



BORALEX

Suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur le parc éolien d'Evits et Josaphat (28)

Boralex
Décembre 2023

Activité des chiroptères en nacelle en 2023


biotope

Citation recommandée	Biotope, 2022, Suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur le parc éolien d'Evits et Josaphat (28).,Boralex.	
Version/Indice	V0	
Date	04/12/2023	
Nom de fichier	Evits_et_Josaphat_SuiviALtitudeNacelle_Biotope_Décembre2023.docx	
N° de contrat	2023014-3	
Maître d'ouvrage	Boralex	
Interlocuteur	Vézians DUPONT Chef de projets	Contact : Mail : vezians.dupont@boralex.com Téléphone : 06 31 22 45 86
Biotope, Responsable du projet	Matthieu LAGEARD	Contact : Mail : mlageard@biotope.fr Téléphone : 03 21 10 51 52
Biotope, Responsable de qualité	Julien MEROT	

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 de mai à fin octobre.

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 SM4BAT 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 Identification acoustique	Erreur ! Signet non défini.
1.4 Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur	Erreur ! Signet non défini.
1.5 Limites méthodologiques	10
1.6 Acquisition des données météorologiques	11
1.7 Croisement des données	11
1.8 Equipe de travail	12
2 ANALYSES DETAILLEES DE L'ACTIVITE DES ESPECES DE CHIROPTERES CONTACTEES EN HAUTEUR	13
2.1 Espèces contactées	13
2.2 Abondance relative	13
2.3 Comparaison des résultats avec les résultats existants	Erreur ! Signet non défini.
2.4 Analyse détaillée de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur	15
2.5 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction de l'heure	17
2.6 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	18
3 SYNTHESE DE L'ECOUTE DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE 2020	22
4 Bibliographie	24

Liste des tableaux

Tableau 1 Paramètres d'enregistrement du SM4BAT	8
Tableau 2 Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période	8
Tableau 3 Equipe de travail	12
Tableau 4 Statuts de protection et de patrimonialité des espèces de chiroptères recensées dans l'aire d'étude immédiate au cours des expertises menées en altitude.	13
Tableau 5 Nombre de contacts/minutes positives obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces et part de ces contacts notés en altitude en 2022	14
Tableau 6 Comparaison de l'occurrence (nombre de nuits où l'espèce est présente) en fonction des hauteurs suivies pour les espèces de hauts vols. Référentiel Actichiro, Haquart, 2017.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7 Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées	17
Tableau 8 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent et des hauteurs de vol	19
Tableau 9 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol	20
Tableau 10 : Scénarios de bridage proposés sur le parc éolien Les combles sur les données 2022.	
	Erreur ! Signet non défini.

Liste des illustrations

Figure 1 Illustrations de l'environnement autour d'un dispositif d'écoute en altitude	5
Figure 2 Illustrations d'un SM4BAT et de la protection du microphone	7
Figure 3 Interface du logiciel SonoChiro	8
Figure 4 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude	11
Figure 5 : Synthèse des niveaux d'activité observés sur des mâts de mesure entre 2011 et 2016 en France et Belgique. (Haquart, A. 2017 – Reference scale of activity levels for microphones installed on winds masts in France and Belgium)	12
Erreur ! Signet non défini.	
Figure 6 Proportion de temps passé en altitude (>20m de haut) pour chaque espèce et les prédictions (incertitudes) liées aux valeurs reportées. Roemer et al. 2017.	14
Figure 7 Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés à hauteur de nacelle en 2022 (1 micro à 73m – n= 138 contacts de 5 sec. Et 111 min. pos.)	15
Figure 8 : Activité journalière en minutes positives, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données (2022).	15
Figure 9 : Nombre de contacts mensuels, toutes espèces confondues, observé au niveau de la nacelle (73 m) durant les différents mois d'avril à novembre 2022. (μ - microphone).	15
Figure 10 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle commune, observé au niveau de la nacelle (73 m) durant les différents mois d'avril à novembre 2022. (μ - microphone).	16
Erreur ! Signet non défini.	
Figure 11 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle de Natusius et le groupe Pipistrelle de Natusius / de Kuhl, observé au niveau de la nacelle (73 m) durant les différents mois d'avril à novembre 2022. (μ - microphone).	16
Erreur ! Signet non défini.	
Figure 12 : Nombre de contacts mensuels, pour les espèces du groupe des séroutules, observé au niveau de la nacelle (73 m) durant les différents mois d'avril à novembre 2022. (μ - microphone).	16
Erreur ! Signet non défini.	
Figure 13 : Activité journalière en minutes positives, pour les espèces du groupe des séroutules, durant la période de collecte des données (2022).	17
Erreur ! Signet non défini.	
Figure 14 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, observés au niveau de la nacelle (73 m), entre avril et novembre 2022. (μ - microphone)	17
Figure 15 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre avril et novembre 2022.	17
Figure 16 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) au niveau de la nacelle en 2022 (73m).	18
Figure 17 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°c) en 2022	19
Figure 18 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c) en 2022	20
Figure 19 : Météo enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météo utilisées par les chauves-souris à droite (l'enveloppe délimite 90 % la proportion de point demandée)	21

Figure 20 : 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.

21

1 MATERIEL ET METHODES

Les données chiroptérologiques ont été acquises à l'endroit de l'éolienne EEJ6 avec 1 micro placé en nacelle à la hauteur de 90 m.

1.1 Localisation du site d'étude

Le parc éolien est situé sur la commune de Louville-la-Chenard, dans le département d'Eure-et-Loir (28). L'éolienne dotée de l'enregistreur se situe au sein d'une parcelle agricole (culture).

L'éolienne équipée du dispositif d'acquisition des données chiroptérologique est située sur l'éolienne EEJ6, à l'est du parc éolien d'Evits et Josaphat le long du Bois de Fontaines.



Figure 1 Illustrations de l'environnement autour du dispositif d'écoute en altitude sur le parc éolien d'Evits et Josaphat



BORALEX

Méthode d'expertise chiroptères en nacelle

Suivi de l'activité des chiroptères en
altitude sur le parc éolien d'Evits et
Josaphat (28)

Légende

■ Aire d'étude - Parc éolien
d'Evits et Josaphats

Eoliennes :

● Autres éoliennes

● Eolienne avec enregistreur


biotope

1.2 Matériel 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 SM4BAT (Wildlife Acoustics) (enregistreur large bande 1 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...).

Un microphone a été installé à 90 m de hauteur



Figure 2 Illustrations d'un SM4BAT et de la protection du microphone

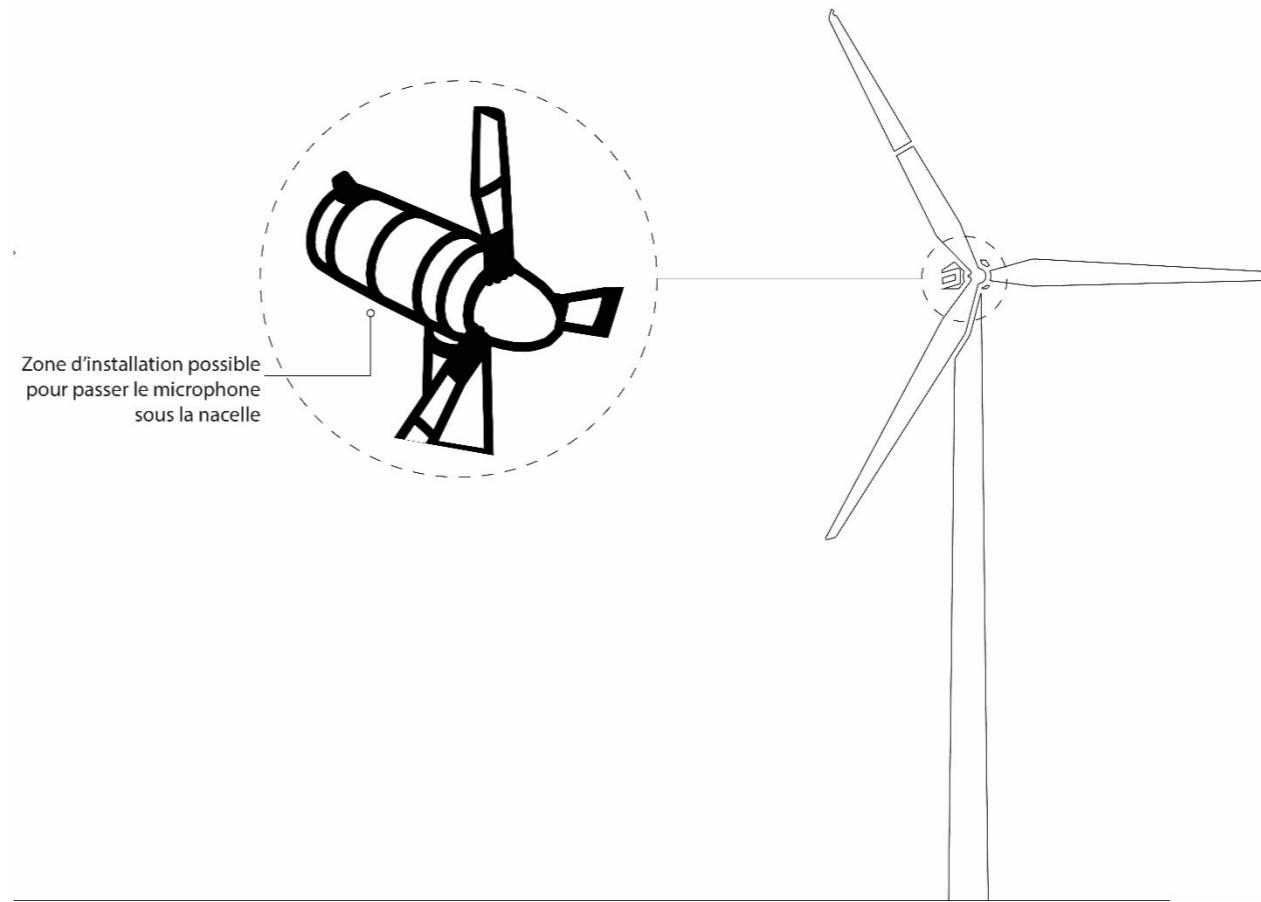


Figure 3 : Illustration du dispositif installé sur une éolienne. © Biotope.

1.2.1 Paramétrage du SM4BAT

Les paramètres d'enregistrement du SM4BAT sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 Paramètres d'enregistrement du SM4BAT

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	1h.
Arrêt après le lever du soleil	1h.

1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Les données analysées en détail concernent la période du 03 mai 2023 au 30 octobre 2023 soit 180 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

Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période en 2022	
Mois	Nombre de nuits exploitable sur le microphone
Mai	29
Juin	30
Juillet	31
Aout	31
Septembre	30
Octobre	29
TOTAL	180

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.

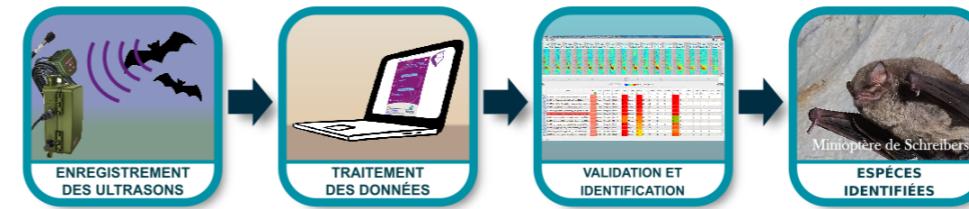


Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

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 (SMBAT) s'appuie sur le programme Sono

chiro® 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.



Figure 4 Interface du logiciel SonoChiro

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®, Syinx). 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 Evaluation 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 aux 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.

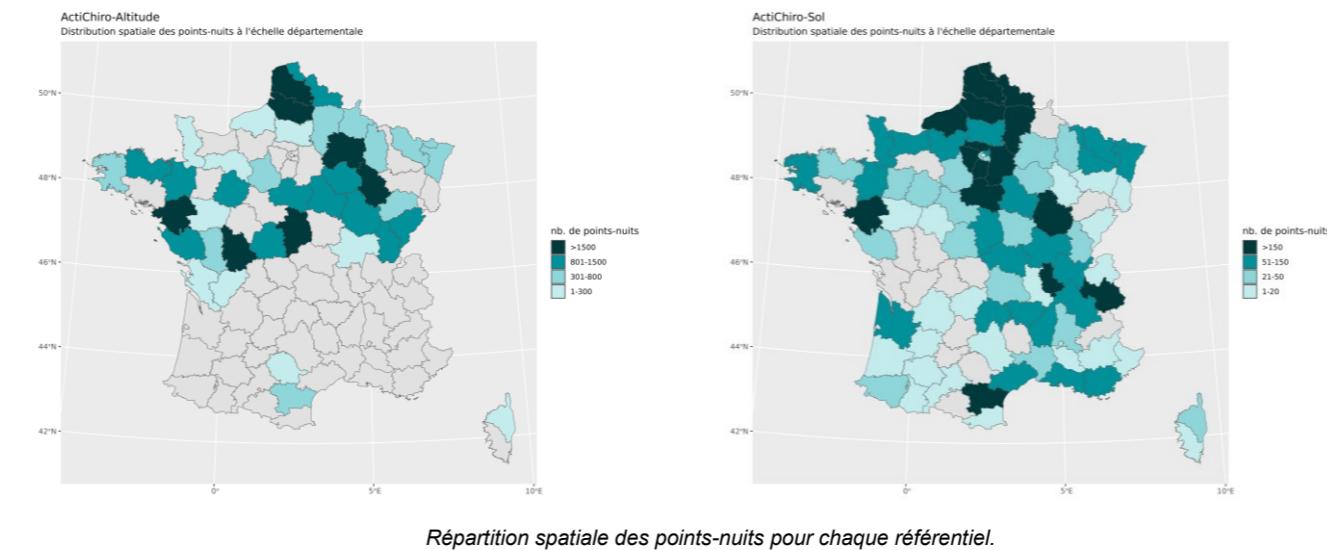
Les tests statistiques ont montré que les variations liées au matériel étaient moins fortes avec cette méthode. Le dénombrement des « minutes positives » évite des écarts de 1 à 10 en cas de forte activité. En cas de faible activité, les résultats de dénombrement de minutes positives ou de fichiers d'enregistrement 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 matériaux 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 de deux **référentiels dynamiques**, un pour les points d'écoute au sol (**ActiChiro-Sol**) et un autre pour les suivis en altitudes (**ActiChiro-Altitude**). **Les nouveaux référentiels recueillent, pour ActiChiro-Sol, 9 000 points-nuits (un point-nuit correspondant à un point par nuit d'enregistrement) et 2 900 sites et pour ActiChiro-Altitude, 111 sites et plus de 35 000 points-nuits**, répartis sur l'ensemble de la France et sur les **10 dernières années**.

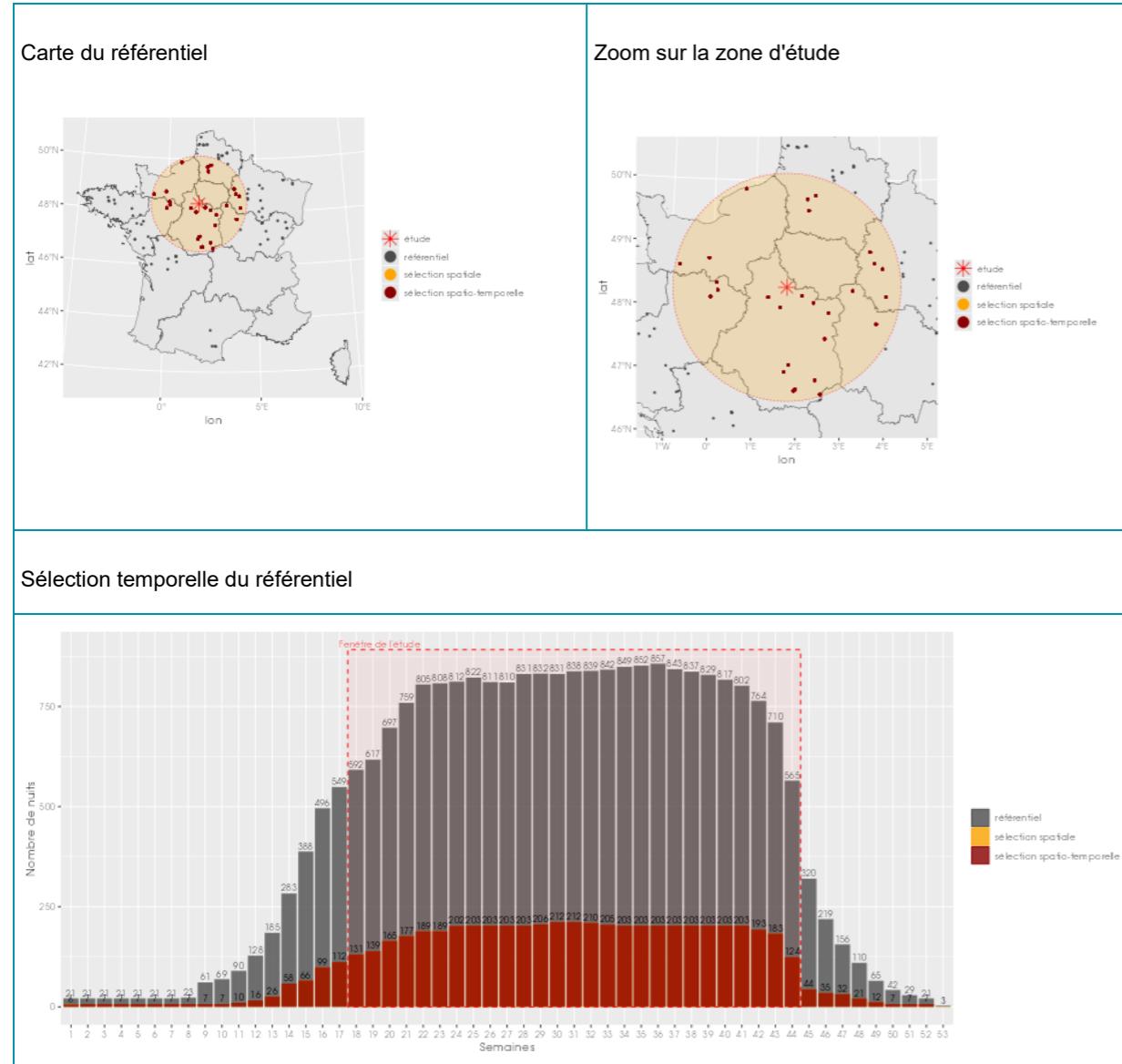


1.4.3 Référentiel Actichiro® dédié à cette étude

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. **Le nouvel 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 :

Référentiel Altichiro-Altitude utilisé pour l'étude 2023014-5	
Pour le suivi sur l'ensemble de la période :	
Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 200 km autour de l'éolienne EEJ6 du parc d'Evits et Josaphat
Sélection temporelle du référentiel	Toute la période d'activité (01/01 au 31/12)



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 :

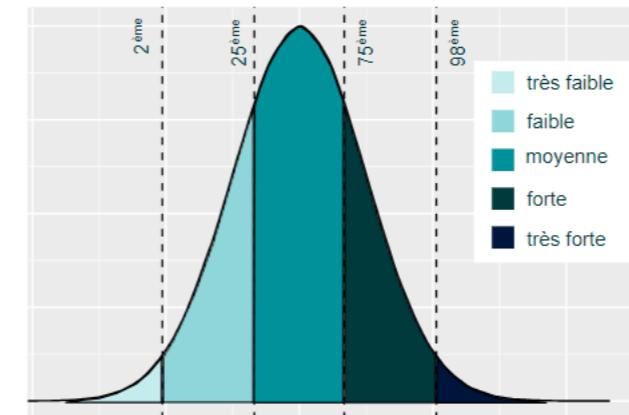
- Une fois en considérant l'ensemble des points-nuits (N points-nuits), ceux où l'espèce est détectée (au moins un contact) et où elle ne l'est pas.

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)**.

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.



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 ;
- Le nombre total de contacts sur la saison ;
- 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 180 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.

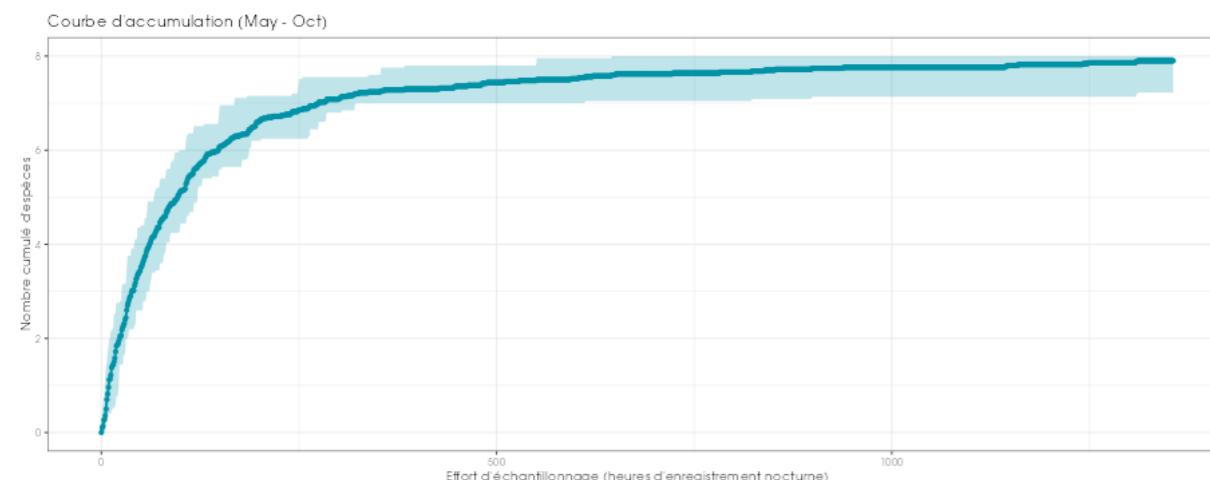


Figure 5 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonage sur l'étude

Cette courbe d'accumulation représente le cumul des nouvelles espèces avec l'effort d'échantillonage. La construction de la courbe prend en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonage est réparti uniformément entre les mois.

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 de l'éolienne EEJ6.

- La vitesse du vent est mesurée à 90 m de haut ;
- La température est enregistrée à 90 m 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 180 nuits :

- Les enregistrements conservés couvrent uniquement la période nocturne.

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 à 90 m ;
- La température à 90 m ;
- 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.

1.8 Équipe de travail

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

Tableau 3 Équipe de travail

Domaine d'intervention	Responsable
Identification des espèces / Analyse et rédaction	Matthieu LAGEARD – expert chiroptérologue 12 ans d'expérience en bureau d'études Master Ingénierie en Ecologie et Gestion de la Biodiversité (IEGB Montpellier)
Relecture qualité	Julien MEROT

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

Au cours de la période d'enregistrement (180 nuits exploitables entre le 03 mai 2023 et le 30 octobre 2023), 755 contacts de 5 secondes ou 310 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris communément appelé minutes positives, ont été obtenus.

2.1 Espèces contactées

La région Centre-Val-de-Loire regroupe à l'heure actuelle 25 espèces de chauves-souris sur les 34 espèces connues en France.

Au cours de cette étude menée sur nacelle de l'éolienne EEJ6, plusieurs espèces ont été identifiées comme présentes (6 espèces), une paire d'espèces (Pipistrelle de Nathusius/de Kuhl et le groupe Sérotine / Noctule indéterminé. Les espèces identifiées sont les suivantes : la Pipistrelle commune, la Noctule de Leisler, la Noctule commune, la Sérotine commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius.

Tableau 4 Statuts de protection et de patrimonialité des espèces de chiroptères recensées dans l'aire d'étude immédiate au cours des expertises menées en altitude.

Nom latin	Protection nationale	Directive Habitats	Liste rouge France	Liste rouge régionale (Centre-Val-de-Loire)	Tendance nationale populations	Sensibilité générale à l'éolien
Espèces certifiées						
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	AIV	NT	LC	Déclin	Moyen
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	AIV	NT	-	Inconnue	Très forte
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art.2	AIV	LC	LC	En augmentation	Forte
<i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	AIV	NT	LC	Déclin	Moyen
<i>Nyctalus leisleri</i>	Art.2	AIV	NT	NT	Déclin	Très forte
<i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	AIV	VU	NT	Inconnue	Très forte
Paire d'espèces certifiées						
<i>Pipistrellus kuhlii / nathusii</i>	Art.2	AIV	LC / NT	LC /	En augmentation / Inconnue	Forte à Très forte
Groupe d'espèces certifiées						
<i>Eptesicus / Nyctalus sp</i>	Art.2	AIV	/	/	/	/

Légende :

Les lignes sont colorées suivant les niveaux de sensibilité à l'éolien suivants :



Liste Rouge Nationale = Liste Rouge des chiroptères menacés de France, MNHN / UICN, 2017

Liste Rouge Régionale, CSRPN Centre-Val-de-Loire, 2012

En gras et bleu, espèces certaines patrimoniales

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 « Sérotules » regroupant la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Ces espèces sont très proches acoustiquement et sont uniquement différenciables dans certaines conditions de vol ;
- 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 ;

La richesse spécifique en espèces contactées lors de l'étude en nacelle (6 espèces certifiées, la paire d'espèces Pipistrelle de Nathusius/de Kuhl, le groupe des Sérotules) est jugée faible pour le Centre-Val-de-Loire.

Cette faible richesse spécifique s'explique par l'absence de micro situé à proximité du sol. La richesse spécifique du site a été évalué dans l'étude au sol de l'étude d'impact et ne fait pas l'objet de ce rapport.

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

Le tableau suivant synthétise l'activité en altitude des chiroptères enregistrés sur l'aire d'étude rapprochée, pendant les 180 nuits d'écoute réalisées entre le 03 mai 2023 et le 30 octobre 2023.

Après détermination des espèces grâce au logiciel Batsound et au programme Sonochiro® développé par Biotope, l'activité des chiroptères a été analysée, grâce au référentiel Actichiro® mis à jour en 2023. 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. Le nouvel ActiChiro® produit donc un référentiel dédié pour chaque étude. Il propose analyse adaptée aux contexte local objectifs qui permettent d'évaluer le niveau d'activité d'une espèce ou d'un groupe d'espèces sur un point ou un site donné. Ces chiffres de référence sont exprimés en minutes positives par nuit. Pour définir si l'activité est « Faible », « Moyenne », « Forte » ou « Très forte », l'analyse s'appuie sur les valeurs des quantiles à 25 %, 75 % et 98 % qui servent de valeurs seuil entre les niveaux d'activité (cf **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

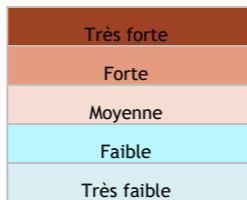
Erreur ! Source du renvoi introuvable.

Tableau 5 Nombre de contacts/minutes positives obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces et part de ces contacts notés en altitude en 2023

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 (%)	Niveau d'activité
Sérotine / Noctule indéterminé <i>Eptesicus / Nyctalus sp</i>	72	9,54%	47	15,16%	Très faible
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	8	1,06%	4	1,29%	Faible
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	96	12,72%	51	16,45%	Très faible
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	109	14,44%	44	14,19%	Très faible
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	139	18,41%	69	22,26%	Très faible
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	162	21,46%	44	14,19%	Faible
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	23	3,05%	14	4,52%	Très faible
Pipistrelle de Nathusius/ de Kuhl <i>Pipistrellus nathusii / kuhlii</i>	146	19,34%	37	11,94%	Faible
Total général	755	100,00%	310	100,00%	/

Légende :

Les lignes sont colorées suivant les niveaux d'activité (référentiel altitude Biotope) suivants :



L'analyse réalisée montre qu'aucune espèce ne domine le peuplement chiroptérologique :

- La Noctule commune **avec 14% du total des contacts obtenus (en fonction de la méthode de calcul)**. Cette espèce est classiquement très fortement représentée en altitude. Elle présente une activité jugée cependant **très faible sur l'aire d'étude**.
- La Pipistrelle commune **est assez peu contactée comparativement à d'autres suivis en nacelle, entre 18 et 22% du total des contacts**. Son activité est jugée **très faible**. Cette espèce vole régulièrement en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités.
- La Noctule de Leisler est bien représentée et représente environ **12 à 16%** de l'activité globale. Cette espèce est classiquement contactée en altitude. Son activité est jugée **très faible**.
- La Sérotine commune est peu représentée et représente environ **1%** de l'activité globale. Cette espèce est classiquement contactée en altitude. Son activité est jugée **faible**.
- La Pipistrelle de Kuhl est bien représentée pour **14 à 21%** de l'activité globale. Cette espèce est classiquement contactée en altitude. Son activité est jugée **faible**.
- La Pipistrelle de Nathusius représente **3 à 4%** de l'activité globale. Cette espèce, classiquement contactée en altitude et migratrice, présente une activité jugée **très faible**.

- Le groupe des « Sérotules » représente **9 à 15%** des contacts obtenus. Son activité est jugée **très faible** et est liée principalement aux activités des deux espèces de Noctule.
- La Paire Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl est bien représentée avec environ **11 à 19% du total des contacts obtenus**. Cette paire d'espèce présente une activité jugée **faible**.

Au regard des résultats et des comparaisons aux référentiel Actichiro® adapté à cette étude le niveau d'activité des chiroptères en altitude toutes espèces confondues, peut être considérée comme faible sur la période concernée.

Avec **310 contacts enregistrés en altitude** (à 90 m) durant 180 nuits d'enregistrement, on obtient une **moyenne de 1,7 contacts par nuit**. Cette activité apparaît **faible** en ce qui concerne le nombre de contact (minute positive), toutes espèces confondues. En effet, le nombre médian de minute par nuit obtenu sur les différents mâts de mesure en France et suivis par Biotope (au moment de la rédaction du rapport) est de **3,04 contacts par nuit**.

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.

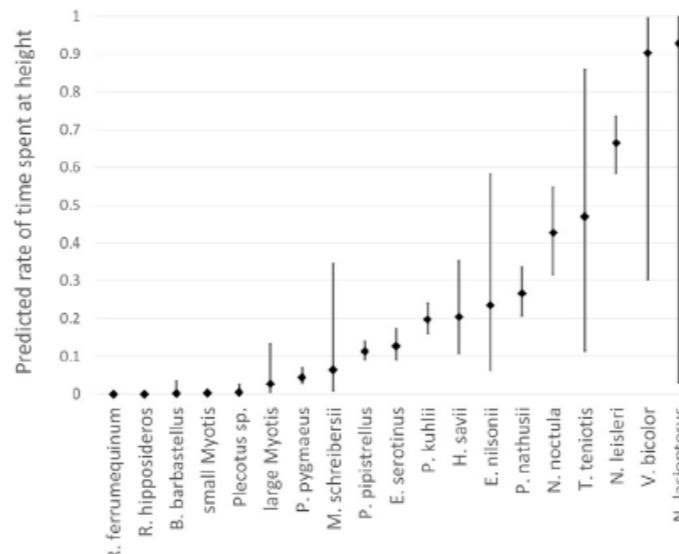


Figure 6 Proportion de temps passé en altitude (>20m de haut) pour chaque espèce et les prédictions (incertitudes) liées aux valeurs reportées. Roemer et al. 2017.

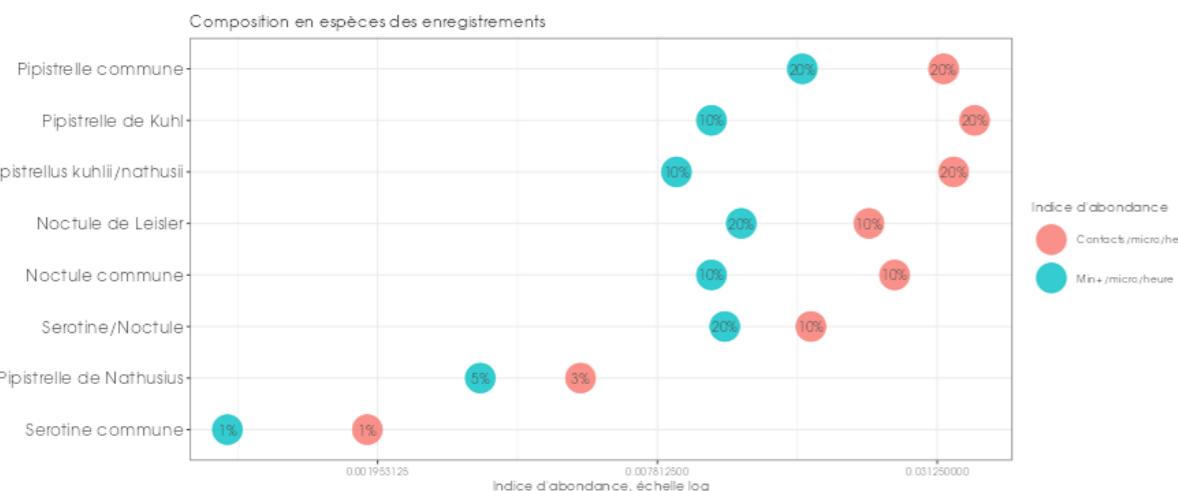


Figure 7 Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés à hauteur de nacelle en 2023 (1 micro à 90m – n= 755 contacts de 5 sec. Et 310 min. pos.)

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 en minutes positives. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence la présence d'activité sur l'ensemble de la période avec des pics d'activités ponctuellement plus importants.

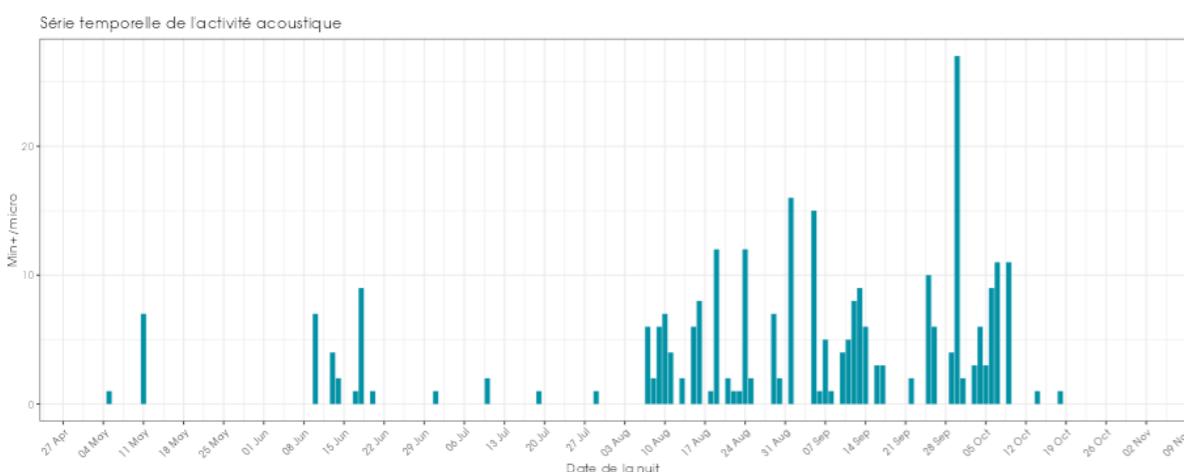


Figure 8 : Activité journalière en minutes positives, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données (2023).

2.3.2 Activité mensuelle en fonction de la hauteur

Analyse de l'activité mensuelle toutes espèces confondues

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours des différents mois.

La période de transition printanière (avril à début juin) a connu quelques pics d'activité ponctuels.

En période estivale (mise-bas et estivage : mi-juin à mi-août) cette activité est quasi inexistante sur le parc.

La période automnale (mi-août à fin-octobre) présente une augmentation significative de l'activité. Cette période de migration et d'activité sociale intense, est souvent la période la plus sensible au risque de collision.

La distribution d'activité est plus marquée en période de « swarming » et de migration automnale (mi-août à fin octobre) avec quelques pics printaniers.

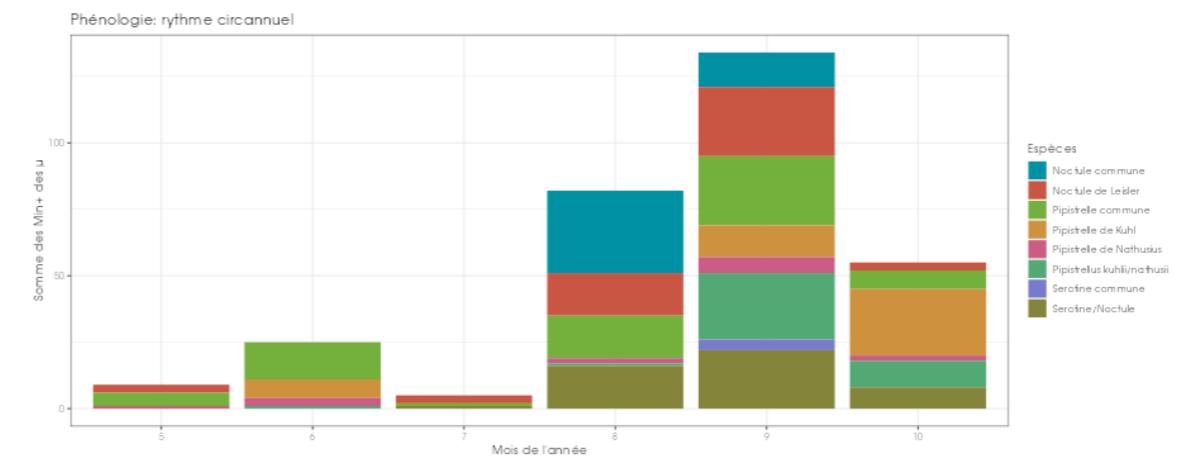


Figure 9 : Nombre de contacts mensuels, toutes espèces confondues, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (µ - microphone).

Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) et Pipistrelle de Nathusius/de Kuhl (*Pipistrellus nathusii/kuhlii*)

• Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 18 à 22% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et présente une activité chiroptérologique très faible.

Elle montre une augmentation croissante de l'activité en septembre.

L'activité est plus forte en période de dispersion des colonies (mi-août – septembre).

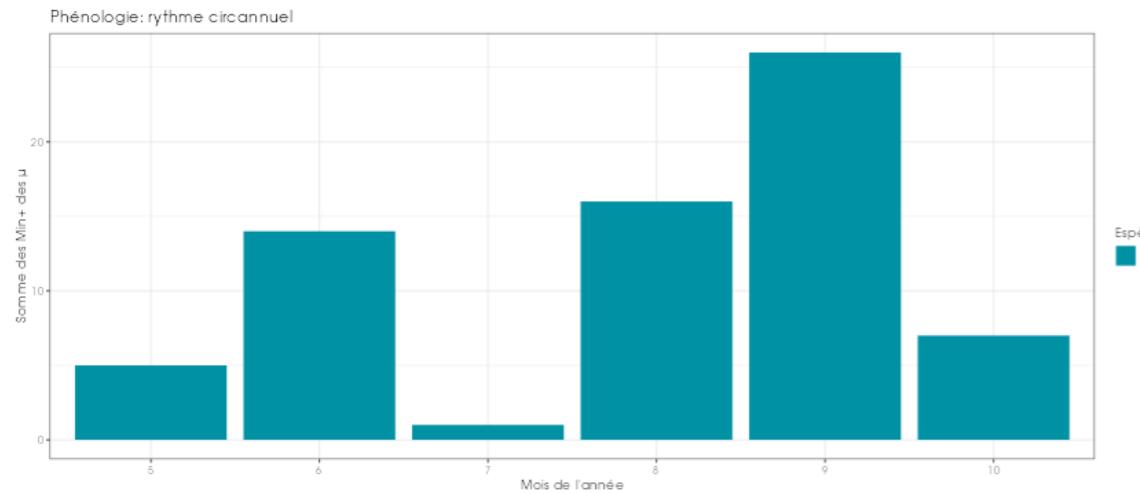


Figure 10 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle commune, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (µ - microphone).

- La paire Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl (Pipistrellus nathusii / kuhlii)

Pour rappel, la Pipistrelle Nathusius représente 3 à 4% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, la Pipistrelle de Kuhl 14 à 21% et la paire Pipistrelle de Nathusius / de Kuhl environ 11 à 19%. Il est difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius.

L'activité pour le groupe est globalement plus importante en septembre et en octobre. Ce pic d'activité est peut-être une conséquence de la migration automnale. Cette activité est cependant jugée très faible à faible sur le site éolien en comparaison à notre référentiel altitude.

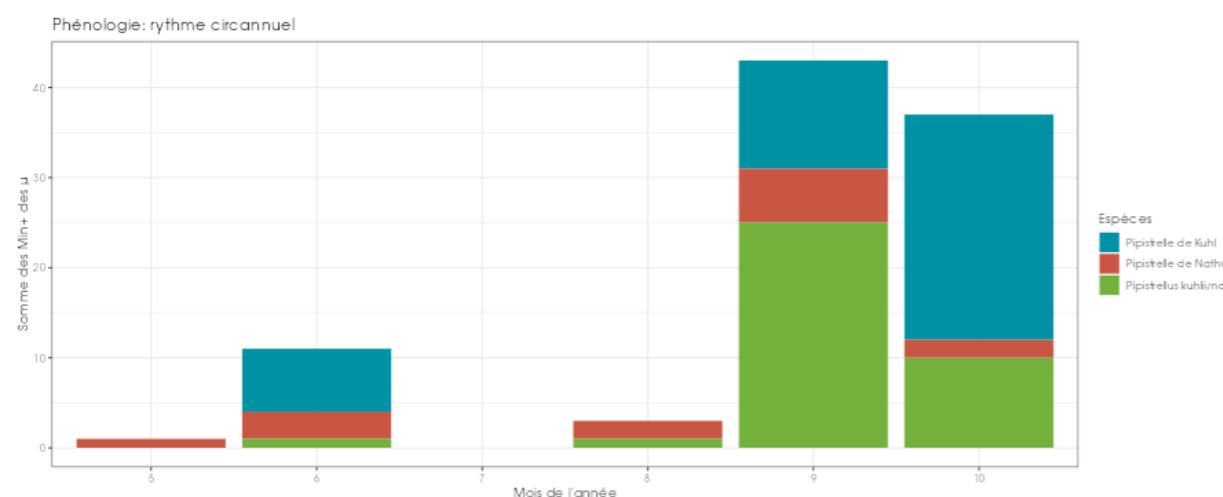


Figure 11 : Nombre de contacts mensuels, pour la Pipistrelle de Nathusius, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (µ - microphone).

Groupe des sérotules (Sérotine commune, Noctule de Leisler et Noctule commune)

- Sérotine / Noctule (Eptesicus / Nyctalus sp)

Le groupe des sérotines / noctules représente environ 9 à 15% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris pour une activité toutefois jugée très faible (probablement liée aux noctules présentent sur site).

Il est difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des sérotules (groupe comprenant les signaux non identifiés de la Sérotine commune, de la Noctule de Leisler et de la Noctule commune).

- Noctule de Leisler (Nyctalus leisleri)

Pour rappel, la Noctule de Leisler représente 12 à 16% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce de haut vol a été contactée sur toute la période exceptée en juin et avec des pics d'activité d'août à octobre en période de migration automnale. Son activité est qualifiée de très faible.

- Noctule commune (Nyctalus nyctalus)

Pour rappel, la Noctule commune représente 14% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Son activité est jugée comme très faible. Cette espèce est présente uniquement sur la période de « swarming » et de migration automnale (mi-août – septembre).

- Sérotine commune (Eptesicus serotinus)

La Sérotine commune est peu représentée avec 1% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Son activité est jugée comme faible. Cette espèce a été contactée uniquement sur le mois de septembre.

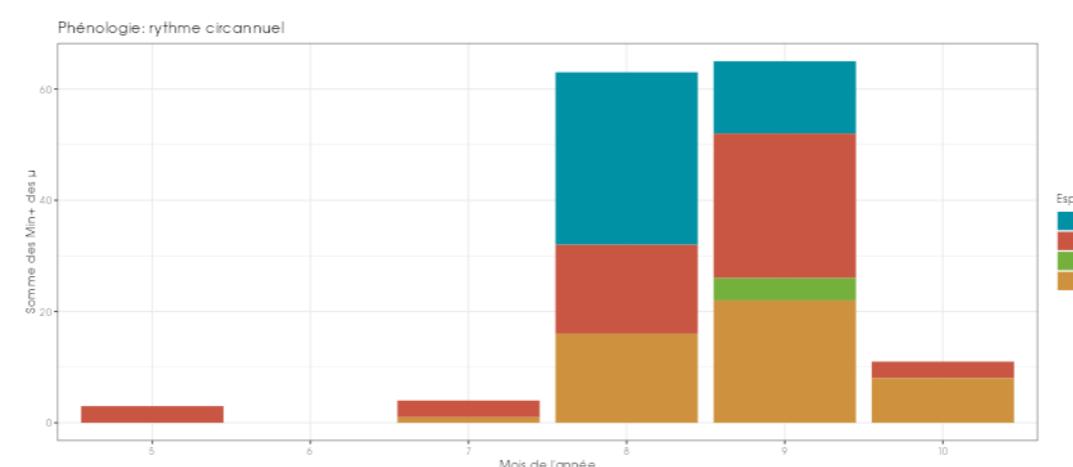


Figure 12 : Nombre de contacts mensuels, pour les espèces du groupe des sérotules, observé au niveau de la nacelle (90 m) durant les différents mois de mai à octobre 2023. (µ - microphone).

Bilan de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur

L'activité générale est hétérogène dans le temps, avec des pics lors des enregistrements de mi-août à fin septembre (swarming et migration automnale).

D'une année sur l'autre, ces activités peuvent connaître un certain degré de variabilité lié à de nombreuses fluctuations environnementales et biologiques (conditions météorologiques, occupation du sol, richesse en entomofaune, activité migratoire / chasse / transit).

Cette activité globale est toutefois jugée faible comparativement à d'autres sites suivis dans le quart nord-ouest de la France.

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 310 minutes positives exploitable sur les différentes périodes d'enregistrement.

2.4.1 Activité horaire des chiroptères au niveau de l'éolienne EEJ6

Comme pour l'analyse de l'activité mensuel, il est important de relativiser les résultats bruts. Dans le cadre de l'analyse horaire de l'activité des chauves-souris, les nombres de minutes positives mensuels ont été corrigés en fonction du temps d'enregistrement nocturne. Ceci permet de prendre en compte la variation de la durée des nuits en fonction des saisons.

Si on examine dans le détail l'activité des chauves-souris sur l'ensemble des nuits, on observe une activité plus importante en début de nuit à 90 m dans les deux premières heures après le coucher du soleil. (cf Figure 13).

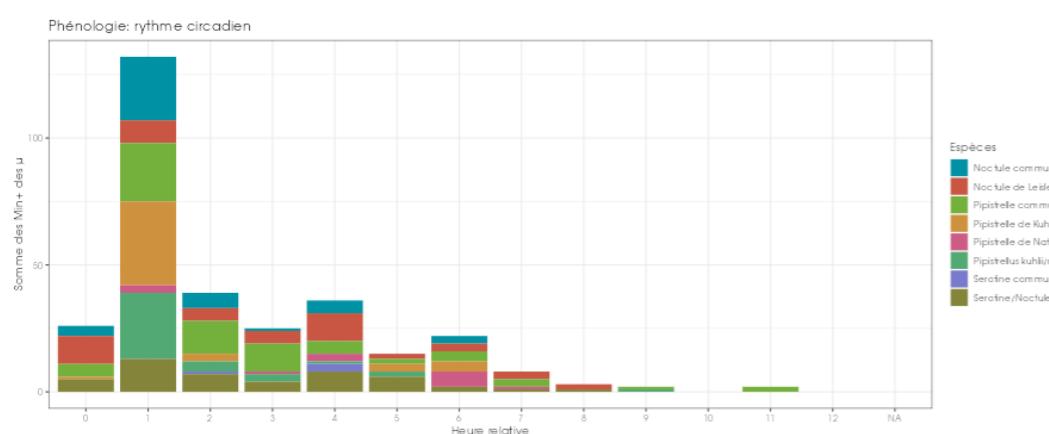


Figure 13 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, observés au niveau de la nacelle (90 m), entre mai et octobre 2023. (μ - microphone)

• Bilan phénologique annuel

Comme indiqué, ci-dessus, l'activité en altitude des chauves-souris ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. A certaines périodes de l'année, l'activité peut même être particulièrement importante à différents moments de la nuit.

Si on examine dans le détail l'activité des chauves-souris sur l'ensemble des nuits (voir figures ci-après), on observe des contacts principalement en début et milieu de nuit.

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.

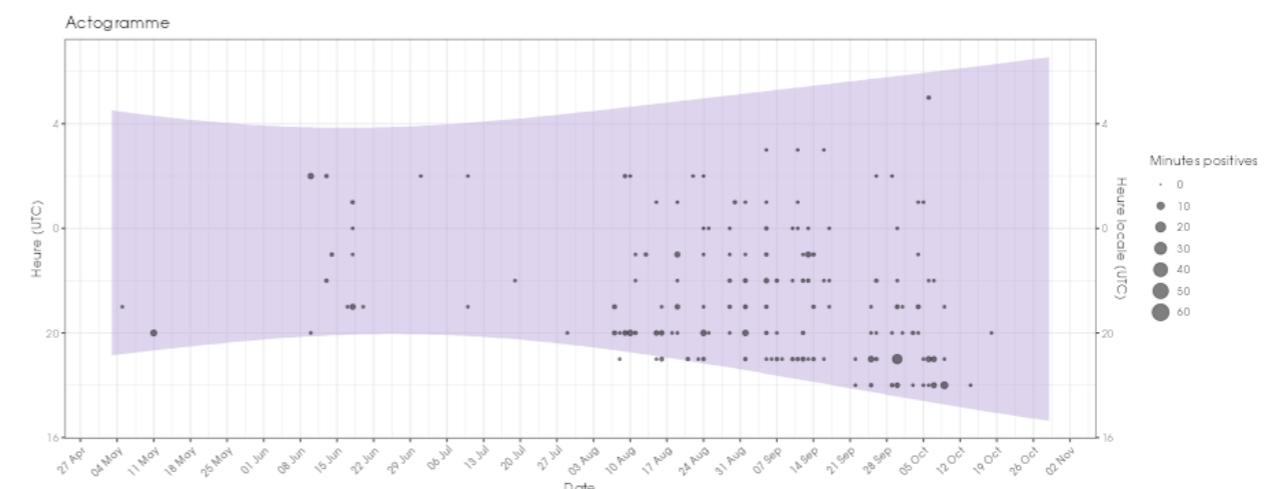


Figure 14 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mai et octobre 2023.

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

Espèce / groupe d'espèces	Durée après le coucher du soleil (en heure) en-dessous de laquelle a été enregistrée les percentiles et quartiles de contacts cibles											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
% cumulé de Min +	8,62%	48,62 %	62,07 %	70,00 %	82,41 %	87,59 %	94,83 %	97,59 %	98,62 %	96,31 %	99,31 %	100,00 %

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 en altitude se concentre dans les 6 heures qui suivent le coucher du soleil.
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 4 heures qui suivent le coucher du soleil.
- 50 % de l'activité en altitude a été mesurée entre le coucher du soleil et environ 2 heures après celui-ci.

2.5 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques en 2023

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 90 m

Au cours des périodes d'analyses qui s'étendent de mai à octobre 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, allant de 0 à 21,28 m/s.

L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 2,5 et 10 m/s.

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 parc éolien d'Evits et Josaphat, obtenu au niveau de la nacelle (90 m) et durant les 180 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).

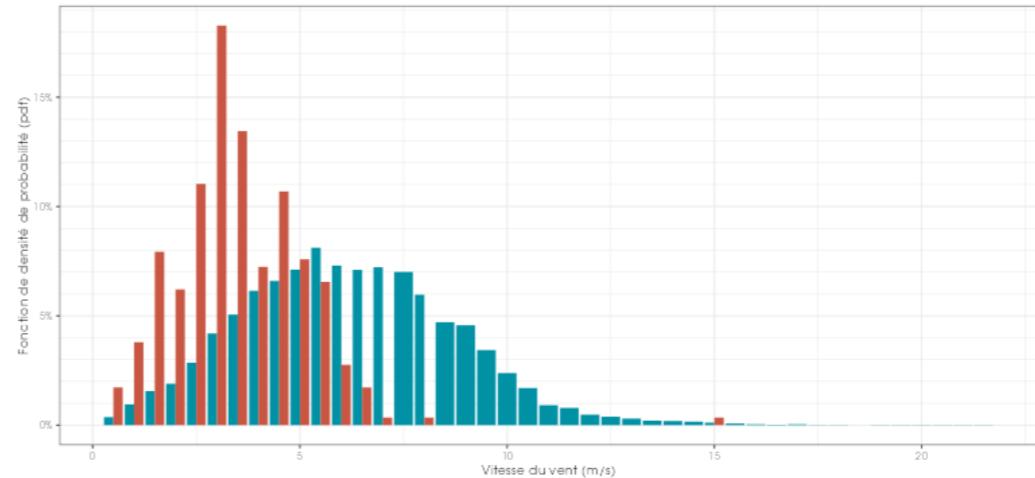


Figure 15 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) au niveau de la nacelle en 2023 (90m).

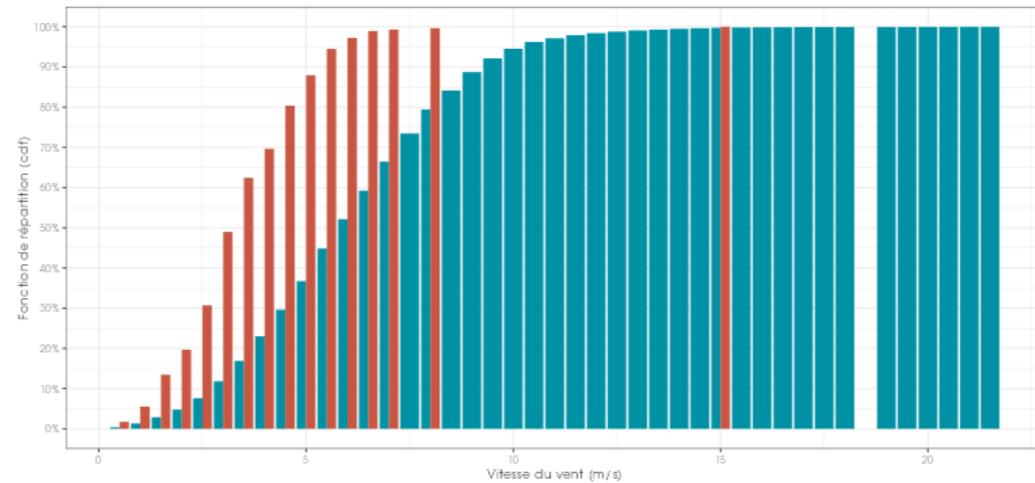


Figure 27 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s) en 2023

Toutes espèces confondues, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 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 (90m) sur 2023.

Tableau 7 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent et des hauteurs de vol

Vitesse de vent (en m/s à 90 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles								
	50%	75%	80%	85%	90%	95%	99%	100%
Ensemble des min. pos.	3,26 m/s	4,68 m/s	4,73 m/s	5,06 m/s	5,43 m/s	5,8 m/s	6,85 m/s	15,02 m/s

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 90m, permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90% de l'activité supérieure à la médiane a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,43 m/s
- 80% de l'activité supérieure à la médiane a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 4,73 m/s
- 50% de l'activité supérieure à la médiane a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 3,26 m/s

2.5.4 Activité en fonction de la température mesurée à 90 m

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend de mai 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 allant de 0 à 35 °C.

L'échantillonnage est globalement important pour les températures comprises entre 10 et 25°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 parc éolien d'Evits et Josaphat, obtenu au niveau de la nacelle et durant 180 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).

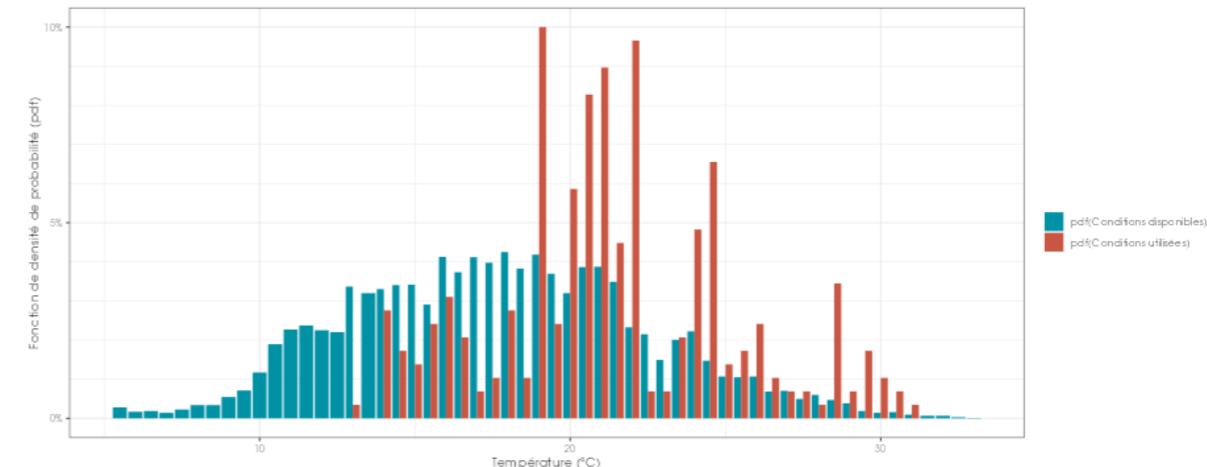


Figure 16 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C) en 2023

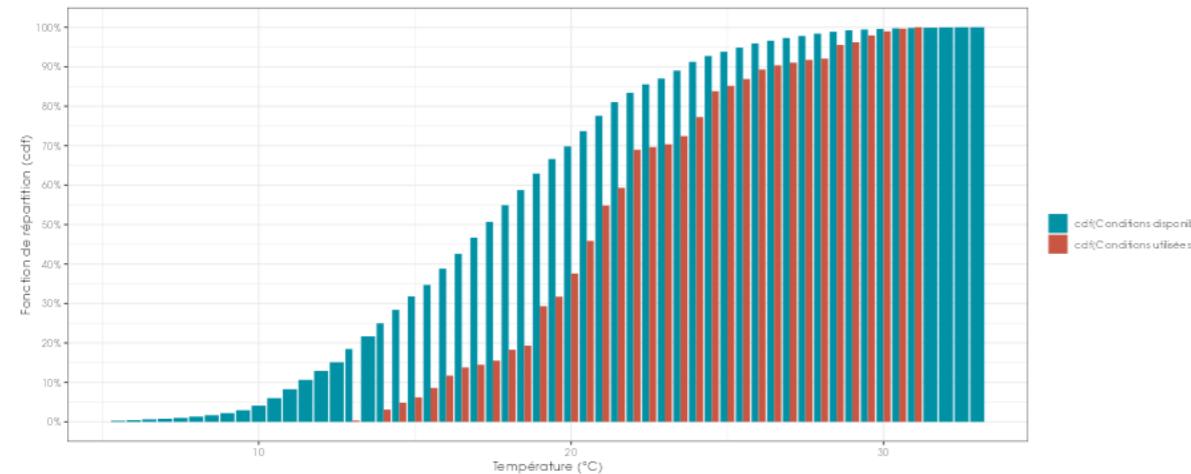


Figure 17 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) en 2023

Les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 15°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 en 2023.

Tableau 8 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol

		Température (en °C à 90m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
		50%	70%	90%	95%	99%	100%
Ensemble des min. pos.		20,89 °C	19,23 °C	16 °C	14,3 °C	14 °C	12,8 °C

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

L'ensemble des activités en altitude (au-dessus de la médiane), recensées pour chaque espèce en fonction de la température (à 90 m) permet de tirer les informations suivantes :

- 100% de l'activité supérieur à la médiane a été enregistrée à des températures supérieures à 12,8°C
- 70% de l'activité supérieur à la médiane a été enregistrée à des températures supérieures à 19,23°C
- 50% de l'activité supérieur à la médiane a été enregistrée à des températures supérieures à 20,89°C

2.5.7 Combinaison des facteurs température et vitesse de vent

L'analyse bidimensionnelle de l'activité, en fonction de la vitesse du vent et de la température à la fois, permet de tester si l'une ou l'autre de ces deux variables météorologiques est prédominante et influe donc plus fortement sur le niveau d'activité des chiroptères.

Le graphique suivant représente l'affinité bidimensionnelle, à la fois pour la température et la vitesse de vent. La couleur blanche indique l'absence de préférence par les chiroptères, le rouge indique une sélection 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, et le bleu indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

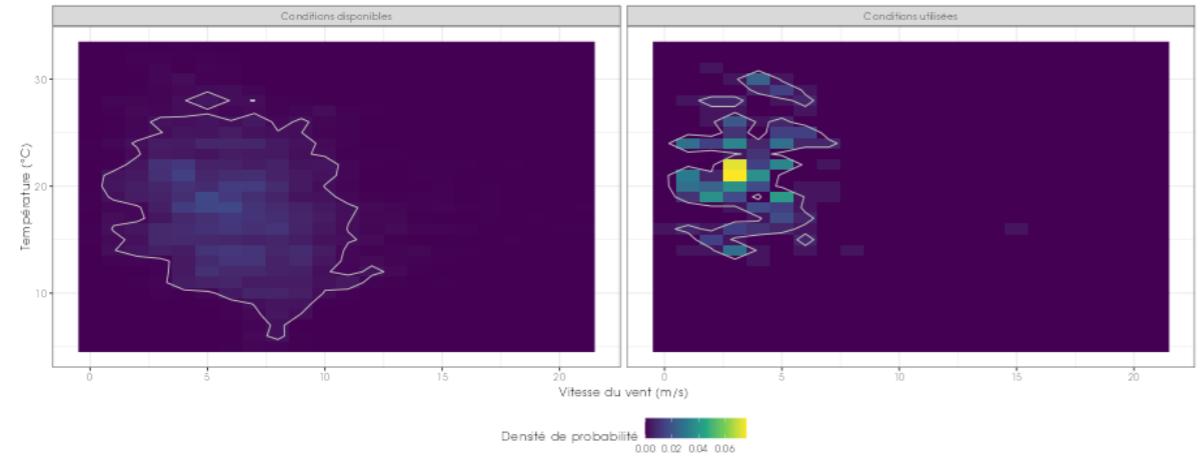


Figure 18 : Météo enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météo utilisées par les chauves-souris à droite (l'enveloppe délimite 90 % la proportion de point demandée)

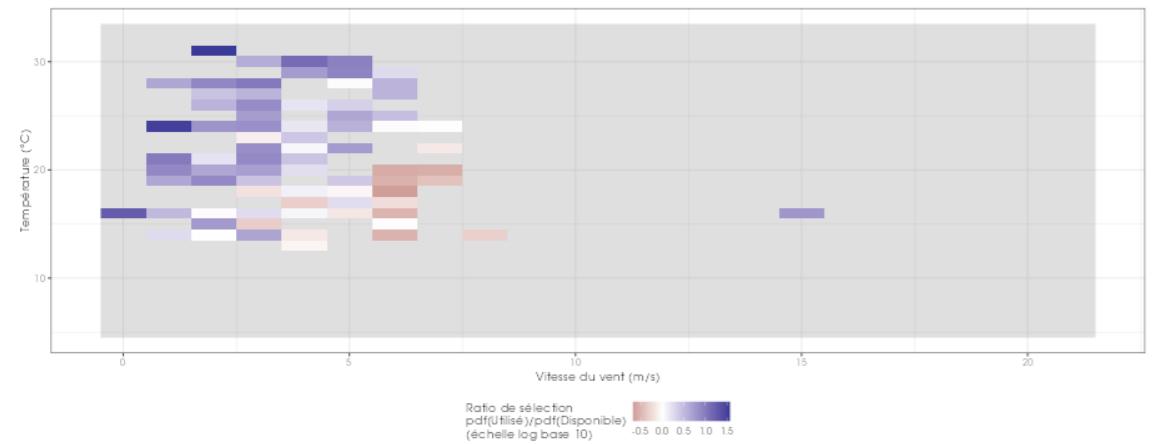


Figure 19 : logarithmique (base 10) : $\log_{10}(0.1) = -1$ donc une valeur de -1 indique donc une sélection des conditions associées 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, $\log_{10}(1) = 0$ donc 0 indique l'absence de préférence, et $\log_{10}(10) = 1$ donc 1 indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc éolien d'Evits et Josaphat et des activités de chiroptères associés, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris (en bleu) est majoritaire dans des gammes de température comprise dans un nuage de 15°C à 30°C et de vitesse de vent comprises entre 0 et 6 m/s.

On note que la proportion des chauves-souris à voler en altitude par vent fort est plus importante avec des températures nocturnes plus élevées. Les chauves-souris acceptent des vents supérieurs à 5 m/s avec des températures supérieures à 25°C.

3 SYNTHESE DE L'ECOUTE DE L'ACTIVITE DES CHIROP TERES 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 6 mois d'analyse soit 180 nuits **exploitables**. Un dispositif d'enregistrement automatique (SM4Bat) équipé d'un micro a été placé à 90m au sein de la nacelle de l'éolienne EEJ6 du parc éolien d'Evits et Josaphat (Eure-et-Loir).

Les enregistrements ont permis l'identification de **6 espèces avérées**. Il s'agit d'une diversité faible pour la région Centre-Val-de-Loire, 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 la moitié nord de France suivant le même protocole.

Les expertises réalisées ont montré que :

- Plusieurs espèces de hauts vols ont été identifiées sur le site : Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune.

- La répartition des contacts obtenus est homogène entre les différentes espèces, aucune ne domine spécifiquement le peuplement chiroptérologique.

La phénologie annuelle montre une activité relativement hétérogène au cours du temps, avec des pics d'activité sur les enregistrements de mi-août à fin septembre en période de « swarming » et de migration automnale. Le site semble un peu moins occupé en période de transition printanière et de mise-bas.

Cette activité globale est faible comparativement à d'autres sites suivis dans le quart nord-ouest de la France.

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 2h après celui-ci.
- 75% des contacts de chauves-souris se concentre dans les 4 premières heures de la nuit ;
- 90% des contacts de chauves-souris ont été obtenus entre le coucher du soleil et environ 6h après celui-ci.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et les vitesses de vent a été mise en évidence (mesurée à 90m) :

- 100 % des contacts ont été enregistrés à des vitesses de vent inférieures à 15,02 m/s ;
- Moins de 4% des contacts au-dessus de la médiane a été enregistré au-dessus de 5,95 m/s ;
- 90% de l'activité au-dessus de la médiane a été enregistré à des vitesses de vent inférieures 5,43 m/s.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et la température a été mise en évidence (mesurée à 90m) :

- 100 % des contacts ont lieu à des températures au-dessus de 12,8°C ;
- Moins de 4% des contacts a été enregistré en dessous de 14,2°C ;
- 90% de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 16°C.

Le ratio de sélection des deux variables météorologiques vitesse du vent et température montre une utilisation très nette des conditions de vents inférieurs à 5,43 m/s associé à des températures de plus de 16°C.

On note que plus la température est élevée, plus l'utilisation du site peut se faire à des vitesses de vents élevées.

Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Bridage en place 2023	
Période de mise en service du bridage	Du 1^{er} aout au 31 octobre , correspondant à la période d'activité principale des noctules en altitude
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 10°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égale à 6 m/s
Nombre d'heures durant la nuit	L'ensemble de la nuit
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	84,52%
Nombre de minute positive restant à risque	48 minutes sur 310 toutes espèces confondues
Proportion d'activité du groupe des Noctules /Sérotines (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	90,41%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des Noctules /Sérotines	14 minutes sur 146 minutes de présence des noctules sp.
Proportion d'activité de Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	95,45%
Nombre de minute positive restant à risque pour les noctules commune	2 minutes sur 44 minutes de présence des Noctules communes
Proportion d'activité des Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	79,26%
Nombre de minute positive restant à risque pour les Pipistrelles	34 minutes sur les 164 minutes de présences des Pipistrelles

Sur l'ensemble de la période de suivi 2023 (3 mai – 30 octobre 2023), le bridage en place a permis de couvrir 84,52 % de l'activité générale des chauves-souris sur cette période (79,26 % des Pipistrelles et 90,41 % des Sérotines/Noctules dont 95,45 % des Noctules communes).

Dans ce contexte avec une activité faible observée et un pic d'activité plus concentrée sur la période d'août à fin octobre, il conviendra de maintenir dans les années futures le bridage en place.

Pour aller plus loin dans la préservation des espèces, l'exploitant pourrait réviser le bridage actuel pour couvrir 90 % toutes espèces confondues avec un bridage étendu avec de nouveaux paramètres.

4 Bibliographie

- ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, 544 p.
- BARATAUD M. (1996) – Ballades 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 mats 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. Zoogdiervereniging & 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-NIVERGELT, 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.

