à la distribution issue du référentiel pour le cas où l'espèce est « présente et absente » et pour le cas où elle est uniquement « présente ». On obtient l'échelle de niveaux d'activité suivante :

- **Activité très faible** : lorsque la moyenne est inférieure ou égale au 2^{ème} percentile de la distribution de l'activité.
- **Activité faible** : lorsque la moyenne est comprise entre le 2^{ème} percentile (exclu) et le 25^{ème} percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- **Activité moyenne** : lorsque la moyenne est comprise entre le 25^{ème} percentile (exclu) et le 75^{ème} percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- **Activité forte** : lorsque la moyenne est comprise entre le 75^{ème} percentile (exclu) et le 98^{ème} percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- **Activité très forte** : lorsque la moyenne est supérieure ou égale au 98^{ème} percentile de la distribution.

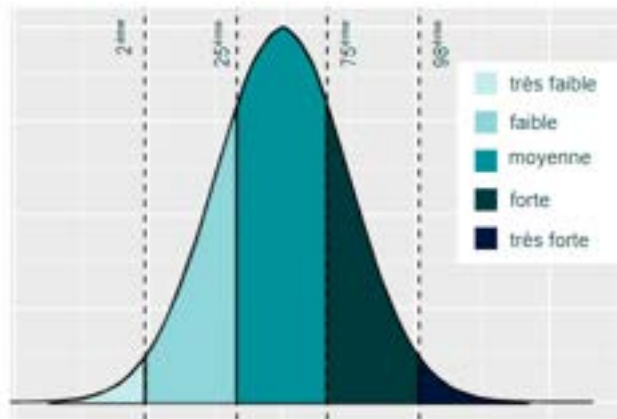


Figure 5 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude.

Restitution des niveaux d'activité dans le rapport

Pour chaque saison (printemps, été et automne), l'activité des chiroptères est restituée sous forme d'un tableau, où l'unité de l'activité est la minute positive. Chaque tableau rend compte du :

- Nombre de point-nuits : le nombre total de nuits analysé quel que soit le point.
- Occurrence par point-nuit : la proportion du nombre de nuits où l'espèce a été contactée (sur le nombre total de points-nuits) ;
- L'activité moyenne (en minute positive) par point-nuit ;
- Activité moyenne (en minute positive) quand présence uniquement ;
- Le **niveau d'activité** obtenu par comparaison de l'activité moyenne de chaque espèce à la distribution issue du référentiel construit pour l'étude.

1.5 Limites méthodologiques

1.5.1 Détermination acoustique

Dans l'état actuel des connaissances les méthodes acoustiques permettent d'identifier la majorité des espèces présentes sur le territoire français. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol. C'est pourquoi les déterminations litigieuses sont parfois rassemblées en groupes d'espèces. Ici, les petits murins sont inclus dans le groupe des *Petits Myotis*.

Les limites de cette méthode utilisant des enregistreurs automatiques sont essentiellement dues à la détectabilité des différentes espèces et au caractère « fixe » du dispositif dont la pertinence de positionnement ne peut être confirmée qu'a posteriori. La distance à partir de laquelle les chauves-souris sont enregistrées par les détecteurs varie très fortement en fonction de l'espèce concernée. Les noctules et sérotines émettent des cris relativement graves audibles jusqu'à une centaine de mètres. A l'inverse, les cris des rhinolophes ont une très faible portée et sont inaudibles au-delà de 5 à 10 m.

La grande majorité des chauves-souris (*Myotis*, pipistrelles, etc.) sont détectables entre 10 et 30 m.

1.5.2 Représentativité des inventaires

Compte-tenu de ce suivi de 191 nuits, ces inventaires peuvent prétendre à l'exhaustivité. En effet, pour réunir un échantillonnage suffisant, on estime nécessaire une quinzaine de nuits d'enregistrements pour espérer contacter 90 % des espèces (sur une maille 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2023 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

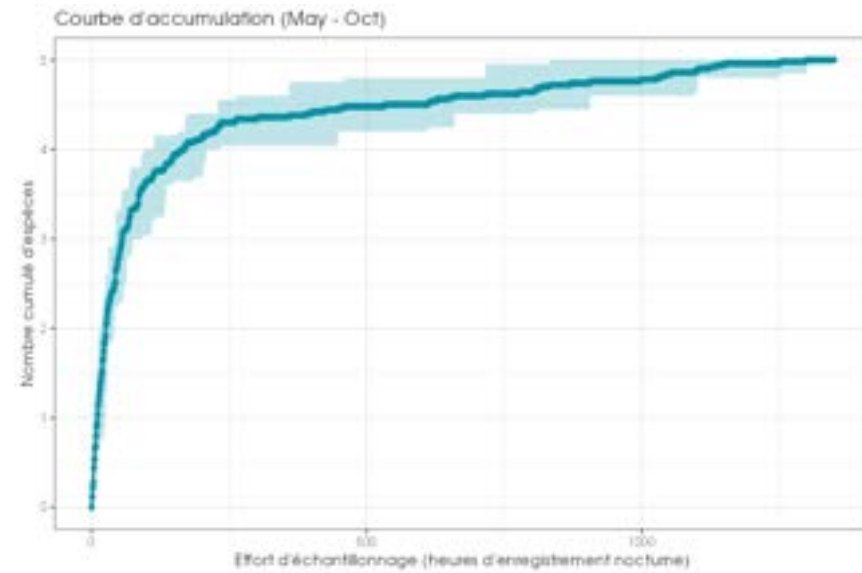


Figure 6 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude

Cette courbe d'accumulation représente le cumul des nouvelles espèces avec l'effort d'échantillonnage. La construction de la courbe prend en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonnage est réparti uniformément entre les mois (les mois incomplets sont extraits de cette analyse).

1.6 Acquisition des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par la société Boralex. Elles ont été acquises à l'aide des sondes météorologiques installées sur la nacelle des éoliennes.

- La vitesse du vent est mesurée à ~105m de haut ;
- La température est enregistrée à ~105m de haut ;
- L'intensité de la pluie à ~105m de haut ;
- Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

La période analysée correspond à la période durant laquelle un suivi de l'activité des chiroptères a été réalisée en altitude soit, dans le cas présent, un total de 191 nuits :

- Les enregistrements conservés couvrent uniquement la période nocturne.

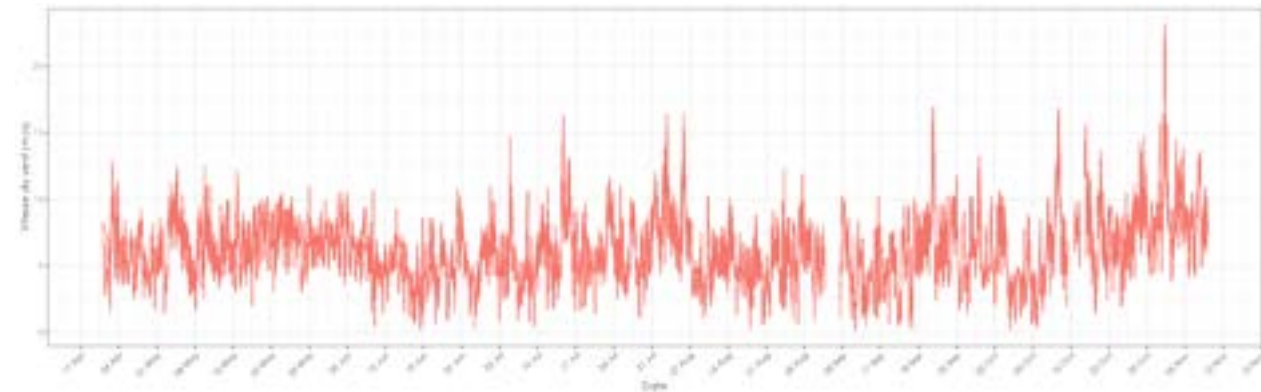


Figure 7. Schéma temporelle de la vitesse du vent à 105 m sur l'ensemble de suivi du parc éolien de Bazougeais, en 2023.



Figure 8. Schéma temporelle de la température à 105 m sur l'ensemble de suivi du parc éolien de Bazougeais, en 2023.

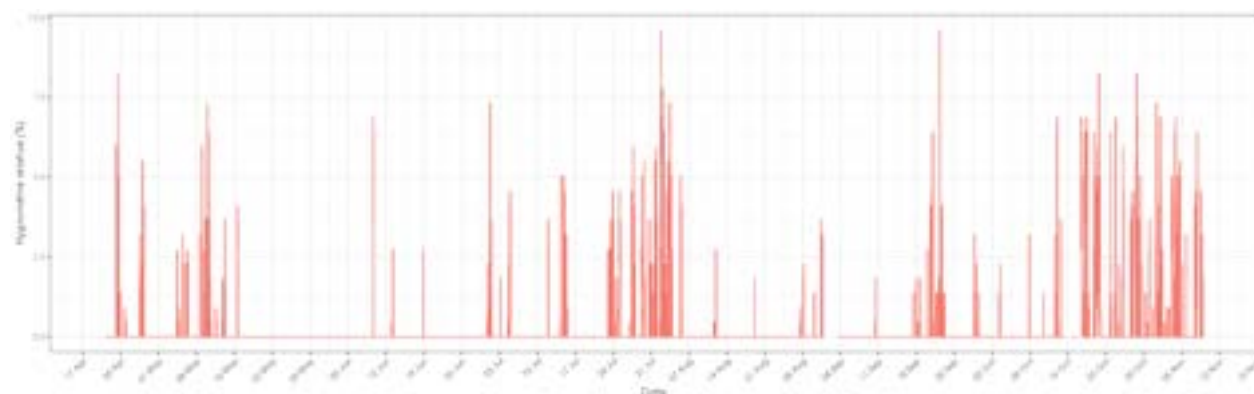


Figure 9. Schéma temporelle de la pluviométrie à 105 m sur l'ensemble de suivi du parc éolien de Bazougeais, en 2023.

1.7 Croisement des données

Une jointure est ensuite réalisée entre la table contenant les données météorologiques et celle contenant l'activité chiroptérologique. Ainsi, pour chaque enregistrement chiroptérologique nous disposons de :

- La vitesse du vent est mesurée à ~105m de haut ;
- La température est enregistrée à ~105m de haut ;
- L'intensité de la pluie à ~105m de haut ;
- Et l'heure relative du contact (temps écoulé après l'heure du coucher du soleil, celui-ci variant au cours des mois).

Il est ainsi possible de déterminer l'effet des paramètres de bridage sur les arrêts machine et donc sur la diminution potentielle du risque de collision.

1.8Equipe de travail

Le tableau ci-après présente l'équipe BIOTOPE ainsi que les qualifications des personnes en charge de l'étude :

Tableau 4 Equipe de travail

| Domaine d'intervention | Responsable |
|---|--|
| Identification des espèces / Analyse et rédaction | Youenn FOULIARD – expert Chiroptérologue 3 ans d'expérience en bureau d'études Licence Etude et Développement des Espaces Naturels (Montpellier) |
| Analyse et rédaction Relecture qualité | Julien MEROT – expert Chiroptérologue 10 ans d'expérience en bureau d'études Licence professionnelle en protection de l'environnement (Caen) |

2 ANALYSES DETAILLEES DE L'ACTIVITE DES ESPECES DE CHIROPTERES CONTACTEES EN HAUTEUR

Au cours de la période d'enregistrement (191 nuits exploitables entre le 25 avril et le 02 novembre 2023), 1050 contacts de 5 secondes ou 600 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris communément appelé minutes positives, ont été obtenus.

2.1 Espèces contactées

La région Bretagne regroupe à l'heure actuelle 21 espèces de chauves-souris sur les 34 espèces connues en France.

Au cours de cette étude menée sur nacelle de l'éolienne n°3, plusieurs espèces ont été identifiées comme présentes : 4 espèces avec certitude. Les espèces identifiées ainsi que leurs statuts sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 Statuts de protection et de patrimonialité des espèces de chiroptères recensées dans l'aire d'étude immédiate au cours des expertises menées en altitude.

| Noms vernaculaires Noms scientifiques | Statuts réglementaires | | Statuts de rareté | | |
|--|------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| | Protection nationale | Directive Habitats | Liste rouge France | Liste rouge Bretagne | Responsabilité biologique régionale |
| Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i> | Art 2 | An. IV | Quasi menacé | Préoccupation mineure | Mineure |
| Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i> | Art 2 | An. IV | Vulnérable | Quasi menacé | Modérée |
| Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i> | Art 2 | An. IV | Quasi menacé | Quasi menacé | Modérée |
| Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | Art 2 | An. IV | Quasi menacé | Préoccupation mineure | Mineure |
| Paire d'espèce identifiée | | | | | |
| Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i> | Art 2 | An. IV | Préoccupation mineure | Préoccupation mineure | Mineure |
| Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i> | Art 2 | An. IV | Quasi menacé | Quasi menacé | Modérée |

Légende des statuts réglementaires et de rareté pour les chauves-souris :

| | |
|--|---|
| Protection nationale : | Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection |
| Directive Habitat : | Directive européenne du 21 mai 1992 concerne la préservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage |
| Liste rouge France : | UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS (2017). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France |
| Liste rouge Bretagne & Responsabilité biologique régionale | Liste rouge & Responsabilité biologique régionale : https://bretagne-environnement.fr/evaluation-responsabilite-biologique-regionale-bretagne-especes-datavisualisation |

2.2 Abondance relative

Certains contacts n'offrant pas la possibilité d'identifier l'espèce avec certitude ont été rattachés à des groupes d'espèces :

- Le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius : ces espèces sont souvent difficilement identifiables avec certitude acoustiquement et seules certaines conditions de vol permettent de faire cette différence ;
- Les sérotules : les espèces sont très proches acoustiquement et sont uniquement différenciables dans certaines conditions de vol.

La richesse spécifique en espèces contactées lors de l'étude en nacelle (4 espèces certifiées en 2023) est jugée faible pour le département d'Ille et Vilaine.

Cette faible richesse spécifique s'explique par l'absence de micro situé à proximité du sol.

Le tableau ci-après présente les nombres de contacts obtenus par espèce lors des expertises :

Tableau 6 Nombre de contacts/minutes positives obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces et part de ces contacts notés en altitude

| Nom vernaculaire Nom scientifique | Nombre de contacts de 5 sec. totaux | Pourcentage par rapport à l'activité total (%) | Nombre de minutes positives totales | Pourcentage par rapport à l'activité total (%) |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| Sérotules Sérotine commune/Noctules commune/ de Leisler | 66 | 6,3% | 33 | 5,5% |
| Sérotine commune | 5 | 0,5% | 2 | 0,3% |
| Noctule de Leisler | 218 | 20,8% | 94 | 15,7% |
| Noctule commune | 65 | 6,2% | 46 | 7,7% |
| Pipistrelle de Kuhl/Nathusius | 165 | 15,7% | 89 | 14,8% |
| Pipistrelle commune | 531 | 50,6% | 336 | 56,0% |
| Total général | 1050 | 100,0% | 600 | 100,0% |

L'analyse réalisée montre que :

- Comme en 2023, les pipistrelles **sont majoritairement représentées sur le suivi en nacelle.**
- La Pipistrelle commune représente environ la moitié des enregistrements chiroptérologiques avec plus de 50% du total des contacts obtenus.**
- La paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius avec environ 15% de l'activité constatée est bien présente.
- La Noctule de Leisler est également bien représentée avec 16 à 1% des contacts obtenus, en fonction de la méthode de calcul.
- La Noctule commune est moins représentée avec 6 à 8% du total des contacts obtenus.
- La Sérotine commune a été peu contactée en 2023 avec seulement 0,3 à 0,5% des contact obtenus.
- Le groupe des Sérotules représente environ 5% de l'activité.

Au regard du retour d'expérience sur l'étude de l'activité des chiroptères en altitude sur une trentaine de projets en France et Belgique, pour toutes espèces confondues, l'activité mesurée sur le site peut être considérée comme faible sur la période concernée.

Un contact est équivalent à une séquence d'enregistrement de cinq secondes.

La minute positive correspond au nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris.

2.2.1 Synthèse de l'activité en altitude

Activité en période printanière

Tableau 7 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période printanière

| Espèces | Nombre de point-nuits | Occurrence par point-nuit | Activité moyenne quand présence ou absence (MinutesPos/point-nuit) | Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit) | Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|--|
| Noctule commune | 37 | 0% | - | - | - |
| Noctule de Leisler | 37 | 0% | - | - | - |
| Pipistrelle commune | 37 | 3% | 0.05 | 2,00 | Activité très faible |
| Pipistrelle Kuhl / Nathusius | 37 | 0% | - | - | - |
| Sérotine commune | 37 | 0% | - | - | - |
| Sérotine/Noctule | 37 | 0% | - | - | - |

Légende :
Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;
Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;
Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;
Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;
Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 8Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Entre avril et mai, une seule espèce a été contacté en altitude : la Pipistrelle commune. Elle a été contactée lors d'une unique nuit lors de la période printanière. Son activité est jugée très faible.

Activité en période estivale

Tableau 8 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période estivale

| Espèces | Nombre de point-nuits | Occurrence par point-nuit | Activité moyenne quand présence ou absence (MinutesPos/point-nuit) | Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit) | Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|--|
| Noctule commune | 92 | 14% | 0,30 | 2,15 | Activité faible |
| Noctule de Leisler | 92 | 17% | 0,93 | 5,38 | Activité très forte |
| Pipistrelle commune | 92 | 30% | 2,47 | 8,11 | Activité moyenne |
| Pipistrelle Kuhl / Nathusius | 92 | 17% | 0,59 | 3,38 | Activité faible |
| Sérotine commune | 92 | 1% | 0,01 | 1,00 | Activité très faible |
| Sérotine/Noctule | 92 | 11% | 0,24 | 2,20 | Activité faible |

Légende :
Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;
Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;
Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;
Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;
Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 8Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Entre juin et août, quatre espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour une des espèces : la Noctule de Leisler. Les autres espèces ont une activité moyenne ou plus faible. La Pipistrelle commune, espèce la plus contacté sur cette période, a été contacté lors de 30% des nuits avec une moyenne de 8 minutes positives par nuit avec présence.

Activité en période automnale

Tableau 9 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période automnale

| Espèces | Nombre de point-nuits | Occurrence par point-nuit | Activité moyenne quand présence ou absence (MinutesPos/point-nuit) | Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit) | Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|--|
| Noctule commune | 62 | 18% | 0,29 | 1,64 | Activité faible |
| Noctule de Leisler | 62 | 6% | 0,15 | 2,25 | Activité faible |
| Pipistrelle commune | 62 | 42% | 1,69 | 4,04 | Activité faible |
| Pipistrelle Kuhl / Nathusius | 62 | 18% | 0,53 | 3,00 | Activité faible |
| Sérotine commune | 62 | 2% | 0,02 | 1,00 | Activité très faible |
| Sérotine/Noctule | 62 | 18% | 0,23 | 1,27 | Activité moyenne |

Légende :
Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;
Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;
Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;
Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;
Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 8Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Entre septembre et novembre, quatre espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité a été moyenne ou plus faible pour toutes les espèces et groupes. La Pipistrelle commune, espèce la plus contacté sur cette période, a été contacté lors de 42% des nuits avec une moyenne de 4 minutes positives par nuit avec présence.

Activité toutes périodes

Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période automnale

| Espèces | Nombre de point-nuits | Occurrence par point-nuit | Activité moyenne quand présence ou absence (MinutesPos/point-nuit) | Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit) | Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|--|
| Noctule commune | 191 | 13% | 0,24 | 1,92 | Activité très faible |
| Noctule de Leisler | 191 | 10% | 0,50 | 4,75 | Activité forte |
| Pipistrelle commune | 191 | 29% | 1,75 | 6,09 | Activité faible |
| Pipistrelle Kuhl / Nathusius | 191 | 15% | 0,47 | 3,18 | Activité très faible |
| Sérotine commune | 191 | 1% | 0,01 | 1,00 | Activité très faible |
| Sérotine/Noctule | 191 | 11% | 0,19 | 1,71 | Activité très faible |

Légende :
Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;
Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;
Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;
Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;
Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 8Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Sur l'année complète, quatre espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est forte pour une des espèces : la Noctule de Leisler. Les autres espèces ont une activité faible ou très faible. La Pipistrelle commune, espèce la plus contactée, a été contacté lors de 29% des nuits avec une moyenne de 6 minutes positives par nuit avec présence.

2.3 Analyse détaillée de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur

2.3.1 Activité journalière en fonction de la hauteur

Le graphique ci-dessous présente l'activité journalière. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des contacts. Des contacts de chauves-souris ont été enregistrés sur seulement 76 nuits sur les 191 enregistrées.

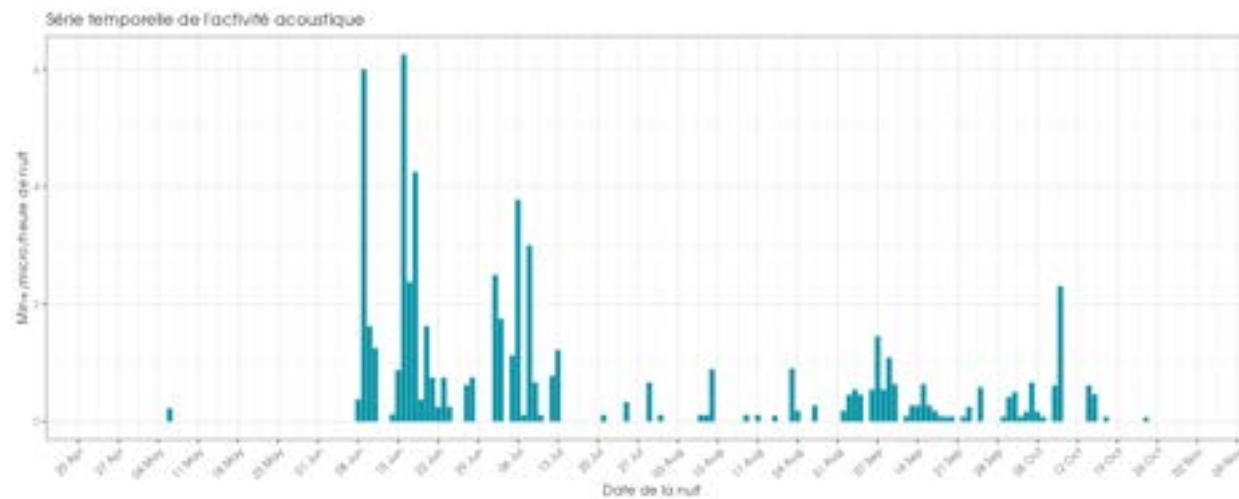


Figure 10 : Activité journalière, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données.

L'activité sur le parc de Bazougeais est très hétérogène dans le temps. La majorité des contacts ont été enregistrés durant le mois de juin et juillet. A partir de mi-juillet, les contacts sont plus homogènes jusqu'à mi-octobre avec quelques pics d'activité certaines nuit, probablement dû à des conditions météorologiques particulièrement favorable. La période printanière (avril et mai) n'a vu que très peu d'activité (1 contact au début du mois de mai).

2.3.2 Activité mensuelle en fonction de la hauteur

Les graphiques ci-après présentent l'activité mensuelle des espèces sensibles aux éoliennes. L'activité des espèces contactées uniquement à quelques reprises ont pas été représentées sur un seul et même graphique.

Analyse de l'activité mensuelle toutes espèces confondues

Toutes espèces confondues, on observe une certaine constance dans l'activité qui est relativement homogène entre les mois.

- La période de transition printanière (avril - mai) a connu une activité inexistante à faible en mai.
- En période estivale (mise-bas et estivage : juin -août) a connu une activité légèrement supérieure mais encore faible.
- En période automnale (migration : septembre - octobre), l'activité est plus homogène et faible

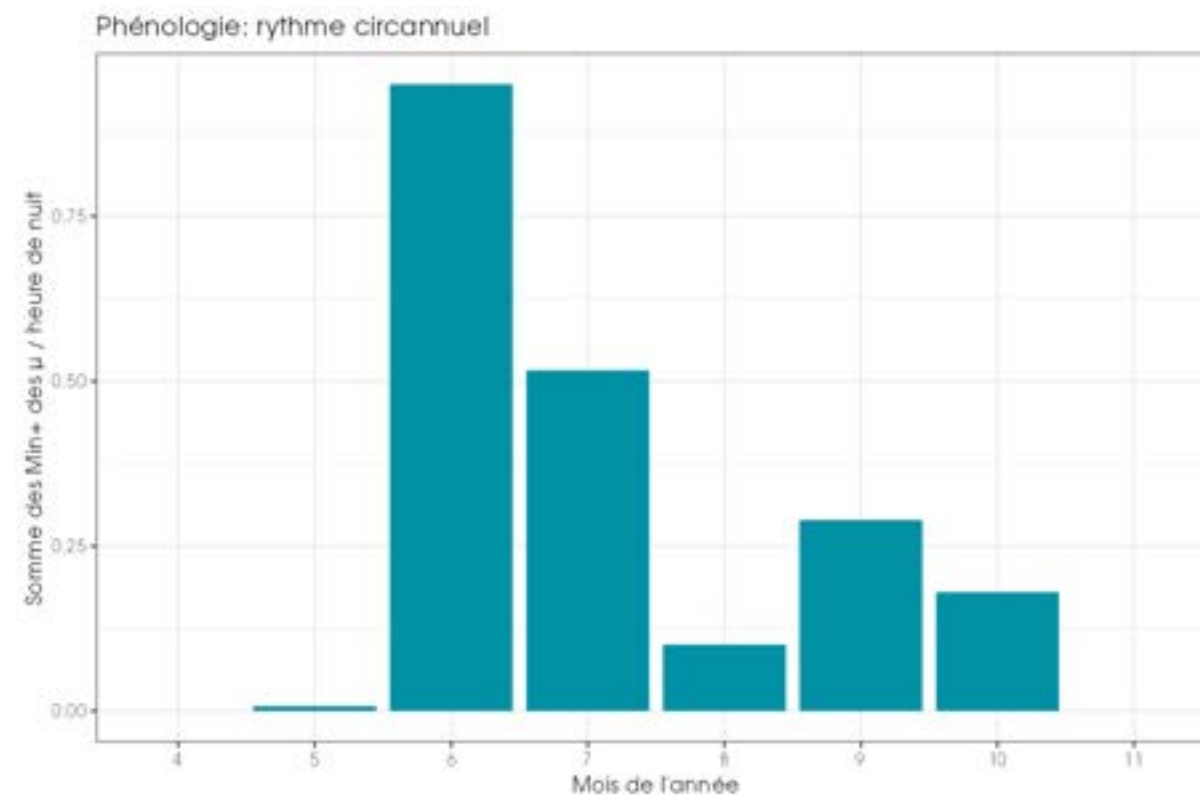


Figure 11 : Nombre de minutes positives mensuelles, toutes espèces confondues, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

Pour rappel, la **Pipistrelle commune** représente près de 50% à 56% du temps d'enregistrement des sons de **chauves-souris**, en fonction de la méthode de calcul utilisé. Cette espèce a été contacté durant 29% des nuits enregistrées avec un moyenne de 6 minutes positives par nuit avec présence.

La Pipistrelle commune présente une activité faible sur l'ensemble de la période : très faible en période printanière, moyenne en période estivale et faible en période automnale. Elle montre un schéma d'activité très similaire à la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec une activité plus importante en début de période de mise-bas.

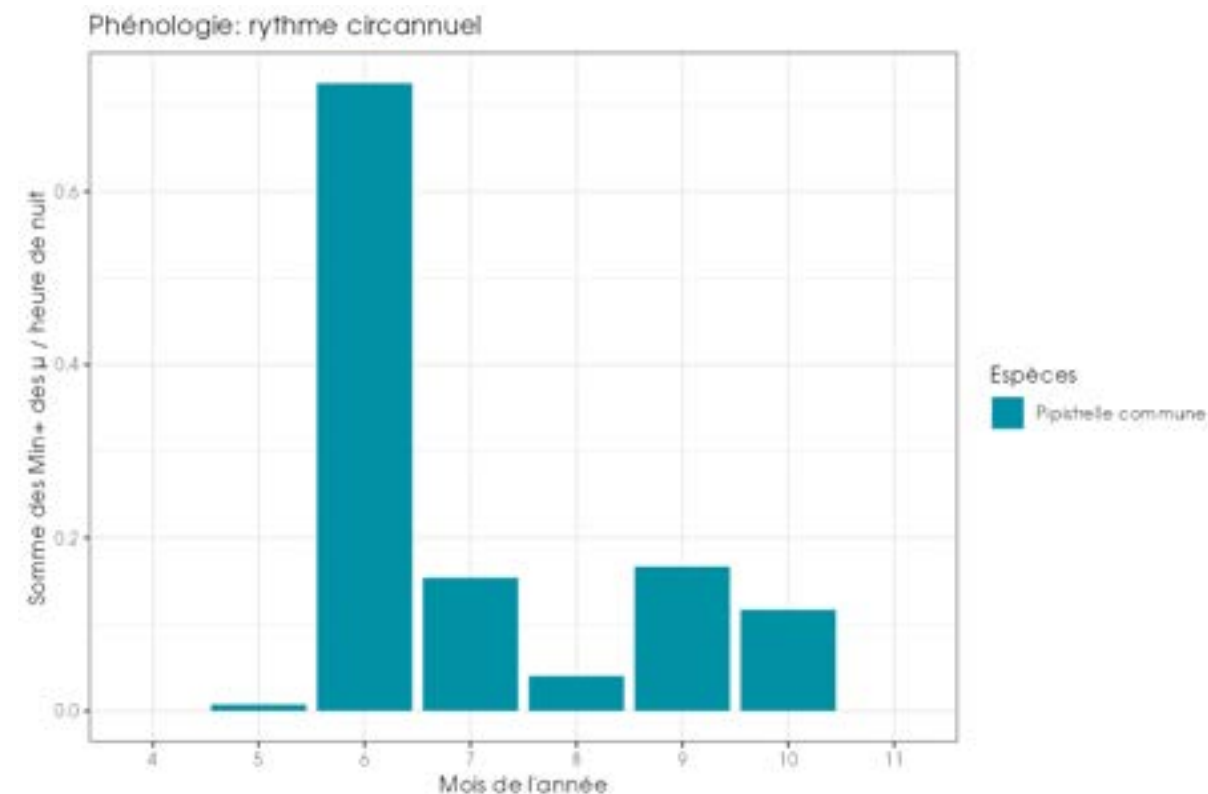


Figure 12 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Pipistrelle de Nathusius et de Kuhl

Pour rappel, le **groupe Pipistrelle de Nathusius et de Kuhl** représente autour de 15% du temps d'enregistrement des sons de **chauves-souris**. Ce groupe d'espèces a été contacté durant 15% des nuits enregistrées avec un moyenne de 3 minutes positives par nuit avec présence.

Les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius présentent une activité très faible sur l'ensemble de la période : nulle en période printanière, faible en période estivale et faible en période automnale. L'activité plus important en juin est probablement liée à du transit vers les sites de mise-bas et d'estivage. Le site ne semble pas être une zone de passage en migration pour la pipistrelle de Nathusius. Elles montrent un schéma d'activité très similaire à la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec une activité plus importante en début de période de mise-bas.

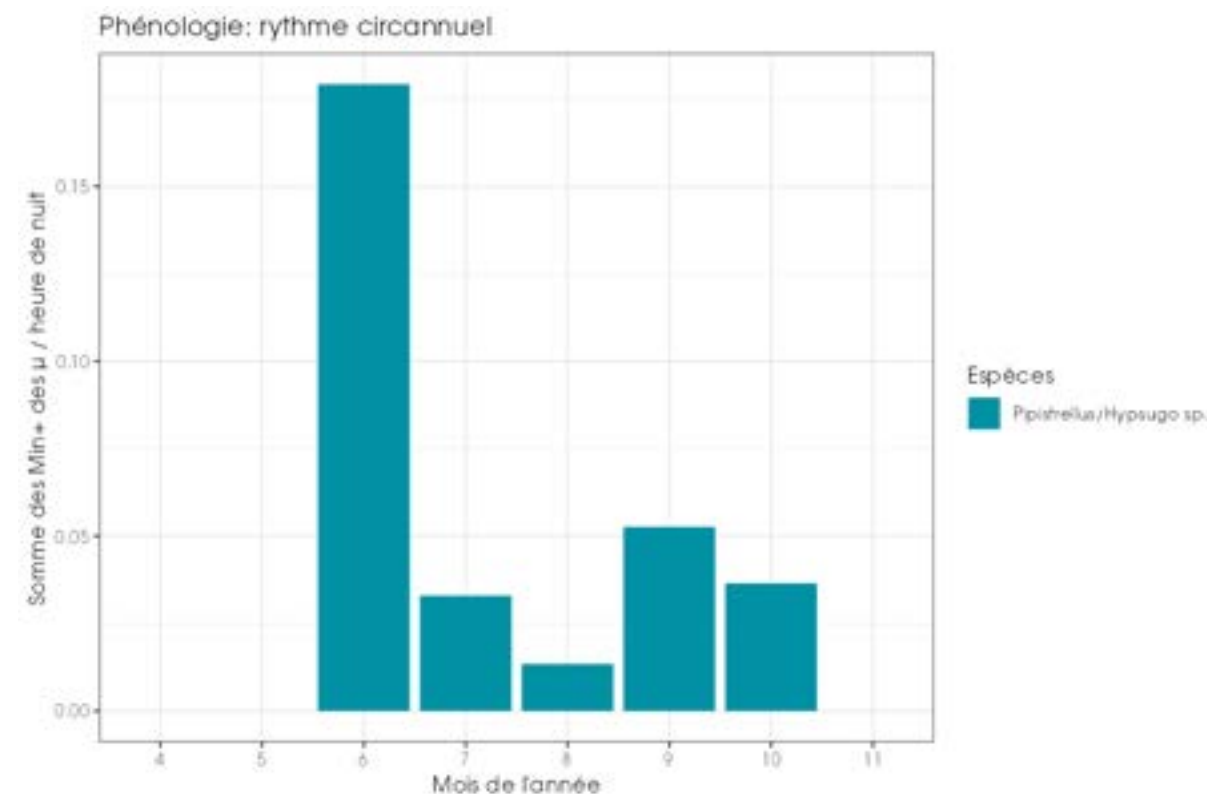


Figure 13 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les pipistrelles de Nathusius et de Kuhl, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Sérotules (Sérotine commune, Noctule commune et Noctule de Leisler)

Pour rappel, la **Noctule de Leisler** représente entre 16 et 21% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, en fonction de la méthode de calcul utilisé. Cette espèce a été contacté avec certitude durant 10% des nuits enregistrées avec un moyenne de 5 minutes positives par nuit avec présence.

La Noctule de Leisler présente une activité forte sur l'ensemble de la période : nulle en période printanière, très forte en période estivale et faible en période automnale. Elle montre un schéma d'activité assez différent à la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec une activité plus importante en juillet, période d'élevage et d'émancipation des jeunes.

Pour rappel, la **Noctule commune** représente entre 6 et 8% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, en fonction de la méthode de calcul utilisé. Cette espèce a été contacté avec certitude durant 13% des nuits enregistrées avec un moyenne de 2 minutes positives par nuit avec présence.

La Noctule commune présente une activité très faible sur l'ensemble de la période : nulle en période printanière, faible en période estivale et faible en période automnale. Elle montre un schéma d'activité assez homogène de juin à octobre.

Pour rappel, la **Sérotine commune** représente moins de 1% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Cette espèce a été contacté avec certitude durant 1% des nuits enregistrées avec un moyenne de 1 minutes positives par nuit avec présence.

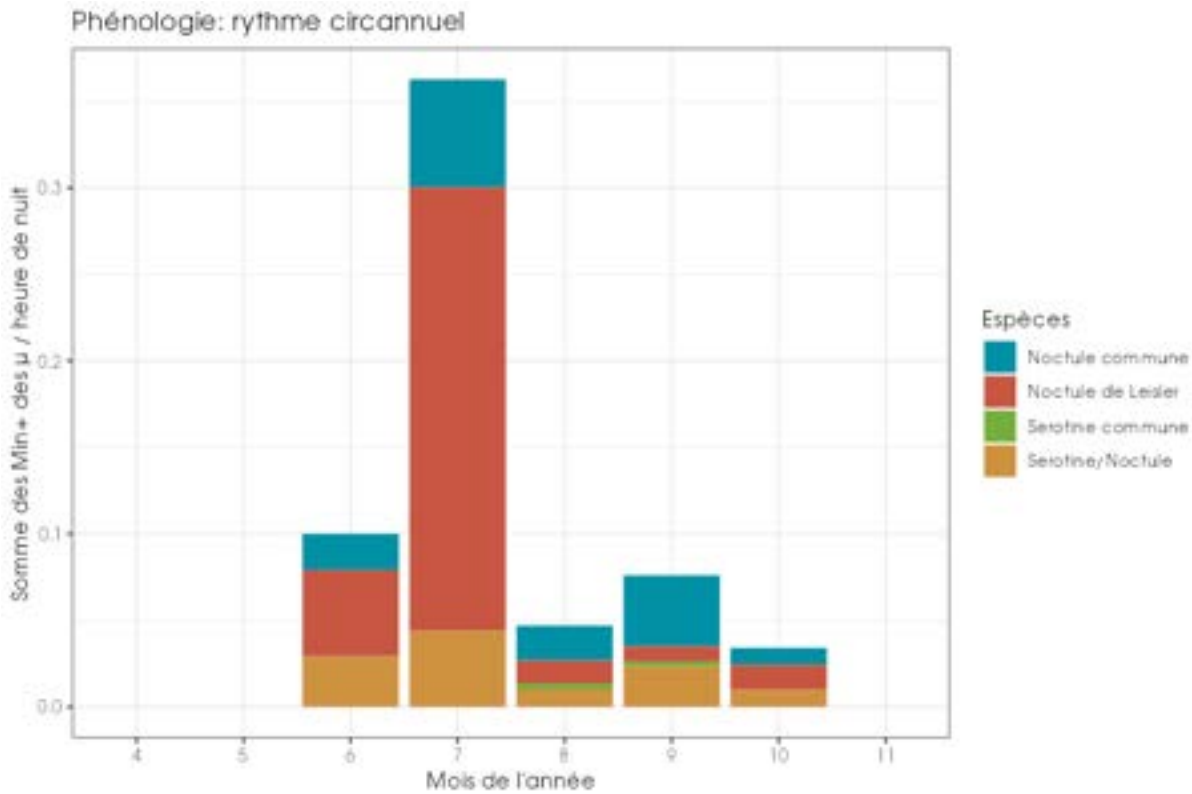


Figure 14 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les sérotules, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Bilan de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur

L'activité générale est hétérogène entre les saisons avec une activité générale toutes espèce confondue très faible voir quasi nulle sur la période printanière (avril et mai), une activité plus intense de début juin à mi-juillet, et une activité faible et homogène de mi-juillet à mi-octobre.

L'activité plus important du mois de juin est à mettre en lien avec l'activité des pipistrelles.

Aucune activité de migration ne semble être présente sur ce site pour aucun des trois espèces migratrices.

2.4 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction de l'heure

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de l'heure par classe est la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris) soit **600 minutes positives exploitables sur les différentes périodes d'enregistrement**.

2.4.1 Activité horaire des chiroptères au niveau de la nacelle

Phénologie d'activité printanière (avril à mai)

L'activité est très faible voire quasi nulle sur cette période.

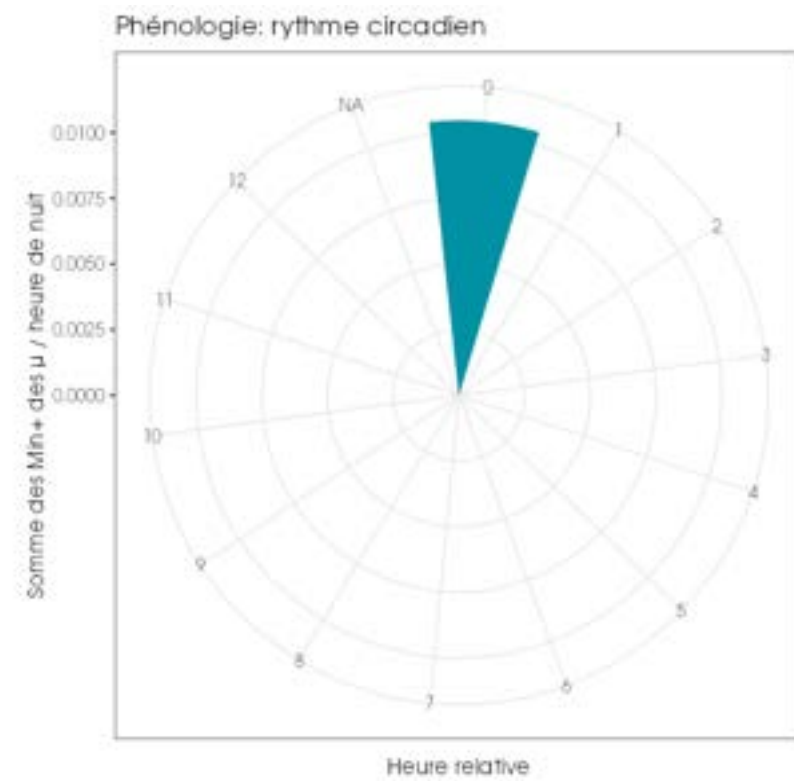


Figure 15 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de avril à mai

Phénologie d'activité estivale (juin à août)

L'activité est principalement enregistrée au cours des deux premières heures de la nuit puis elle diminue brusquement pour arriver à une activité très faible sur le reste de la nuit.

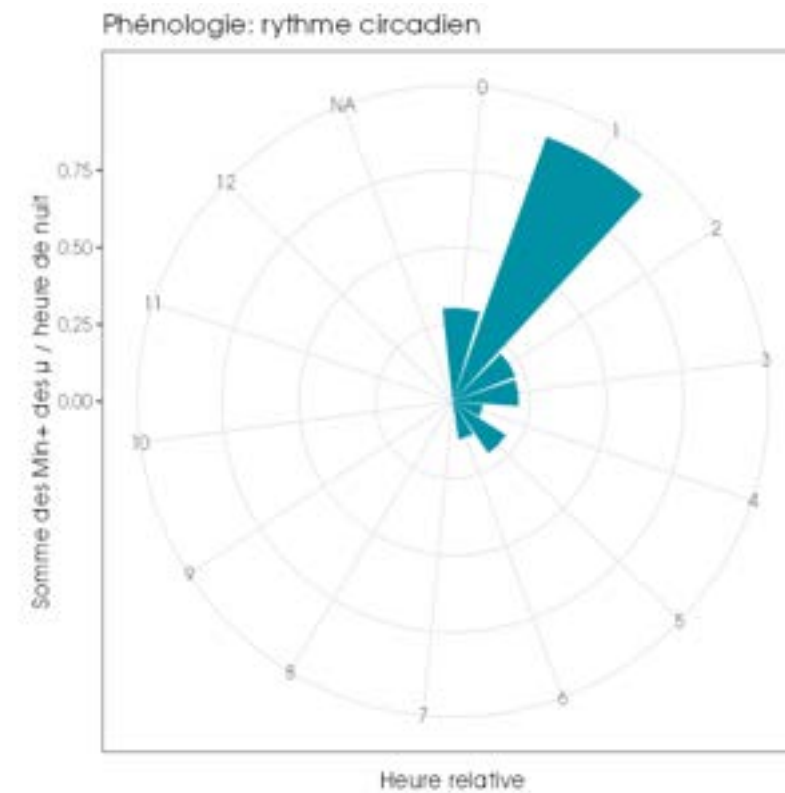


Figure 16 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à août.

Phénologie d'activité automnale (septembre et octobre)

L'activité est visible principalement au cours des premières heures de la nuit. L'activité reste plus soutenue que sur les autres périodes au cours de la nuit.

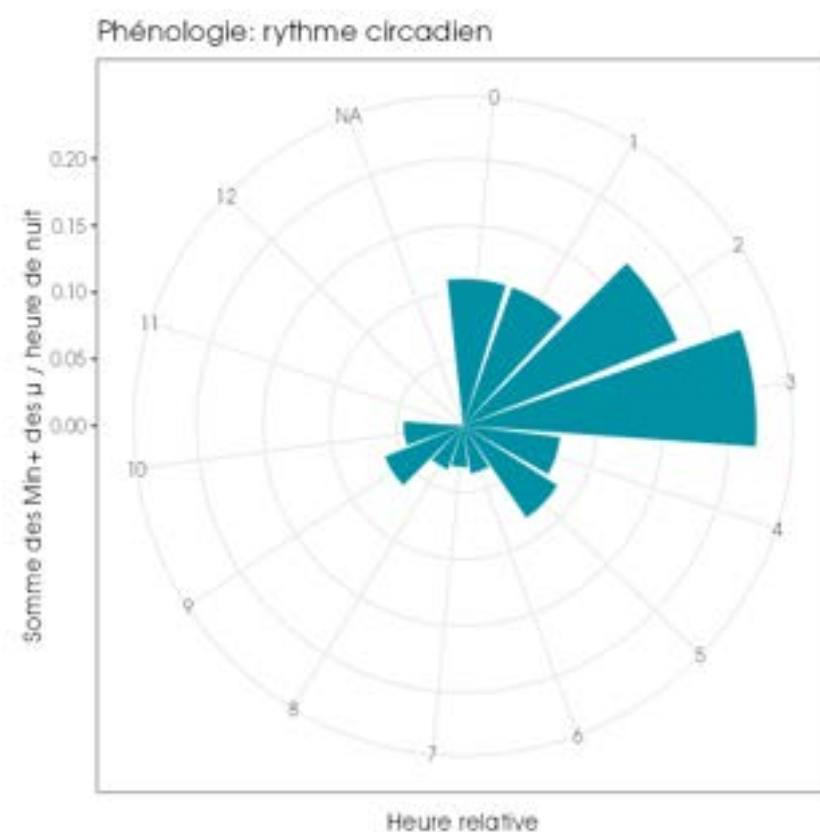


Figure 17 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de septembre et octobre.

Phénologie d'activité globale

L'activité est principalement enregistrée au cours des deux premières heures de la nuit puis elle diminue progressivement pour arriver à une activité très faible sur la fin de nuit.

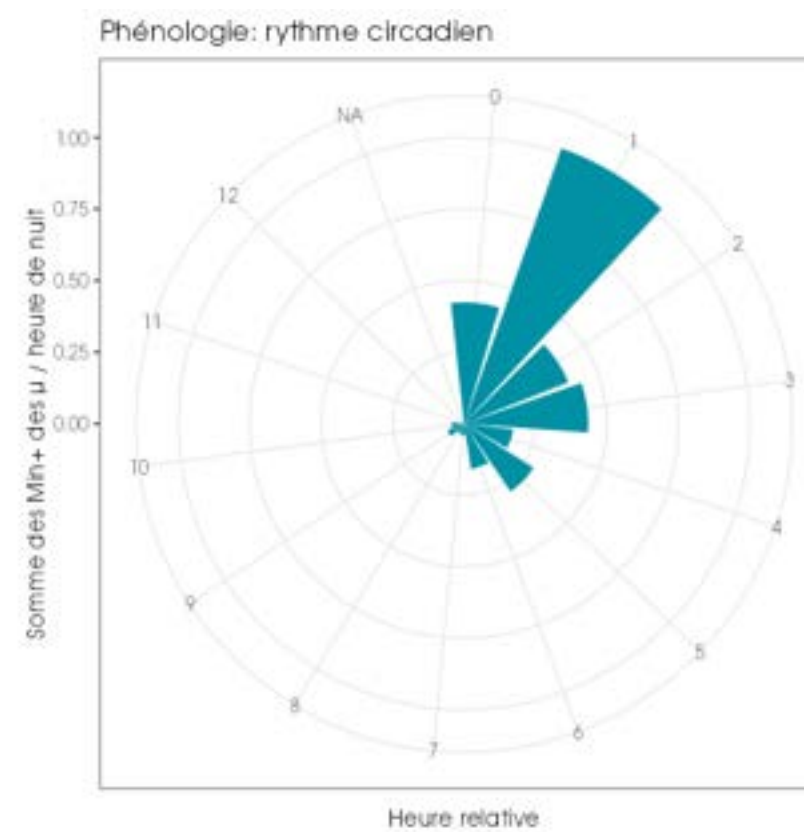


Figure 18 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues entre avril et novembre.

Bilan phénologique annuel

Comme indiqué, ci-dessus, l'activité en altitude des chauves-souris est maximale en début de nuit et diminue progressivement pour atteindre un plateau d'activité bas le restant de la nuit.

Si on examine dans le détail l'activité des chauves-souris sur l'ensemble des nuits (voir figures ci-après), les pics d'activité sont observés généralement en début de nuit. Mais ponctuellement, on observe des légers pics d'activité en milieu de nuit, toutes espèces confondues.

Néanmoins, d'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris. Il peut donc y avoir des variations interannuelles de l'activité des chauves-souris.

Les graphiques suivants présentent l'activité, toutes espèces confondues. Dans les actogrammes, la zone en violet correspond à la nuit.

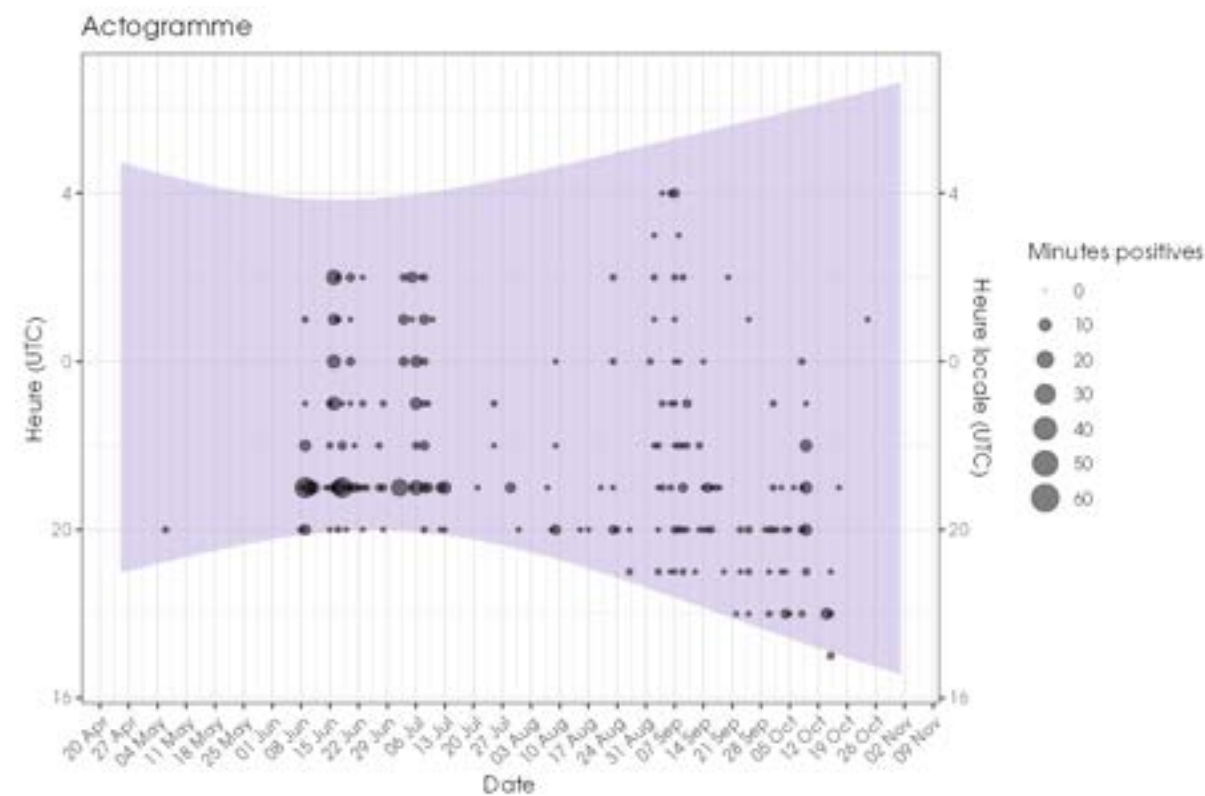


Figure 19 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre avril et novembre.

2.4.2 Proportion des activités en fonction de la durée après le coucher du soleil

Le tableau ci-dessous liste les durées après le coucher du soleil au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données.

Tableau 11 Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées

| | Durée après le coucher du soleil (en heure) en-dessous de laquelle a été enregistrée les percentiles et quartiles de contacts cibles | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|-------|
| | 50% | 75% | 85% | 90% | 95% | 99% |
| Ensemble des contacts (min. pos.) | 2h09 | 3h58 | 5h30 | 5h55 | 6h31 | 9h55 |
| Activité printanière (avril et mai) | 0h46 | 0h46 | 0h46 | 0h46 | 0h46 | 0h46 |
| Activité estivale (juin à août) | 1h33 | 3h51 | 5h24 | 5h47 | 6h08 | 6h41 |
| Activité automnale (septembre à octobre) | 3h14 | 5h00 | 6h07 | 7h45 | 9h51 | 10h02 |

2.4.3 Bilan de l'activité générale en hauteur en fonction de la durée après le coucher le du soleil

L'ensemble des activités en altitude, recensées pour chaque espèce en fonction de la durée après le coucher du soleil, permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité à hauteur de nacelle se concentre dans les 5h55 qui suivent le coucher du soleil.
- 75% de l'activité à hauteur de nacelle se concentre dans les 3h58 qui suivent le coucher du soleil.
- 50 % de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée dans les 2h09 après le coucher du soleil.

2.5 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques

Les chapitres suivants présentent des analyses des activités notées en hauteur en fonction de différents paramètres météorologiques : vitesse du vent et température.

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de la température et de la vitesse de vent par classe est la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris).

2.5.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 105m

Au cours des périodes d'analyses qui s'étendent d'avril à novembre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vent nocturne, allant de 0 à 23 m/s.

L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 4 et 10 m/s. En deçà de 4 m/s et au-delà de 10 m/s, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

Le graphique ci-dessous dresse un bilan des vitesses de vent observées au niveau de la nacelle = conditions disponibles en bleu.

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction du vent (m/s) sur le site de Bazougeais, obtenue au niveau de la nacelle (105 m) et durant les 191 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de vent (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égal à chaque classe de vent (fonction de répartition – cdf).

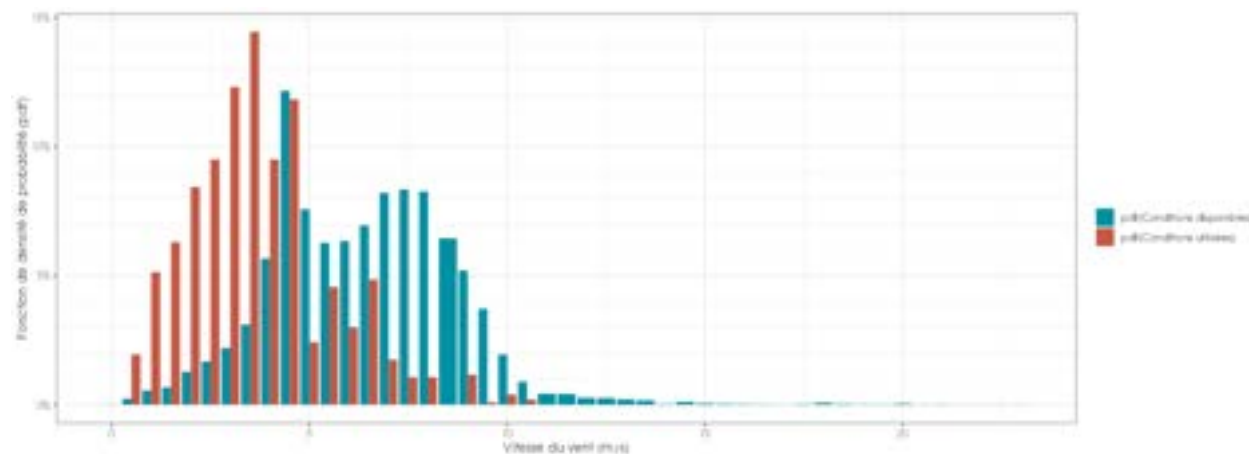


Figure 20 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).

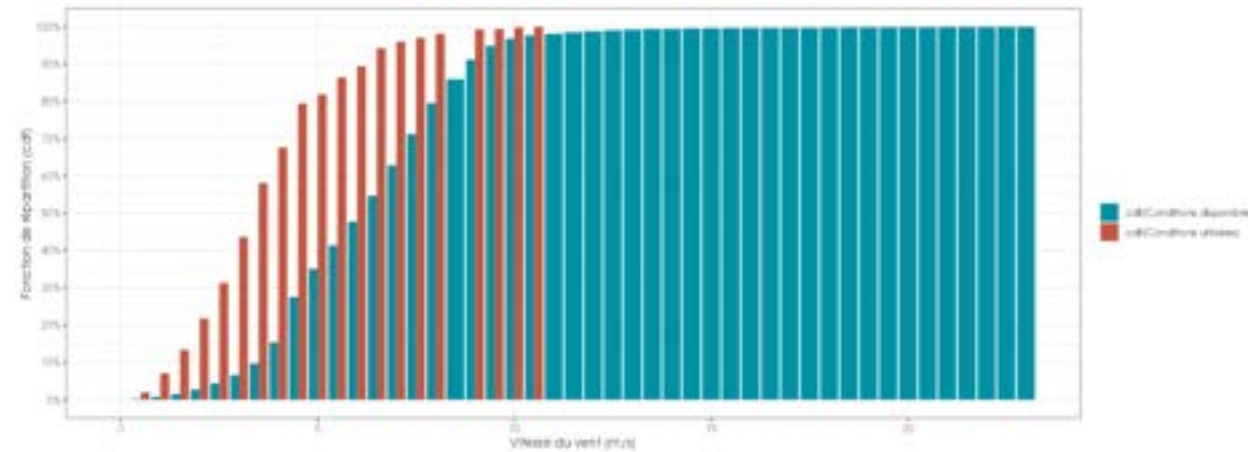


Figure 21 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s)

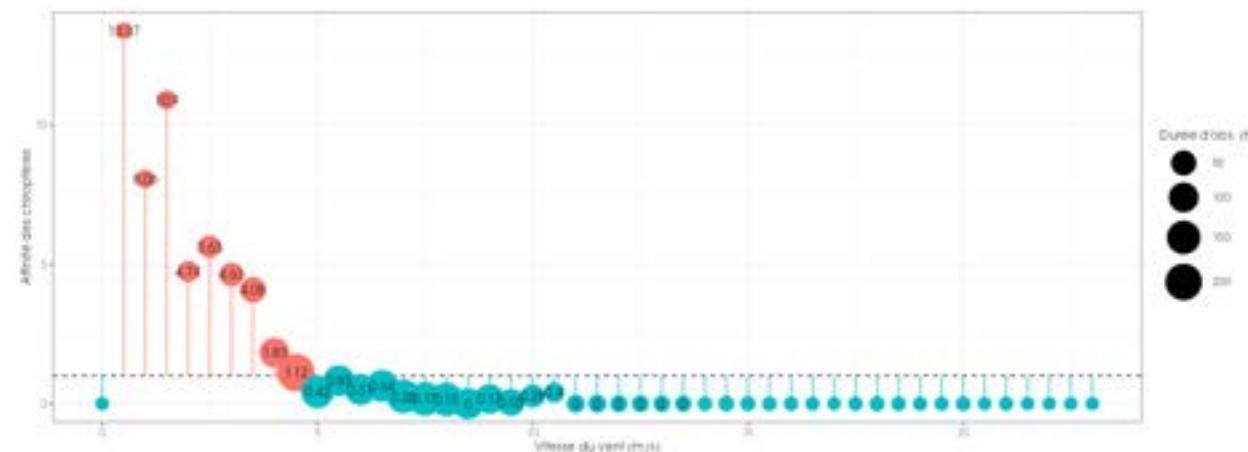


Figure 22 : Affinité des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s)

Toutes espèces confondues, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 4,5 m/s.

2.5.2 Proportion des activités en fonction de la vitesse du vent

Le tableau ci-dessous liste les vitesses de vent au-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble obtenues à hauteur de nacelle.

Tableau 12 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent

| | Vitesse de vent (en m/s à 105 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles | | | | | |
|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 50% | 75% | 85% | 90% | 95% | 99% |
| Ensemble des contacts (min. pos.) | 3,6 | 4,5 | 5,6 | 6,3 | 7,0 | 9,2 |
| Activité printanière (avril et mai) | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 4,2 |
| Activité estivale (juin à août) | 3,5 | 4,4 | 4,7 | 5,4 | 5,8 | 8,2 |
| Activité automnale (septembre à octobre) | 4,1 | 6,5 | 6,9 | 7,3 | 8,0 | 9,9 |

2.5.3 Bilan de l'activité en altitude en fonction de la vitesse du vent

L'ensemble des activités en altitude, recensées pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent mesurée à 105m, permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90% de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 6,3 m/s
- 75% de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 4,5 m/s
- 50% de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 3,6 m/s

2.5.4 Activité en fonction de la température mesurée à 105 m

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend d'avril à novembre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures nocturne allant de 4 à 32 °C.

L'échantillonnage est globalement important pour les températures comprises entre 9 et 21°C. En dehors de cette plage de températures, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillon).

Le graphique ci-dessous dresse un bilan des températures observées au niveau de la nacelle = conditions disponibles en bleu.

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site de Bazougeais, obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (105 m) et durant 191 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de température (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égales à chaque classe de température (fonction de répartition – cdf).

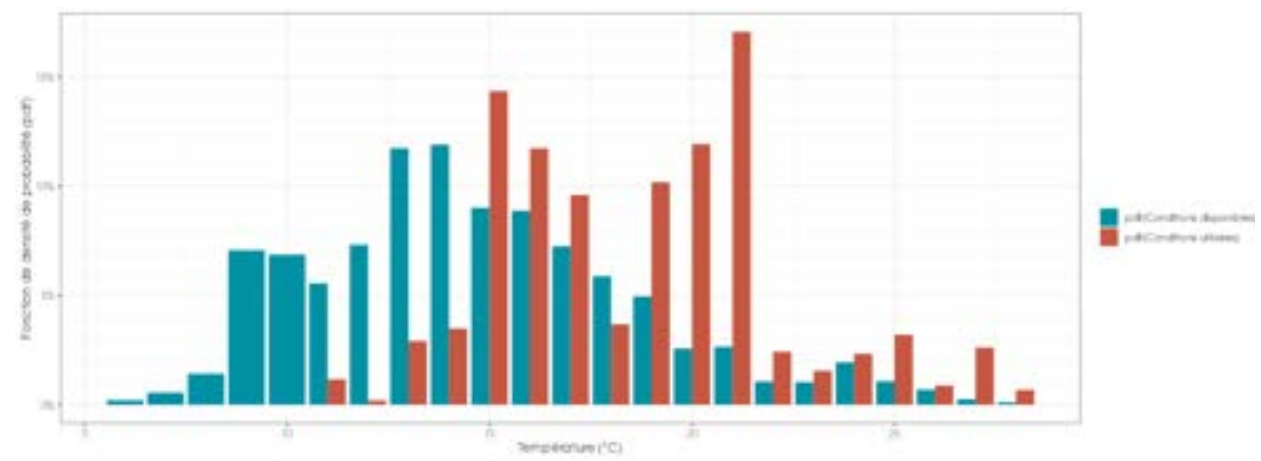


Figure 23 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°c)

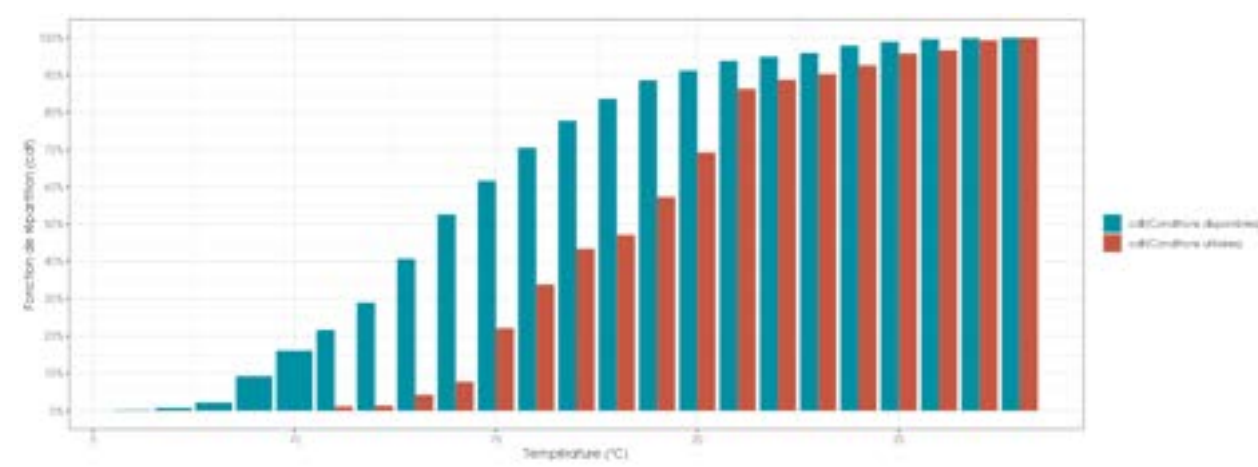


Figure 24 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c)

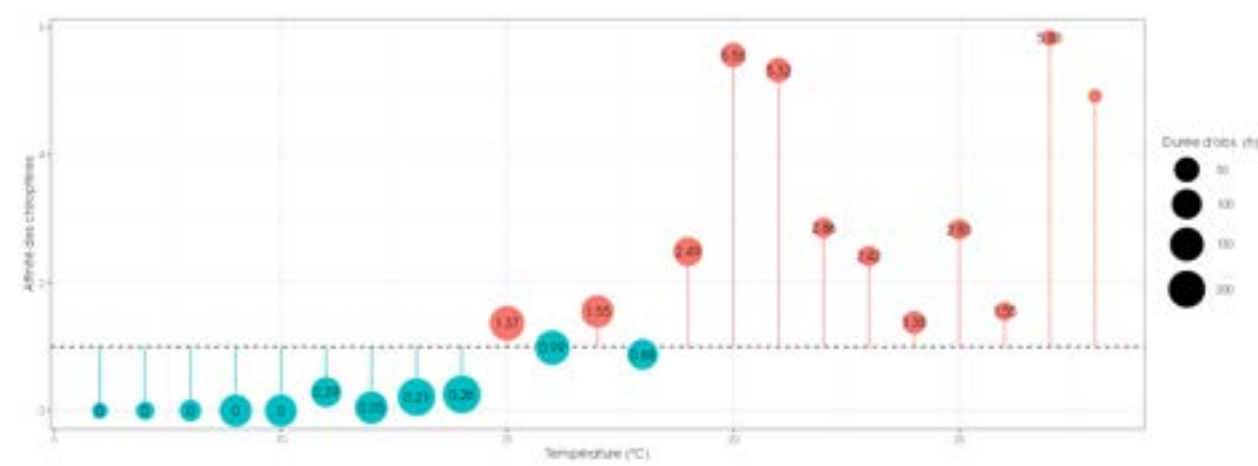


Figure 25 : Affinité des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c)

Les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 14°C.

Sous cette température et malgré l'importance de la disponibilité en plages temporelles, les activités sont faibles.

2.5.5 Proportion des activités en fonction de la température

Le tableau ci-dessous liste les températures au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données.

Tableau 13 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures

| Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol | | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Température (en °C à 105m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles | | | | | |
| | 50% | 75% | 85% | 90% | 95% | 99% |
| Ensemble des min. pos. | 19 | 16 | 15 | 15 | 14 | 11 |
| Activité printanière (avril à mai) | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| Activité estivale (juin à août) | 19 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 |
| Activité automnale (septembre à novembre) | 21 | 17 | 15 | 14 | 12 | 11 |

2.5.6 Bilan de l'activité en altitude en fonction de la température

L'ensemble des activités en altitude, recensées pour chaque espèce en fonction de la température (à 105m) permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée à des températures supérieures à 15°C
- 75% de l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée à des températures supérieures à 16°C
- 50% de l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée à des températures supérieures à 19°C

2.5.7 Activité en fonction de l'intensité de la pluie mesurée à 105 m

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend d'avril à novembre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages d'intensité de pluie allant de 0 à 9,6 mm/h.

Le graphique ci-dessous dresse un bilan de pluie observées au niveau de la nacelle = conditions disponibles en bleu.

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site de Bazougeais, obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (105 m) et durant 191 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de température (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égales à chaque classe de température (fonction de répartition – cdf).

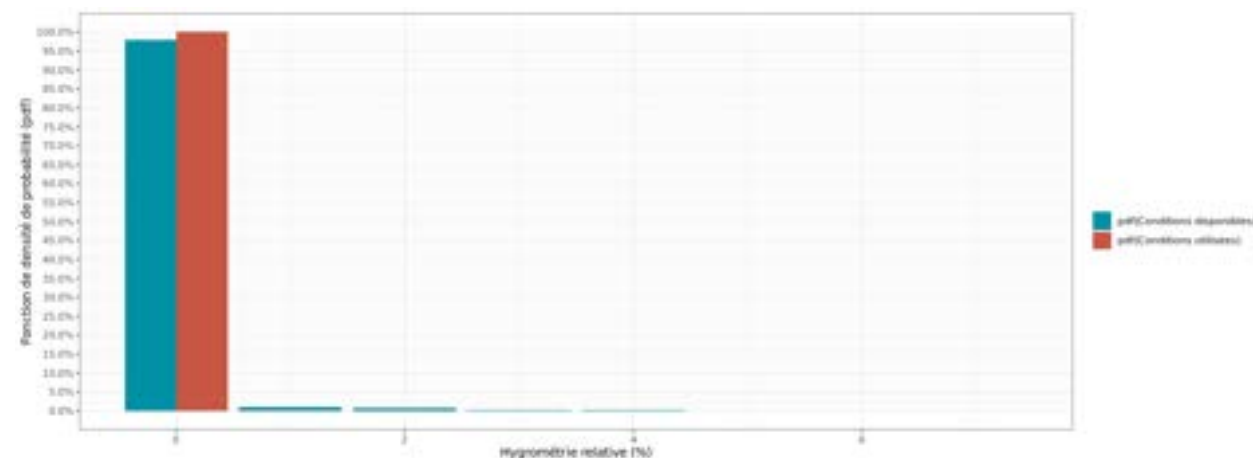


Figure 26 : Densité des observations de chauves-souris par classe de la pluie

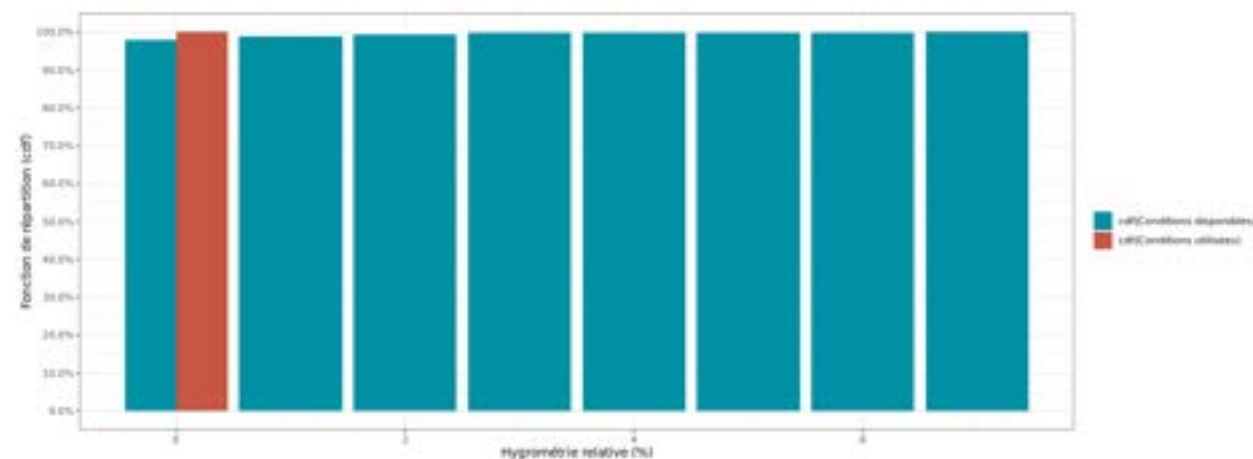


Figure 27 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la pluie

2.5.8 Bilan de l'activité en altitude en fonction de la pluviométrie

Les chauves-souris n'utilisent pas le site en cas de précipitation

3 SYNTHÈSE DE L'ÉCOUTE DE L'ACTIVITÉ DES CHIROPTÈRES EN NACELLE 2023

Cette étude a permis de définir l'activité des chauves-souris en hauteur et d'évaluer plus précisément les conditions favorables à l'activité.

L'étude a fait l'objet de plus de 6 mois d'analyse soit 191 nuits **exploitables**. Un dispositif d'enregistrement automatique (SM3Bat) équipé d'un micro a été placé à 105m au sein de la nacelle de l'éolienne n°3 du parc éolien de Bazougeais (Ille-et-Vilaine).

Les enregistrements ont permis l'identification de 4 **espèces avérées et deux groupes d'espèces**. Il s'agit d'une diversité faible pour le département d'Ille-et-Vilaine, mais sous-estimée en l'absence de microphone positionné à proximité du sol.

L'activité en altitude enregistrée durant cette période peut être considérée comme faible au regard d'autres sites suivis dans le quart nord-ouest de la France suivant le même protocole.

Les expertises réalisées ont montré que :

- Entre avril et mai, une seule espèce a été contactée en altitude : la Pipistrelle commune. Elle a été contactée lors d'une unique nuit lors de la période printanière. Son activité est jugée très faible.

- Entre juin et août, quatre espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour une des espèces : la Noctule de Leisler. Les autres espèces ont une activité moyenne ou plus faible. La Pipistrelle commune, espèce la plus contactée sur cette période, a été contactée lors de 30% des nuits avec une moyenne de 8 minutes positives par nuit avec présence.

Entre septembre et novembre, quatre espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité a été moyenne ou plus faible pour toutes les espèces et groupes. La Pipistrelle commune, espèce la plus contactée sur cette période, a été contactée lors de 42% des nuits avec une moyenne de 4 minutes positives par nuit avec présence.

L'activité générale est hétérogène entre les saisons avec une activité générale toutes espèces confondues très faible voir quasi nulle sur la période printanière (avril et mai), une activité plus intense de début juin à mi-juillet, et une activité faible et homogène de mi-juillet à mi-octobre.

L'activité plus importante du mois de juin est à mettre en lien avec l'activité des pipistrelles.

Aucune activité de migration ne semble être présente sur ce site pour aucun des trois espèces migratrices.

Dans le graphique ci-dessous histogramme bidimensionnelle, il s'agit de compter les observations partageant simultanément la même classe de température et la même classe de vitesse de vent. Les fréquences ainsi obtenues peuvent être représentées sur une image (un pixel correspond alors à l'association d'une classe de température avec une classe de vitesse de vent).

L'affinité (second graphique), s'obtient alors aisément, comme le ratio des valeurs des pixels de la figure « histogramme bidimensionnelle » droite sur les valeurs des pixels de la figure « histogramme bidimensionnelle » -gauche. Ce calcul permet de visualiser plus aisément l'intensité de la sélection des conditions par les chiroptères (en n'ayant qu'un seul graphique à contempler et en utilisant la couleur).

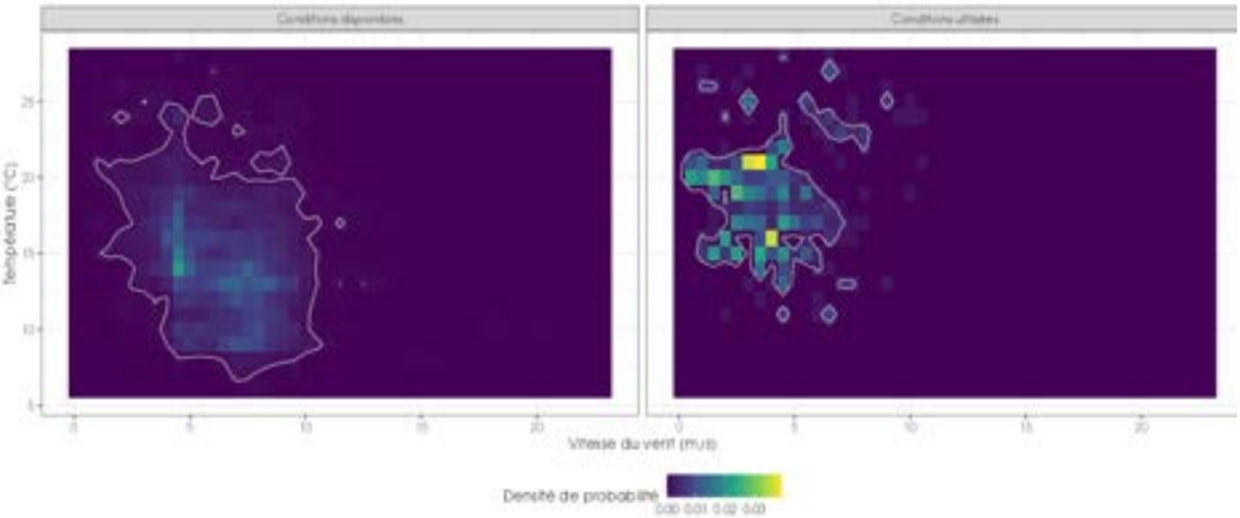


Figure 28 : Histogramme bidimensionnel représentant les fonctions de densité conjointe de la température nocturne et de la vitesse de vent nocturne, pour les conditions disponibles (à gauche) et utilisées (à droite). Les lignes blanches délimitent les régions à l'intérieur desquelles 90% des observations se concentrent (noyaux de densité),

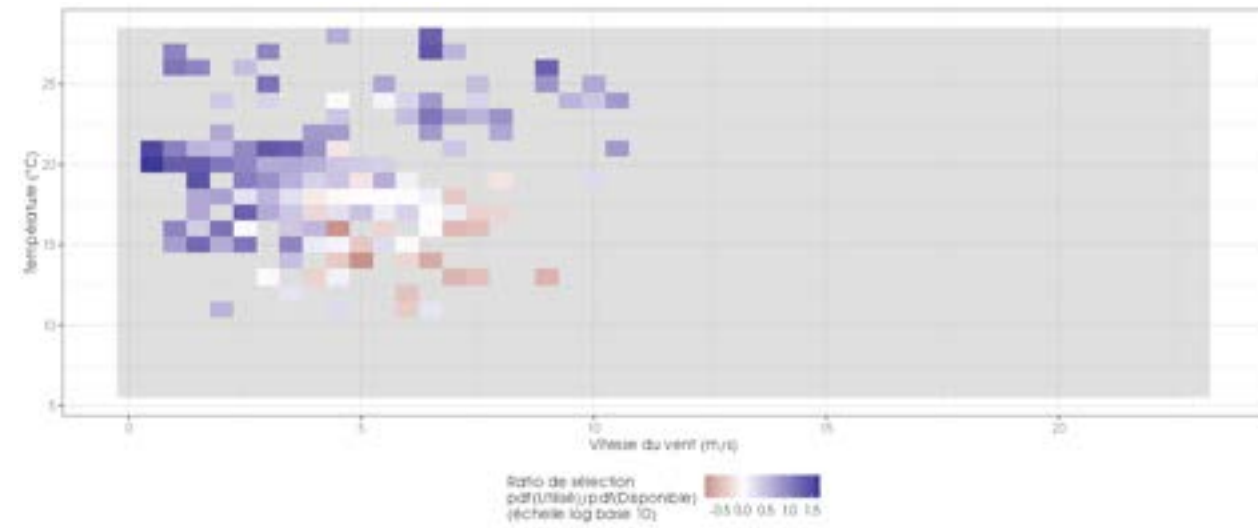


Figure 29 : Affinité bidimensionnelle pour la température nocturne et la vitesse de vent nocturne. L'échelle de couleur est graduée de façon logarithmique (base 10) : $\log_{10}(0.1) = -1$ donc une valeur de -1 indique donc une sélection des conditions associées 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, $\log_{10}(1) = 0$ donc 0 indique l'absence de préférence, et $\log_{10}(10) = 1$ donc 1 indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

L'analyse bidimensionnelle de l'affinité permet d'analyser l'effet des variables environnementales conditionnellement les unes aux autres et ainsi de d'estimer l'effet propre de chacune.

En outre elle permet de déterminer d'appréhender des effets d'interaction entre ces variables.

Cette analyse peut donc conduire à déterminer des seuils de bridage « conjoints » qui seraient plus efficaces que les seuils déterminés en analysant les variables indépendamment.

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le site de Bazougeais et des activités de chiroptères associés, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris est majoritaire dans des gammes de température comprise dans un nuage de 14°C à 28°C et de vitesse de vent comprises entre 0,5 et 6,5 m/s.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et l'heure après le coucher du soleil a été mise en évidence :

- 50% des contacts de chauves-souris ont été obtenus entre le coucher du soleil et environ 2h09 après celui-ci.
- 75% des contacts de chauves-souris se concentre dans les premières et environ 3h58 de la nuit ;
- 90% des contacts de chauves-souris ont été obtenus entre le coucher du soleil et environ 5h55 après celui-ci.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et les vitesses de vent a été mise en évidence (mesurée à 105m) :

- 100 % des contacts ont été enregistrés à des vitesses de vent inférieures à 10,7 m/s ;
- Moins de 1% des contacts a été enregistré au-dessus de 9,2 m/s ;
- 90% de l'activité a été enregistré à des vitesses de vent inférieures 6,3 m/s.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et la température a été mise en évidence (mesurée à 105m) * :

- 100 % des contacts ont lieu à des températures comprises entre 11°C et 28°C ;
- Moins de 1% des contacts a été enregistré en dessous de 11°C ;
- 90% de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 15°C.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et la pluie a été mise en évidence (mesurée à 105m) * :

- 100 % des contacts ont lieu en l'absence de pluie ;

4 COMPARAISONS RESULTATS 2022-2023

En 2022 un nombre légèrement supérieur de nuit avait été couverte par l'acquisition de donnée (247 en 2022 contre 191 en 2023). Cependant, on observe une différence importante quant au nombre de contacts enregistrés. En effet, en 2023 ce sont 1 050 contacts de 5s pour 600 minutes positives contre 475 contacts de 5s pour 244 minutes positives en 2022. L'activité est donc deux fois plus faible en 2022. Ceci peut être dû à des variations interannuelle.

La diversité spécifique est comparable ente les deux années, en 2023, toutes les espèces identifiées l'ont déjà été en 2022.

La phénologie est équivalente sur les deux années, l'activité est plus forte en juin puis d'août à mi-octobre.

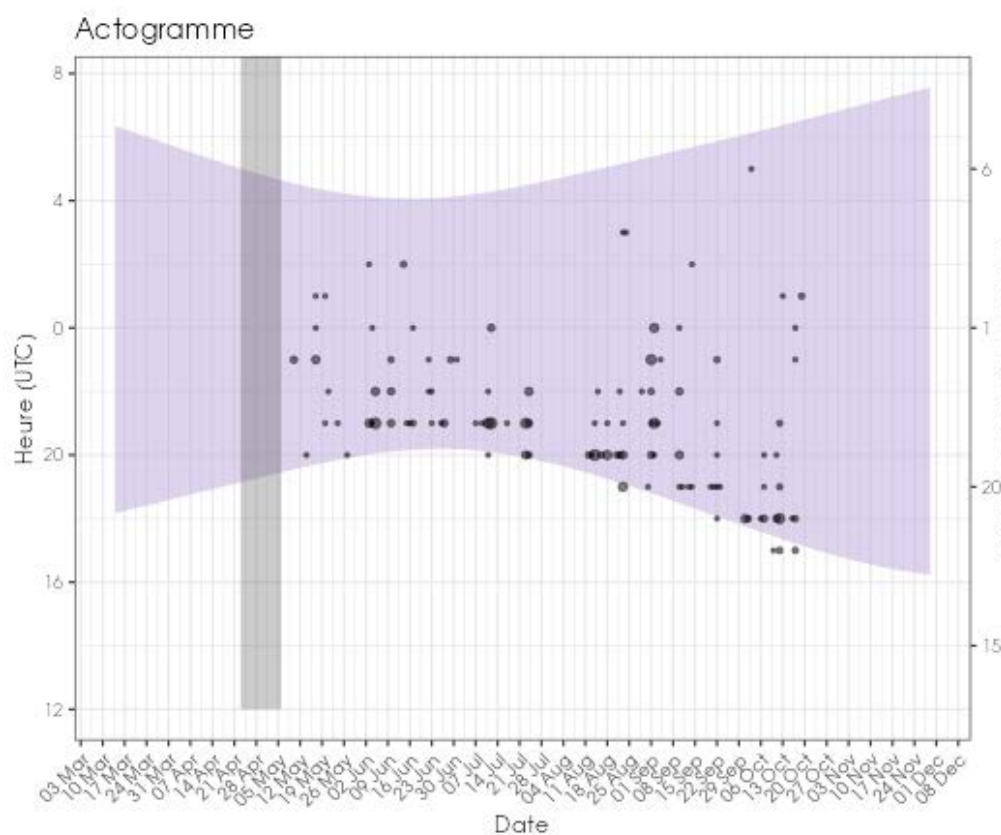


Figure 30 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et novembre 2022 au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais

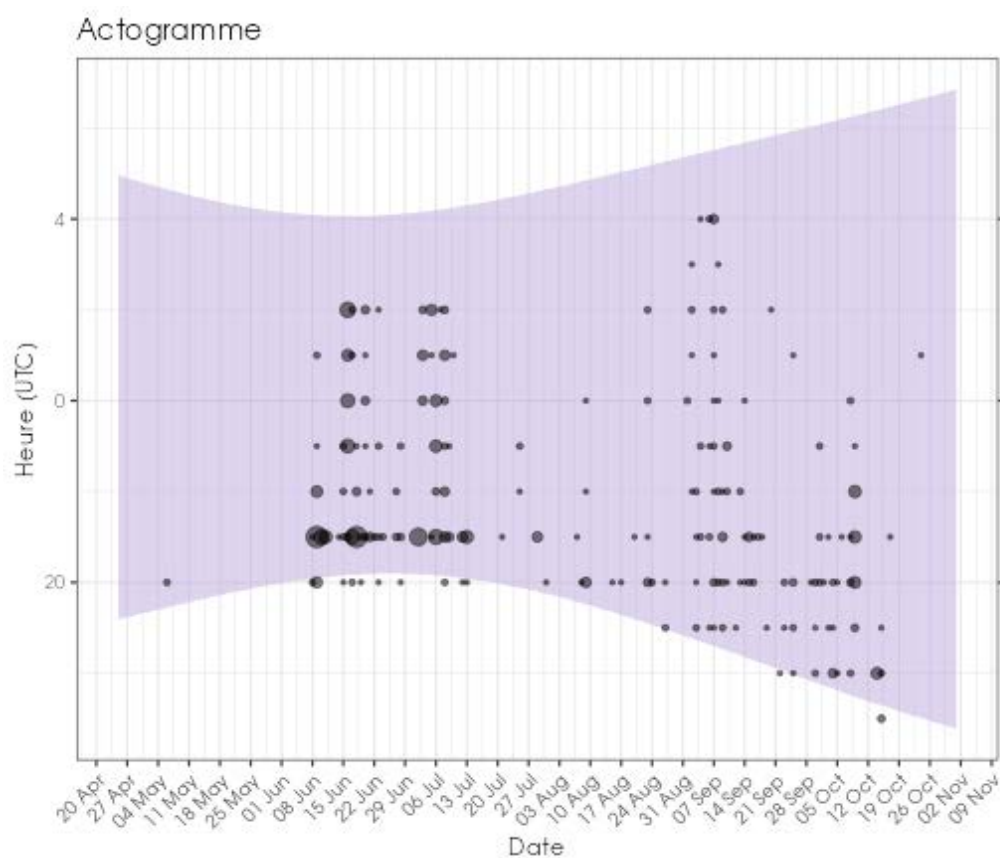


Figure 31 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre avril et novembre 2023 au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais.

5 ASSERVISSEMENT EOLIEN EN FONCTION DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE

Le suivi réalisé en 2022 a déterminé la mise en place d'un bridage pour couvrir 81 % des contacts. Le bridage a été effectif à partir du 1er juin 2023. Il a été mis en place sur l'ensemble des éoliennes du parc, avec les paramètres suivants :

Du 1^{er} juin au 31 août

- Vent : < 6 m/s ;
- Pluie : absence de pluie
- Température : > 13°C ;
- 4 première heure après le coucher du soleil.

Du 1^{er} septembre au 31 octobre

- Vent : < 5 m/s ;
- Pluie : absence de pluie
- Température : > 13°C ;
- 7 première heure après le coucher du soleil.

Tableau 14 : Comparaison d'efficacité du bridage mis en place à partir des données 2022 et 2023 en minute positive

| | Évaluation à partir des données 2022 en minute positives | Évaluation à partir des données 2023 en minute positives |
|--|--|--|
| Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée | 81,1% toutes espèces confondues | 68,5% toutes espèces confondues |
| Nombre de minute positive restant à risque | 31 minutes sur 244 toutes espèces confondues | 184 minutes sur 584 toutes espèces confondues |

Le bridage mis en place en 2023 avait une efficacité prévisionnelle de 81%. Cependant, ce même bridage appliqué sur les données récoltée en 2023 n'affiche pas la même efficacité. En effet, sur le jeu de données complet, l'efficacité sur le jeu de données de 2023 descend à 68,5%.

Malgré une activité faible en comparaison avec les autres parcs suivis dans le quart nord-ouest de la France, **le bridage doit être ré-évalué pour atteindre un seuil d'efficacité plus élevé.**

Un nouveau scénario a été évalué ci-dessous avec l'activité des chauves-souris obtenue en 2023 au niveau de l'éoliennes E3.

Pour l'évaluation de ce scénario, le nombre de minutes positives total est légèrement inférieur à celui observé et mentionné dans l'étude (calcul effectué sur 584 min.pos. sur les 600 min. pos. enregistrées). Ceci est dû au fait que pour certains contacts, les capteurs météorologiques des éoliennes n'ont pas fait remonter de données de vitesse de vent et températures. Le nombre de contacts total reste néanmoins suffisant pour évaluer les bridages.

Les paramètres considérés ci-après correspondent aux conditions cumulatives, c'est-à-dire que l'asservissement n'est mis en œuvre que lorsque les 4 conditions sont réunies simultanément.

Tableau 15 : Simulation du bridage avec de nouveaux paramètres pour le parc éolien de Bazougeais issue des données 2023.

| Scenario 2024 | |
|---|---|
| Période de mise en service du bridage | Du 1^{er} juin au 31 octobre , correspondant à la période d'activité des chiroptères en altitude |
| Seuil de température | Par des températures supérieures ou égales à 13°C |
| Seuil de vent | Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s |
| Nombre d'heures durant la nuit | Toute la nuit (crépuscule aube) |
| Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée. | 87,2% |
| Nombre de minutes positives restant à risque. | 75 minutes sur 584 toutes espèces confondues |

Nous recommandons de mettre en œuvre en 2024, le protocole de bridage correspondant à ce scénario. Ce bridage permet de couvrir près de 90% de l'activité toutes espèces confondues et permettant de laisser seulement 75 minutes à risque sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris. Les nouveaux paramètres de bridage feront l'objet d'une évaluation de son efficacité lors du suivi mortalité et suivi de l'activité en altitude qui aura lieu en 2024.

6 BIBLIOGRAPHIE

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénopé, 544 p.

BARATAUD M. (1996) – Balades dans l'inaudible. Méthode d'identification acoustique des chauves-souris de France. Editions Sittelle. Double CD et livret 49 p.

BARATAUD, M. (2012). Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope éditions, Publications scientifiques du Muséum. 344 p.

BAS, Y., HAQUART, A., TRANCHARD, J. & LAGRANGE, H. (2014) Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mts de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. Symbioses, 32, 83-87.

COLLINS, J. & JONES, G. (2009) Differences in Bat Activity in Relation to Bat Detector Height: Implications for Bat Surveys at Proposed Windfarm Sites. Acta Chiropterologica, 11, 343-350.

COUNCIL DIRECTIVE 92/43/EEC (1992) Conservation of natural habitats and of wild flora and fauna. International Journal of the European Communities, L206: 7–49.

CRYAN, P.M. & BARCLAY, R.M.R. (2009) Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. Journal of Mammalogy, 90, 1330-1340.

DIETZ, C., VON HELVERSEN, O. & NILL, D. (2009) L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé. 400 p.

EUROBATS (2014) Report of the Intersessional Working Group on Wind Turbines and Bat Populations. 9th Meeting of the Standing Committee, 19th Meeting of the Advisory Committee.

HOLDERIED, M. W., & JONES, G. (2009) Flight dynamics. Ecological and behavioral methods for the study of bats. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA, 459-475.

HORN, J. W., ARNETT, E. B., & KUNZ, T. H. (2008). Behavioral responses of bats to operating wind turbines. The Journal of wildlife management, 72(1), 123-132.

JENSEN, M.E. & MILLER, L.A. (1999) Echolocation signals of the bat *Eptesicus serotinus* recorded using a vertical microphone array: effect of flight altitude on searching signals. Behavioural Ecology and Sociobiology, 47, 60-69.

KUNZ, T.H., ARNETT, E.B., ERICKSON, W.P., HOAR, A.R., JOHNSON, G.D., LARKIN, R.P., STRICKLAND, M.D., THRESHER, R.W. & TUTTLE, M. (2007) Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. The Ecological Society of America.

LIMPENS, H., BOONMAN, M., KOMER-NIVERGELT, F., JANSEN, E., VAN DER VALK, M., LA HAYE, M., DIRKSEN, S. & VREUGDENHIL, S. (2013) Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013.12. Zoogdiervereeniging & Bureau Waardenburg.

MENZEL, J. M., MENZEL, M. A., KILGO, J. C., FORD, W. M., EDWARDS, J. W., & MCCRACKEN, G. F. (2005) Effect of habitat and foraging height on bat activity in the coastal plain of South Carolina. Journal of Wildlife Management, 69(1), 235-245.

NIERMANN, I., BRINKMANN, R., KORNER-NIEVERGELT, F. & BEHR, O. (2011) Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. - In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Eds.); Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von

Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Cuvillier Verlag, Göttingen, Germany, Umwelt und Raum 4, pp. 40-115.

RODRIGUES, L., BACH, L., DUBOURG-SAVAGE, M.-J., KARAPANSZA, B., KOVAK, D., KERVYN, T., DEKKER, J., KEPEL, A., BACH, P., COLLINS, J., HARBUSCH, C., PARK, K., MICEVSKI, B., MINDERMAN, J. (2014) Guidelines for consideration of bats in wind farm projects – Revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany. 133 pp.



Siège social :
22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze
Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr