



BORALEX

Suivi de l'activité des chiroptères à
hauteur de nacelle sur le parc éolien de
Bois des Fontaines (28)

-

Louville-le-Chenard

Activité des chiroptères à hauteur de nacelle en 2023

Boralex
Mars 2024


biotopie

Citation recommandée	Biotope, 2023, Louville-le-Chenard,.BORALEX.	
Version/Indice	V0	
Date	03/04/2024	
Nom de fichier	EOL_BORALEX_BDF_alti_chiro_.docx	
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	Julien MEROT	Contact : Mail : jmerot@biotope.fr Téléphone : 02 40 05 32 30
Biotope, Responsable de qualité	Ludivine Doyen	Contact : Mail : ldoyen@biotope.fr Téléphone : +33 2 38 61 07 94

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 mi-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	Analyse des sons et identification des espèces	8
1.4	Evaluation du niveau d'activité chiroptérologique en hauteur	9
1.5	Limites méthodologiques	11
1.6	Acquisition des données météorologiques	12
1.7	Croisement des données	12
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	Analyse détaillée de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur	15
2.4	Analyse de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle en fonction de l'heure	18
2.5	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	19
3	SYNTHESE DE L'ECOUTE DE L'ACTIVITE DES CHIROPTERES EN NACELLE 202323	
3.1	Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique	25
4	Bibliographie	26

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	14
Tableau 6 Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées	19
Tableau 7 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent et des hauteurs de vol	20
Tableau 8 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol	22
Tableau 9: Scénario de bridage en place sur le site de Bois des Fontaines en 2023	25

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 Louville-la-Chenard et du positionnement micro en nacelle	5
Figure 2 : Illustrations d'un boîtier et de la localisation du microphone	7
Figure 3 : Illustration du dispositif installé sur une éolienne. © Biotope.	7
Figure 4 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude	11
Figure 5 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 6 Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur la nacelle (1 micro – n= 486 contacts de 5 sec. Et 261 min. pos.)	15
Figure 7 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données (2023).	15
Figure 8 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant les différents mois de mai à octobre.	15
Figure 9 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour la Pipistrelle commune, durant les différents mois de mai à octobre.	16
Figure 10 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour la paire Pipistrelle de Kuhl et de Nathusius, durant les différents mois de mai à octobre.	16
Figure 11 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour les espèces du groupe des sérotules, durant les différents mois de mai à octobre.	17
Figure 12 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mai à octobre.	18
Figure 13 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mai et octobre.	18
Figure 14 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).	19
Figure 15 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s)	20
Figure 16 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°c)	21
Figure 17: Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c)	21
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)	23
Figure 19: Bilan sur les conditions météo sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : température et vitesse du vent)	24

1 MATERIEL ET METHODES

Les données chiroptérologiques ont été acquises à l'endroit de l'éolienne n°3 avec 1 microphone placé en nacelle à la hauteur de 90m.

1.1 Localisation du site d'étude

Le parc éolien est situé sur la commune de Louville-la-Chenard, dans le département de l'Eure-et-Loir. 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 n°3, au sud-ouest du parc éolien de Bois des Fontaines.



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



© Boralex - Tous droits réservés - Source : © Bing (2018) - Cartographie : Biotope, 2023



Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle

Suivi environnementale de parc éolien de Bois des Fontaines (28)

Légende

Aire d'étude

Eoliennes :

Eolienne avec enregistreur

Autres éoliennes



Carte 1 Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle

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 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...).

Un microphone a été installé à 90 m de hauteur



Figure 2 : Illustrations d'un boîtier et de la localisation du microphone

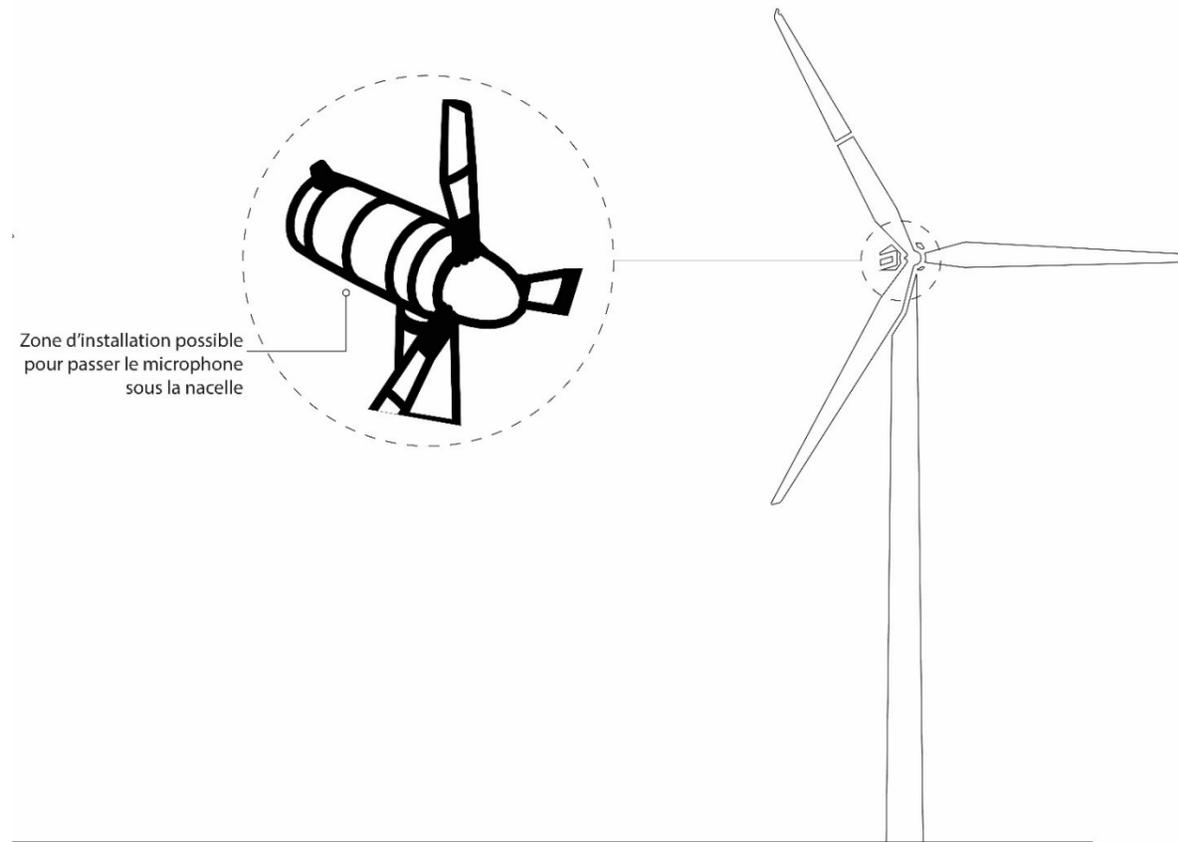


Figure 3 : Illustration du dispositif installé sur une éolienne. © Biotope.

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	8 KHz
Fréquence d'échantillonnage	256 KHz
Fréquence minimale	14 KHz
Fréquence maximale	120 KHz
Durée minimale de déclenchement	0.5 ms
Niveau du trigger	12 dB
Trigger maximale	5 sec.
Déclenchement avant le coucher du soleil	60 min.
Arrêt après le lever du soleil	60 min.

1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Les données analysées en détail concernent la période du 3 mai 2023 au 31 octobre 2023 soit 181 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	
Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones
Mai	29
Juin	30
Juillet	31
Aout	31
Septembre	30
Octobre	30
TOTAL	181

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.

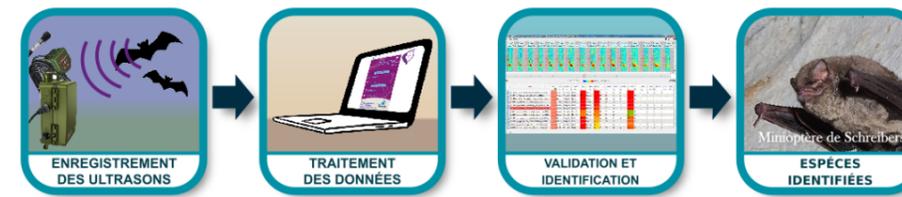


Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

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 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 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'incrémentaire correspondra à 1.

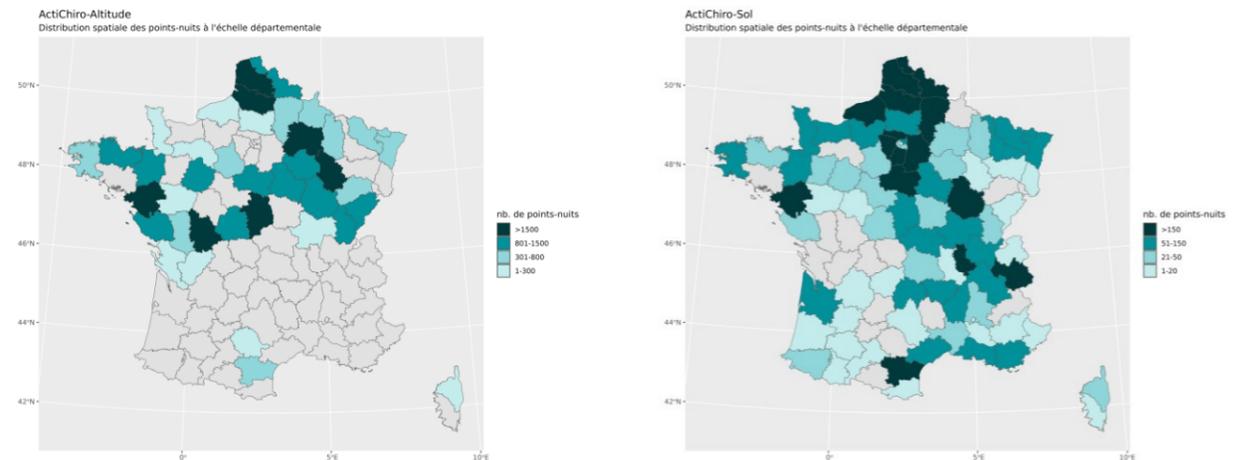
Les tests statistiques ont montré que les variations liées au matériel étaient moins fortes avec cette méthode. Le dénombrement des « minutes positives » évite des écarts de 1 à 10 en cas de forte activité. En cas de faible activité, les résultats de dénombrement de minutes positives ou de fichiers d'enregistrement 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 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**.

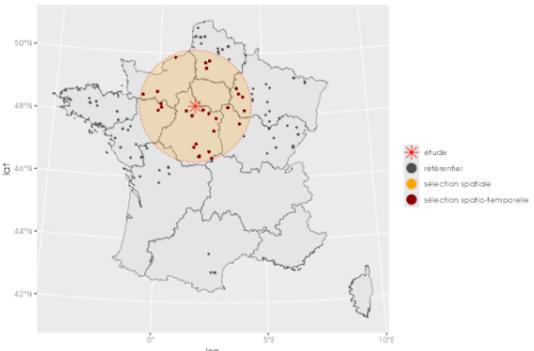
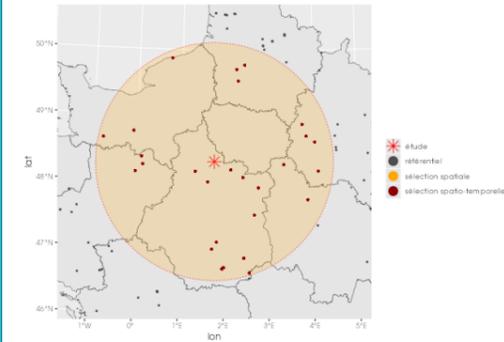


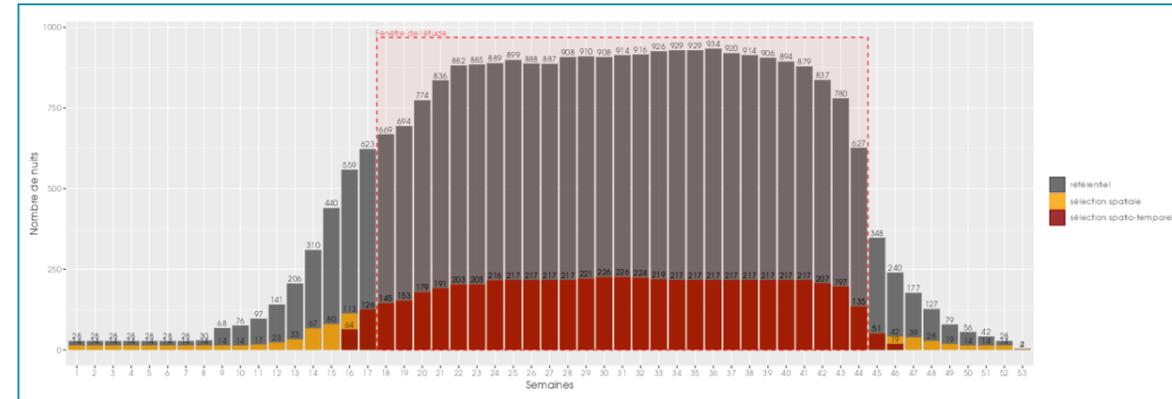
Répartition spatiale des points-nuits pour chaque référentiel.

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. **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	
Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 200 km autour de la nacelle installé sur l'aire d'étude immédiate
Sélection temporelle du référentiel	Ecart maximal à la période d'enregistrement (15j)
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude
	
Sélection temporelle du référentiel	



Estimation du niveau d'activité

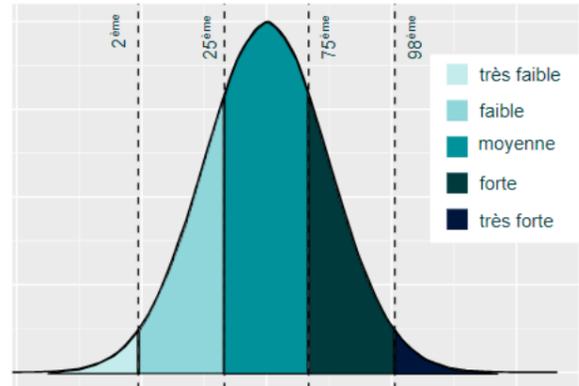
À partir des données collectées pour l'étude, Actichiro® calcule l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce. Elle somme donc les minutes positives et divise par le nombre de nuits. Cette valeur peut donc être supérieure à 60 puisqu'elle n'est pas calculée à l'échelle de l'heure mais à l'échelle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



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 de :

- 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 181 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.**

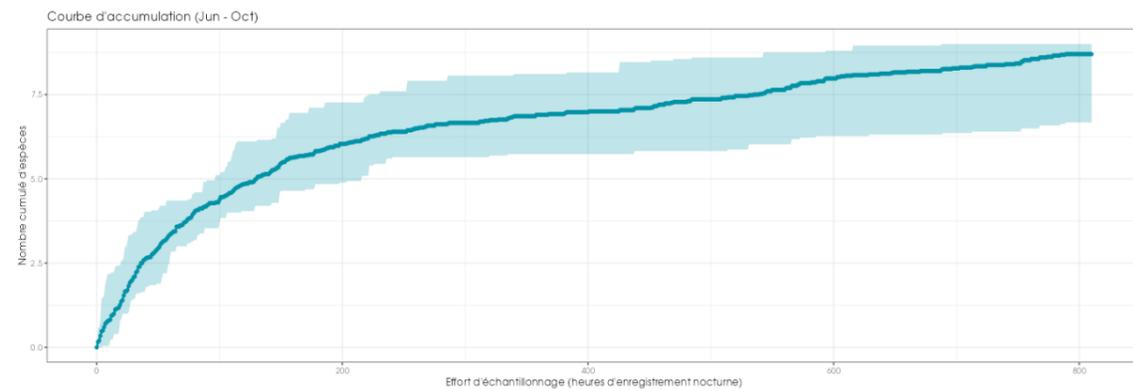


Figure 4 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude

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.

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 n°3.

- La vitesse du vent est mesurée à 90m de haut ;
- La température est enregistrée à 90m 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 181 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 Equipe de travail

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

Tableau 3 Equipe de travail

Domaine d'intervention	Responsable
Identification des espèces / Analyse et rédaction	Gabriel Bretheau – expert chiroptérologue 5 ans d'expérience en bureau d'études
Relecture qualité	Julien Mérot – Directeur d'études – 14 ans d'expérience en bureau d'études

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

Au cours de la période d'enregistrement (181 nuits exploitables entre le 3 mai 2023 et le 31 octobre 2023), 4840 contacts de 5 secondes ou 1380 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 36 espèces connues en France.

Au cours de cette étude menée sur nacelle de l'éolienne n°3, plusieurs espèces ont été identifiées comme présentes (7 espèces). Les espèces identifiées sont les suivantes : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl, la Sérotine commune, la Noctule de Leisler, la Noctule commune et l'Oreillard gris.

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 Centre-Val de Loire	Tendance nationale populations	Sensibilité générale à l'éolien
Espèces certifiées						
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	AIV	Quasi menacée	Préoccupation mineure	Déclin	Moyen
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art.2	AIV	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	Augmentation	Fort
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	AIV	Quasi menacée	Quasi menacée	Déclin	Très fort
<i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	AIV	Quasi menacée	Préoccupation mineure	Inconnue	Moyen
<i>Nyctalus leisleri</i>	Art.2	AIV	Quasi menacée	Quasi menacée	Déclin	Très fort
<i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	AIV	Vulnérable	Quasi menacée	Déclin	Très fort
<i>Plecotus austriacus</i>	Art.2	AIV	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	Inconnue	Faible

Légende :

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

Très fort
Fort
Moyen
Faible

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 (7 espèces certifiées) est jugée moyenne pour le département de l'Eure et Loir.

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 suivant synthétise l'activité en altitude des chiroptères enregistrés sur l'aire d'étude rapprochée, pendant les 181 nuits d'écoute réalisées entre le 3 mai 2023 et le 31 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 contextes locaux 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

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 total de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Nombre total de minutes positives	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Niveau d'activité
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	5	1,03%	3	1,15%	Faible
Sérotines / Noctules <i>Vespertilio sp., Nyctalus sp., Eptesicus sp.</i>	35	7,2%	27	10,34%	Très faible
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	114	23,46%	78	29,89%	Très faible
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	124	25,51%	61	23,37%	Très faible
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	8	1,65%	4	1,53%	Très faible
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	28	5,76%	24	9,2%	Faible
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	16	3,29%	6	2,3%	Très faible
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	149	30,66%	56	21,46%	Très faible
Oreillard gris <i>Plecotus austriacus</i>	7	1,44%	2	0,77%	Très forte
Nombre total	486	100%	261	100%	/

Légende :

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

Très fort
Fort
Moyen
Faible
Très faible

L'analyse réalisée montre que :

- La Noctule de Leisler domine le peuplement chiroptérologique avec 23 à 30% 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 **très faible**.
 - La Pipistrelle commune est assez peu contactée comparativement à d'autres suivi en nacelle avec 21 à 31% 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 commune représente entre 23 et 26% de l'activité totale. Son activité est jugée **très faible**. Cette espèce est classiquement très fortement représentée en altitude.
 - La Pipistrelle de Nathusius représente 6 à 9% des contacts obtenus. Cette espèce, classiquement contactée en altitude et grande migratrice, présente une activité jugée **faible**.
 - La Pipistrelle de Kuhl représente entre 2% et 3% de l'activité totale. Son activité est jugée **très faible**. Cette espèce présente également une propension à voler en altitude non négligeable.
 - La Sérotine commune représente 1% de l'activité globale. Son activité est jugée **faible**.
- L'Oreillard gris représente 1 % de l'activité globale. Cette espèce est assez rarement contactée à ces hauteurs. Son activité est jugée **très forte**.

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.**

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.

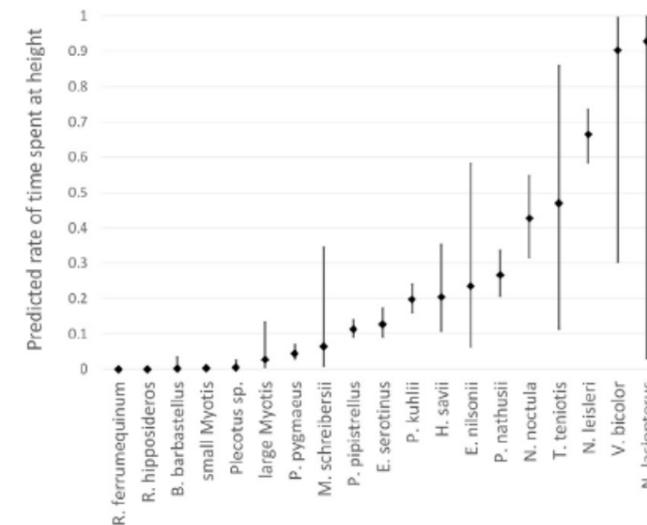


Figure 5 Proportion de temps passé en altitude (>20m de haut) pour chaque espèce et les prédictions (incertitudes) liées aux valeurs reportées. Roemer et al. 2017.

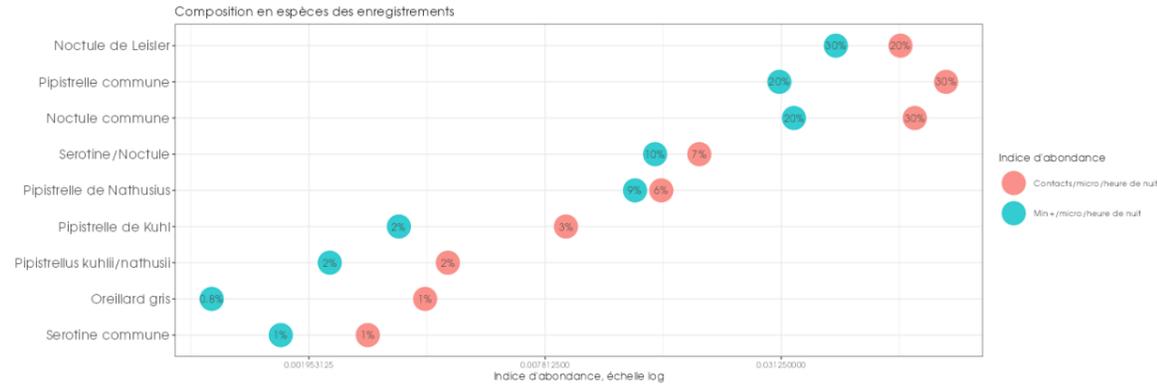


Figure 6 Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur la nacelle (1 micro – n= 486 contacts de 5 sec. Et 261 min. pos.)

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 moyenne par heure. 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.

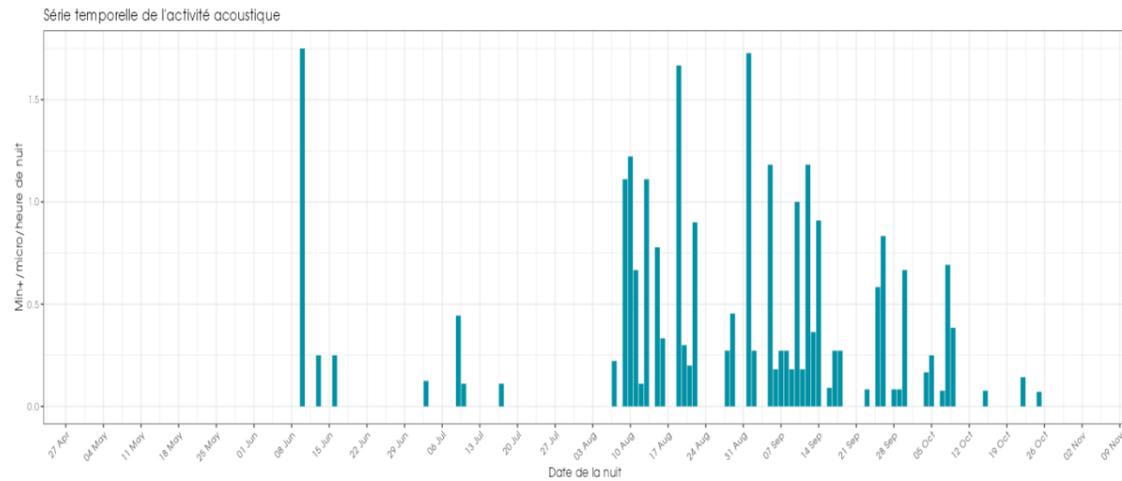


Figure 7 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données (2023).

2.3.2 Activité mensuelle

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 (mai à mi-juin) a connu une activité moyenne.
- En période estivale (mise-bas et estivage : mi-juin à mi-août) cette activité diminue significativement avec une augmentation de l'activité en fin de période d'estivage.
- La période automnale (mi-août à fin-octobre), voit une augmentation 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 classiquement plus marquée en fin période estivale / automnale.

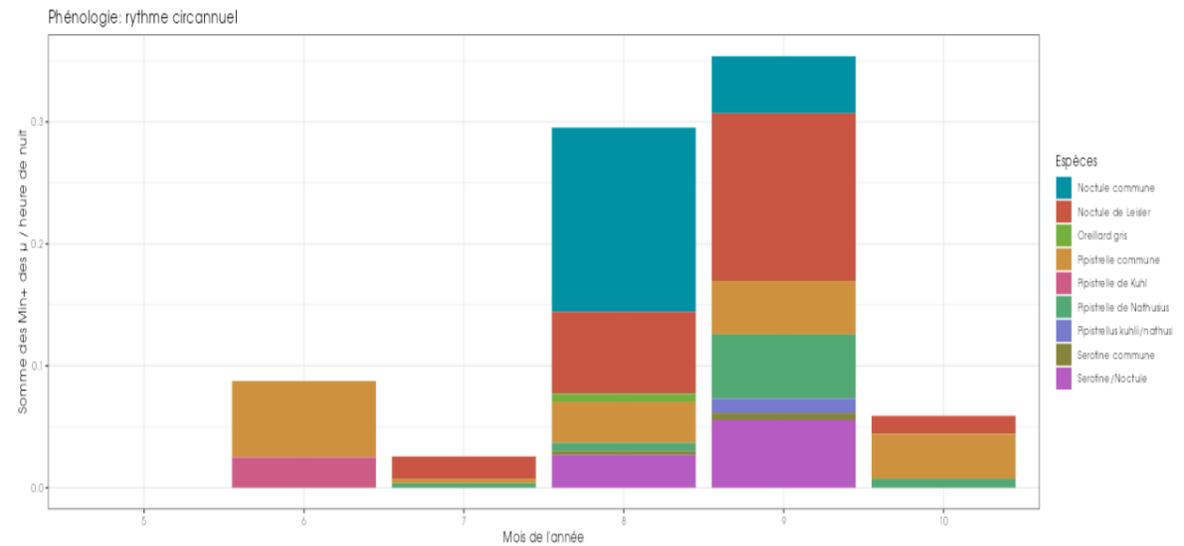


Figure 8 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant les différents mois de mai à octobre.

Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

- Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

Pour rappel, la **Pipistrelle commune** représente **21 à 31% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**.

Elle montre un schéma d'activité différente de la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec un pic d'activité observé en juin puis une activité plus homogène entre août et octobre.

L'activité est plus forte en fin de période de transit printanier.

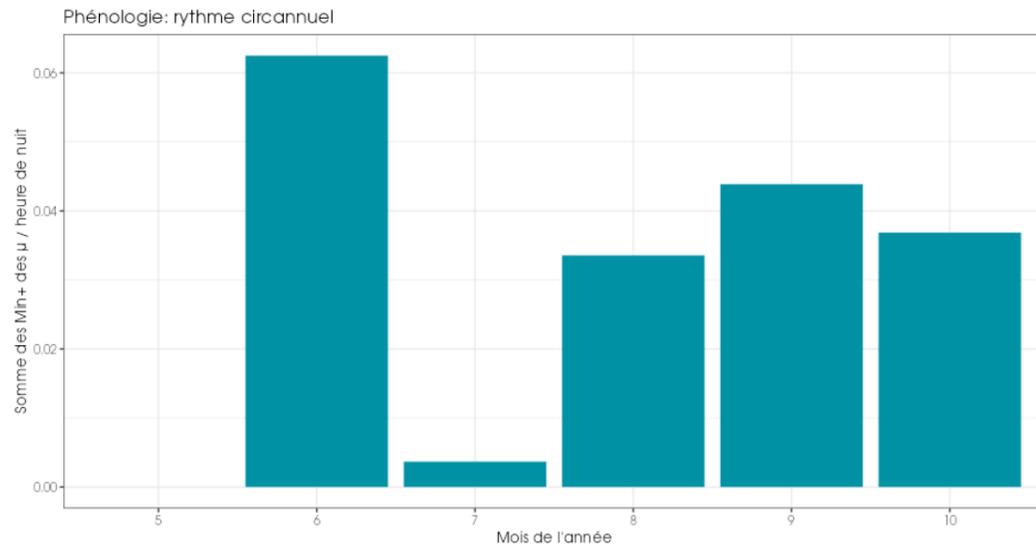


Figure 9 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour la Pipistrelle commune, durant les différents mois de mai à octobre.

Paire Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius

- Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)

Pour rappel, la **Pipistrelle de Nathusius** représente entre **6 et 9% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**.

La Pipistrelle de Nathusius a été contactée de façon certifiée entre juillet et octobre. L'activité est hétérogène sur les mois de présence de l'espèce. Avec un pic d'activité au mois de septembre peut être dû à un phénomène migratoire.

- Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)

Pour rappel, la **Pipistrelle de Kuhl** représente entre **2 et 3 % (en fonction du mode de calcul) du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**.

L'activité constatée sur la période de collecte de données est concentrée sur le mois de juin en fin de période printanière et début de la période de mise-bas/estivage.

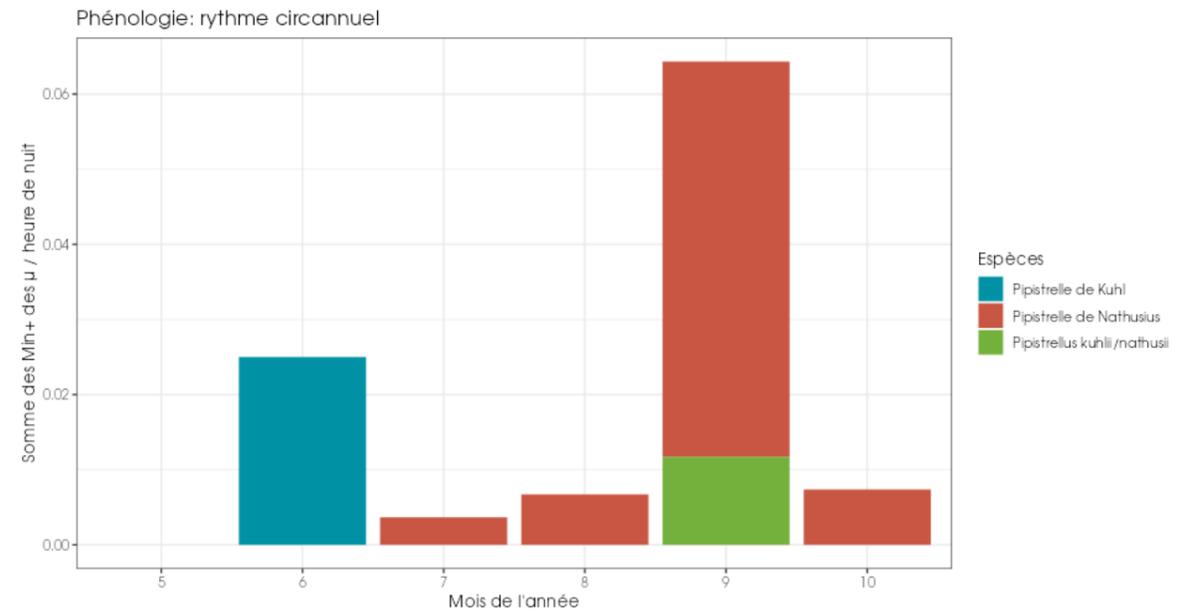


Figure 10 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour la paire Pipistrelle de Kuhl et de Nathusius, durant les différents mois de mai à octobre.

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

- Sérotine / Noctules

Pour rappel, le groupe des Sérotine /Noctules représente 7 et 10% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

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, la Noctule de Leisler et la Noctule commune).

L'activité est concentrée entre aout et septembre.

- Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)

Pour rappel, la Sérotine commune représente environ 1% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Cette espèce a été contactée entre aout et septembre.

- Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)

Pour rappel, la Noctule de Leisler représente entre 23 et 30% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et domine le peuplement chiroptérologique.

Cette espèce de haut vol est présente entre juillet et octobre. On note un pic d'activité au mois de septembre correspondant à la période de transit automnale pour l'espèce.

- Noctule commune (*Nyctalus nyctalus*)

Pour rappel, la Noctule commune représente entre 23 et 26% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce de haut vol présente un niveau d'activité très faible sur le parc éolien. On note une activité sur les mois d'aout et septembre. Cette période comprend la phase de migration chez cette espèce.

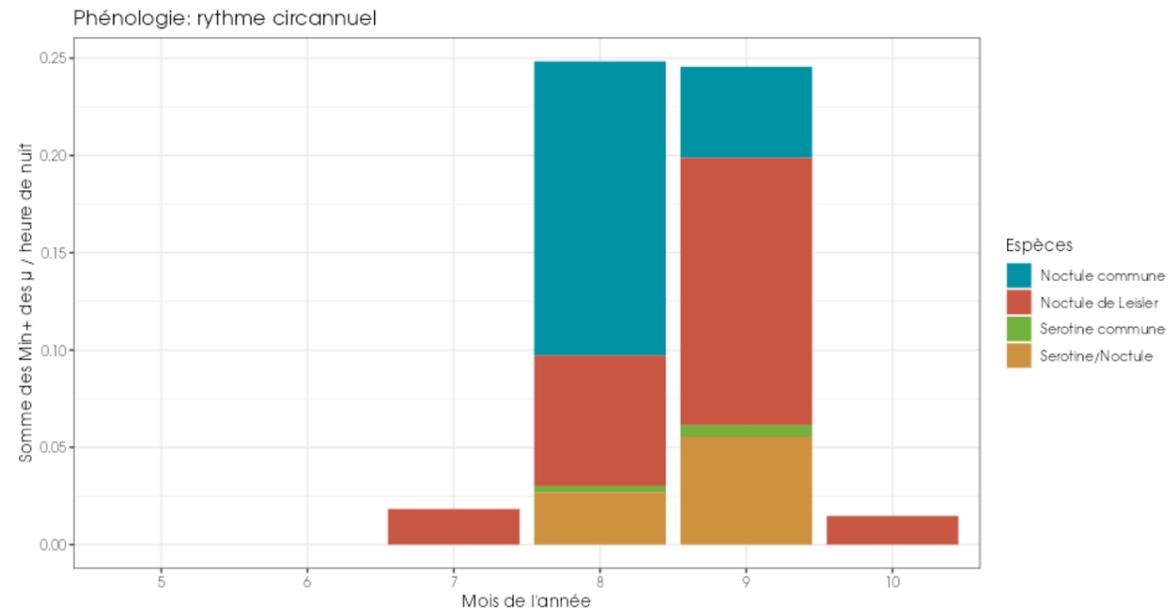


Figure 11 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, pour les espèces du groupe des sérotules, durant les différents mois de mai à octobre.

Bilan de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur

L'activité générale est hétérogène dans le temps, avec un pic lors des enregistrements d'août à septembre.

Les pics d'activités automnaux peuvent être la résultante d'une activité migratoire pour le Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Nathusius.

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

2.4 Analyse de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle 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 **261 minutes positives exploitables sur les différentes périodes d'enregistrement.**

2.4.1 Activité horaire des chiroptères au niveau de la nacelle

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 la première moitié de la nuit.

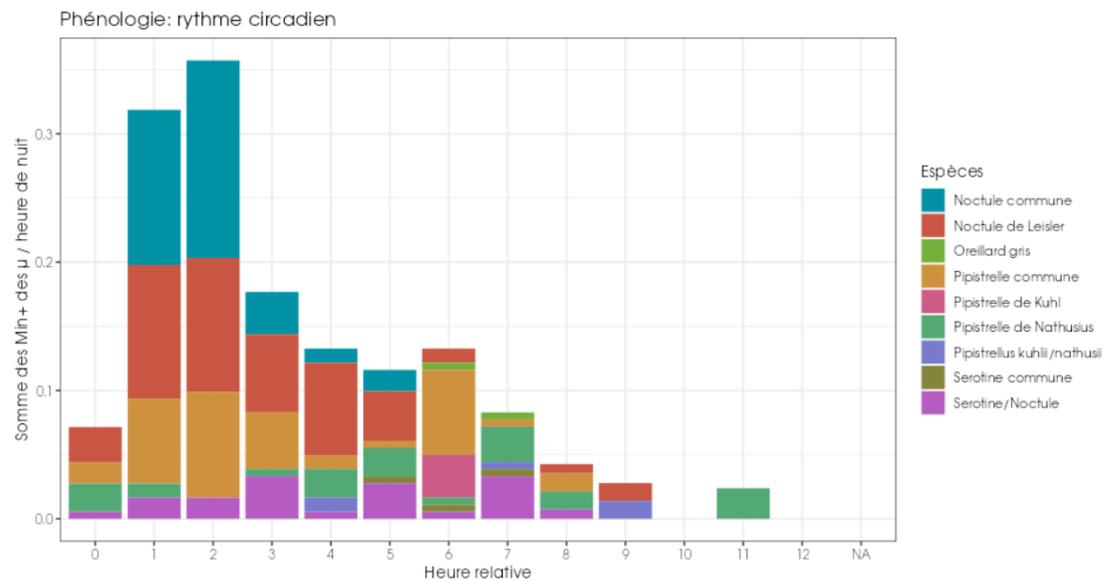


Figure 12 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mai à octobre.

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), les pics d'activité sont observés généralement en début de nuit. Mais ponctuellement, on observe des pics d'activité en milieu ou fin 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.

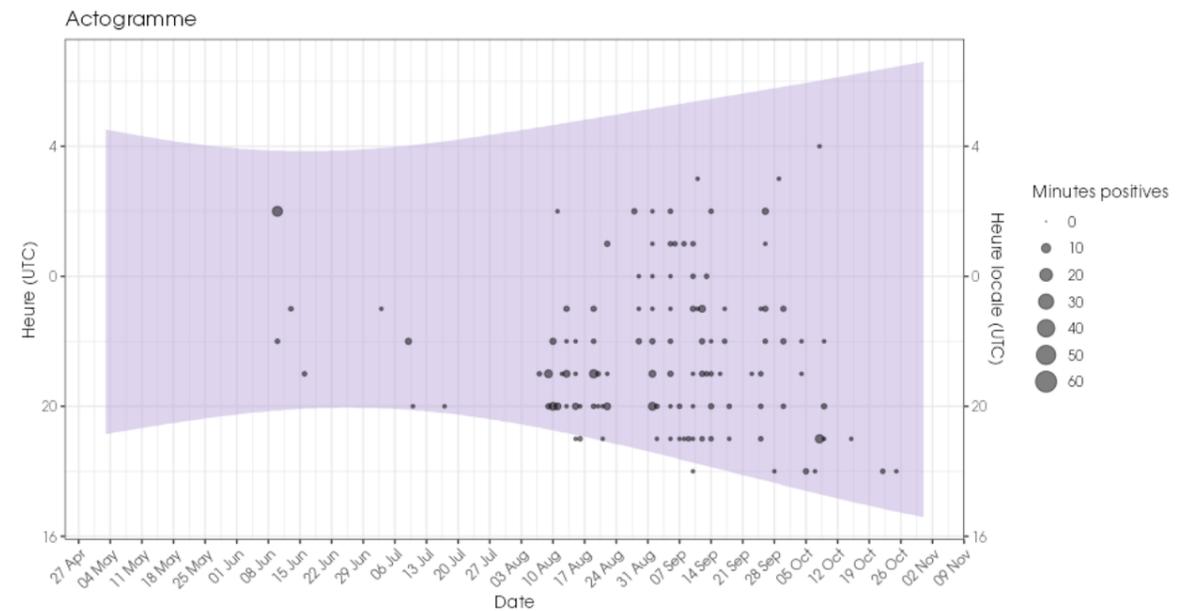


Figure 13 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mai et octobre.

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 +	4,91 %	26,82 %	51,37 %	63,14 %	72,26 %	80,23 %	88,21 %	93,53 %	96,45 %	98,36 %	98,36 %	100 %

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 6h30 heures qui suivent le coucher du soleil.
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 4h30 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

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 90m

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 20,4 m/s.

L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 1 et 13 m/s. Entre 0 et 1 m/s et au-delà de 13 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 Bois des Fontaines, obtenue au niveau de la nacelle (90 m) et durant les 181 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).

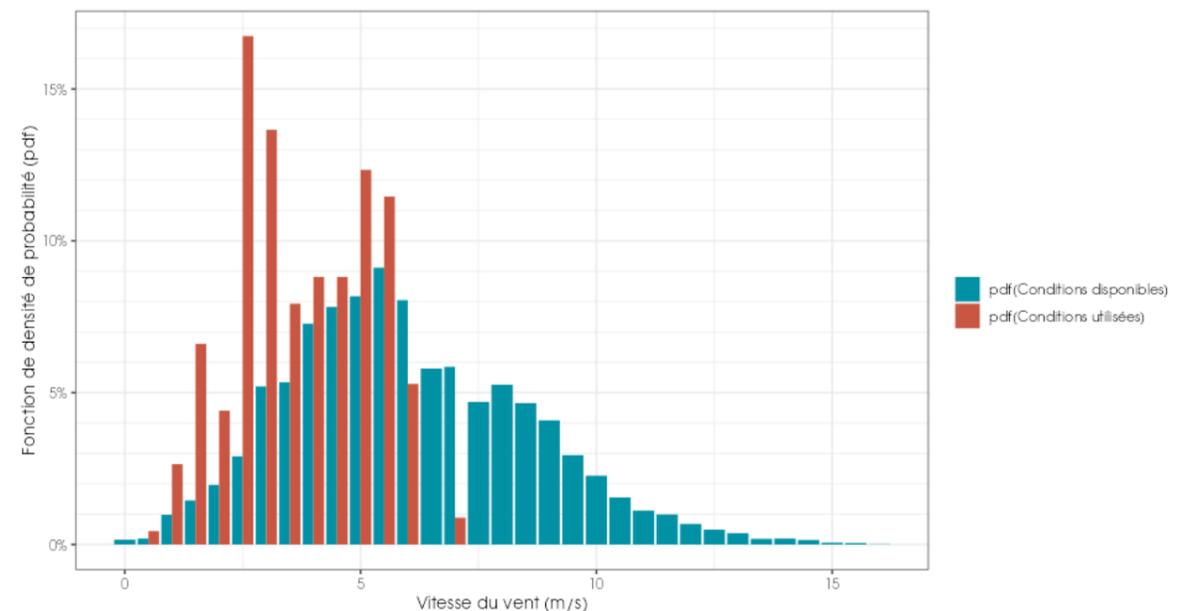


Figure 14 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).

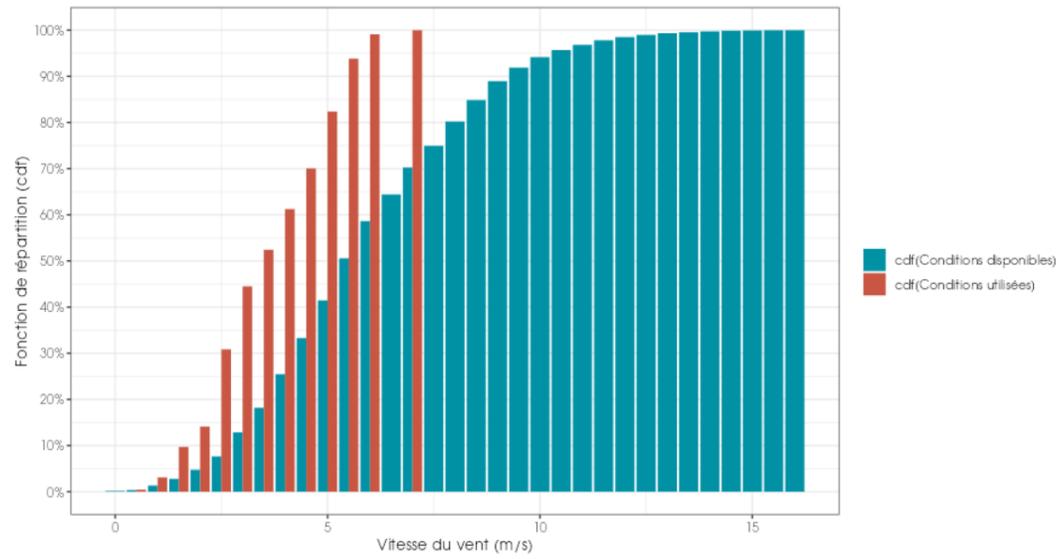


Figure 15 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s)

Toutes espèces confondues, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 6 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 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%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	3,4 m/s	5 m/s	5,4 m/s	5,6 m/s	5,9 m/s	6 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 a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,6 m/s
- 75% de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 5 m/s
- 50% de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 3,4 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 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 de températures allant de -1 à 35,5 °C.

L'échantillonnage est globalement important pour les températures comprises entre 9 et 27°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 Bois des Fontaines, obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (90 m) et durant 181 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).

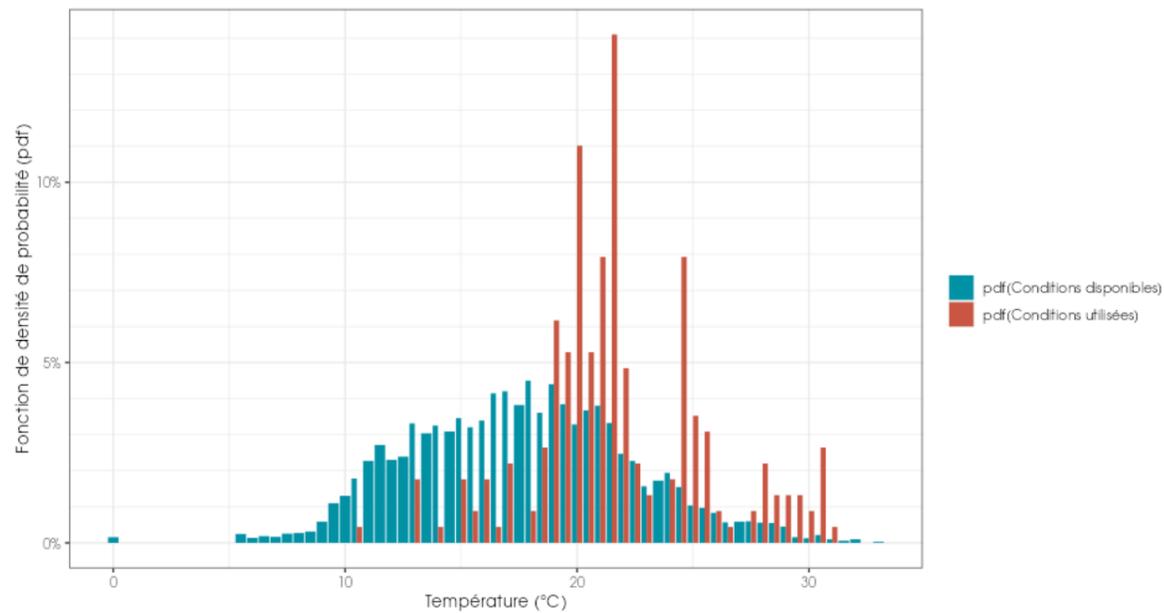


Figure 16 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C)

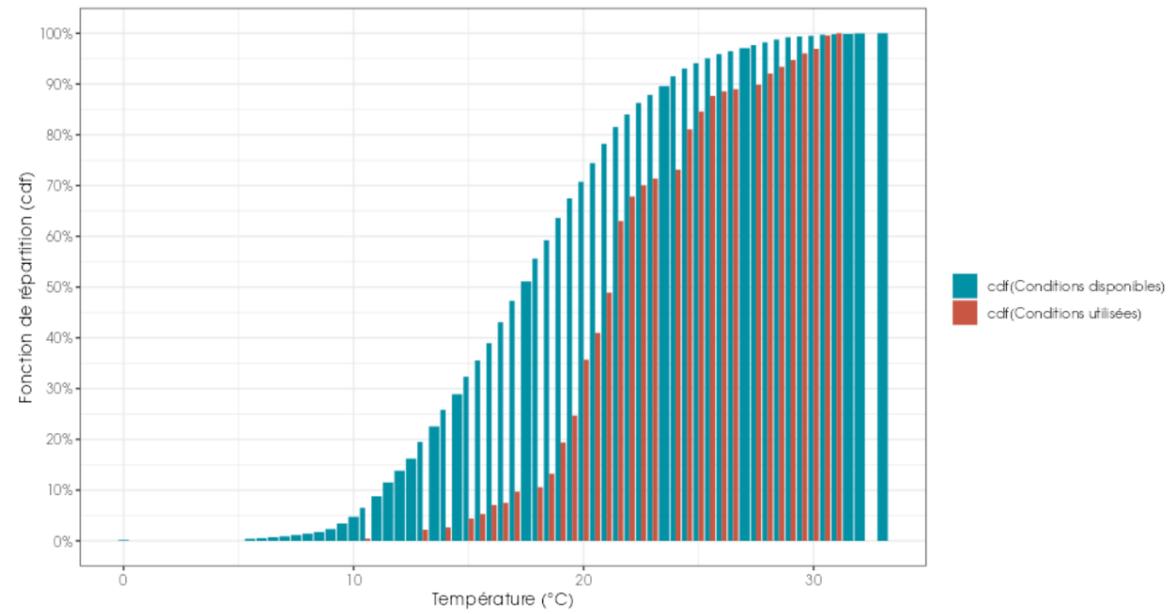


Figure 17: Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C)

Les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 13°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 8 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol

Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol						
	Température (en °C à 83,5m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	21,3°C	19,7°C	19°C	17°C	15,5°C	12,9°C

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 90m) permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 17°C
- 75% de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 19,7°C
- 50% de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 21,3°C

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 181 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 n°3 du parc éolien de Bois de Fontaines (Eure-et-Loir).

Les enregistrements ont permis l'identification de 7 **espèces avérées**. Il s'agit d'une diversité modérée pour le département de l'Eure et Loir, 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 un rayon de 200 km autour du site.

Les expertises réalisées ont montré que :

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

- L'Oreillard gris est logiquement très peu contacté.

- Les activités sont globalement faibles pour l'ensemble des espèces.

La phénologie annuelle montre une activité relativement hétérogène au cours du temps, avec un pic d'activité sur les enregistrements compris entre août et septembre et un pic secondaire en juin. Le site semble un peu moins occupé en période de transition printanière.

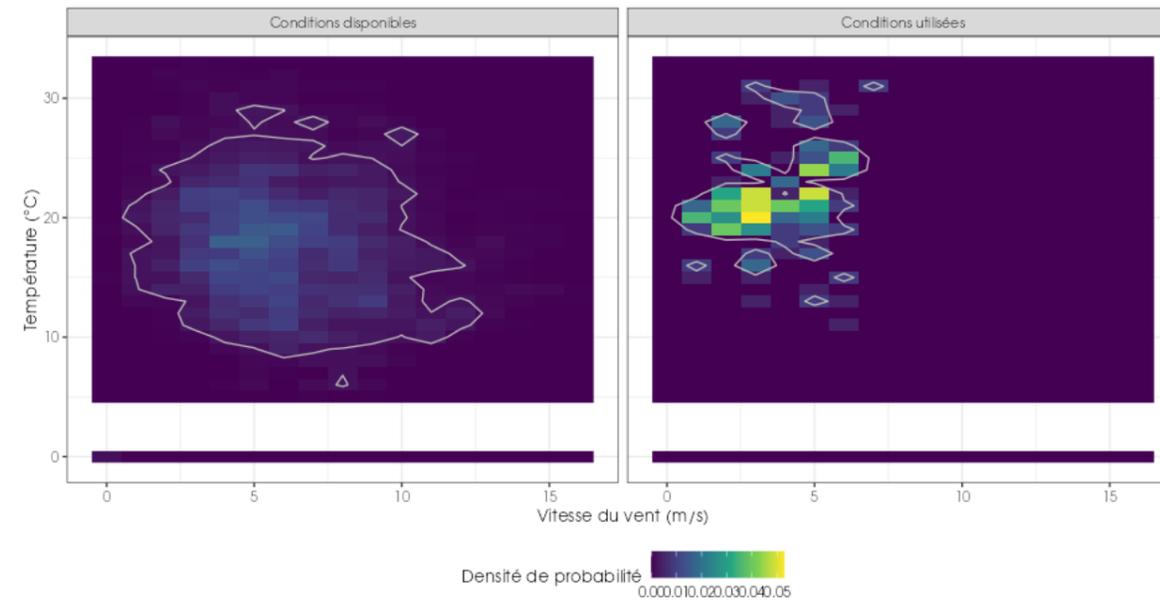


Figure 18: Météo enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météo utilisées par les chauves-souris à droite (l'enveloppe délimite 90 % la proportion de point demandée)

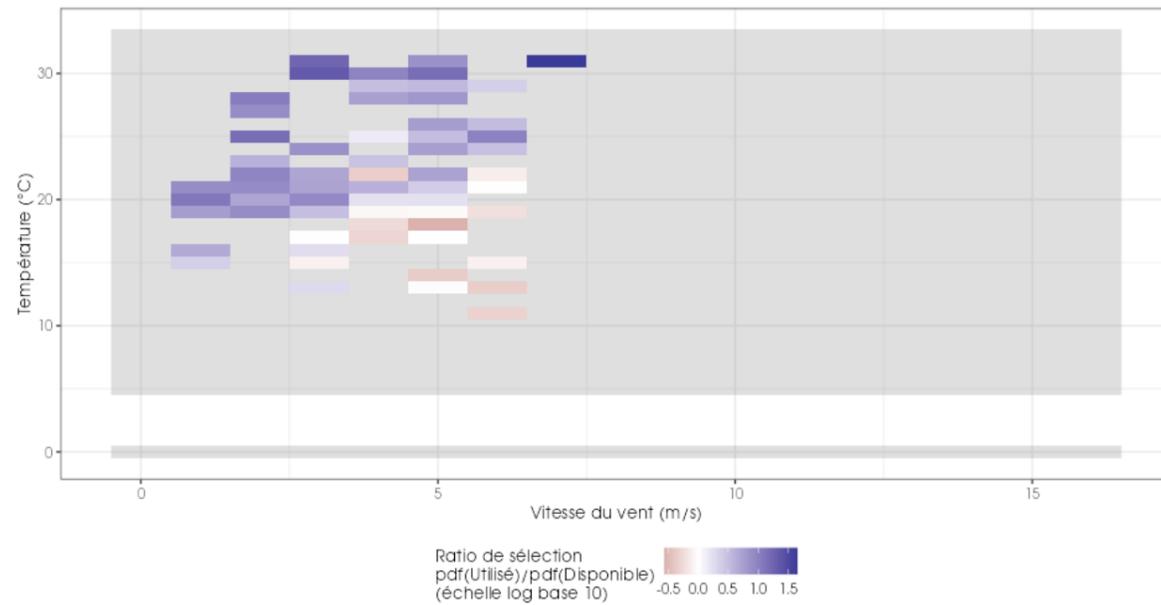


Figure 19: Bilan sur les conditions météo sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : température et vitesse du vent)

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le site de Bois des Fontaines 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 12°C à 31°C et de vitesse de vent comprises entre 1 et 6 m/s.

On note que pour des conditions météorologiques rares (températures supérieures à 30°C), les chances d'utilisation du site par les chauves-souris et ce malgré des vitesses de vent plus fortes sont élevées.

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 premières et environ 4h30 de la nuit ;

- 90% des contacts de chauves-souris ont été obtenus entre le coucher du soleil et environ 6h30 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 7 m/s ;

- Moins de 1% des contacts a été enregistré au-dessus de 6 m/s ;

- 90% de l'activité au-dessus de la médiane a été enregistré à des vitesses de vent inférieures 5,6 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 comprises entre 10,6°C et 30,8°C ;

- Moins de 1% des contacts a été enregistré en dessous de 12,9°C ;

- 90% de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 17°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 5,6m/s associé à des températures de plus de 17°C

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

3.1 Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Les résultats des analyses prenant en compte l'activité des chauves-souris et les conditions météorologiques (vent et températures) montrent que le bridage mis en place en 2023 couvre 94,12% de l'activité des Noctules communes. Il n'est par conséquent pas nécessaire de modifier ce plan de bridage.

30 contacts de chiroptères ont été retirés des analyses, car aucune corrélation météorologique n'était possible dû à l'absence de données.

Tableau 9: Scénario de bridage en place sur le site de Bois des Fontaines en 2023

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	84,46%
Nombre de minute positive restant à risque	36 minutes sur 231 toutes espèces confondues
Proportion d'activité du groupe des Noctules /Sérotines (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	95%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des Noctules /Sérotines	1 minutes sur 24 minutes de présence des noctules sp.
Proportion d'activité de Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	94,12%
Nombre de minute positive restant à risque pour les noctules commune	3 minutes sur 51 minutes de présence des Noctules communes
Proportion d'activité des Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	73,03%
Nombre de minute positive restant à risque pour les Pipistrelles	24 minutes sur les 89 minutes de présences des Pipistrelles

4 Bibliographie

- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021 - Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 592 p.
- BARATAUD, M. 2020. Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Museum d'Histoire Naturelle, Paris (coll. Inventaires et Biodiversité), 4ème éd. 344 p.
- BENSETTITI F. & GAUDILLAT V. (coord.), 2002 - « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 7 - Espèces animales. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 353 p.
- DIETZ C. & KIEFER A., 2015 – Chauves-souris d'Europe. Connaître, identifier, protéger. Delachaux et Niestlé. 399 p.
- DIETZ C., VON HELVERSEN O. & NILL D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé. 400p.
- HAQUART A., 2013 - Référentiel d'activité des chiroptères, éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française : Biotope, École Pratique des Hautes Études, 99 p.
- HAQUART A., 2015. — ACTICHIRO, un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustique en France. Symbiose (34-35): 1-9.
- MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFEK B., REIJNDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRALÍK V. & ZIMA J., 1999 - The atlas of European mammals, Societas Europaea Mammalogica, Poyser National History, 484 p.
- ROUE S. & BARATAUD M., 1999 - Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. Le Rhinolophe, vol. spéc. N° 2.
- ROUE S., BARATAUD M. & GOURVENNEC A., 1999 – Plan de restauration des chiroptères. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères. 34 p.
- RUSS J., 1999. — The Bats of Britain & Ireland, Echolocation Calls, Sound Analysis and Species Identification. Alana books, 103 p.
- SCHÖBER W. & GRIMMBERGER E., 1991 - Guide des chauves-souris d'Europe - Biologie - Identification - Protection - Edition Delachaux & Niestlé, Lausanne – Paris. 225 p.
- TAPIERO A., 2017 - Plan national d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025. FCEN. 83 p.
- TEMPLE H.J. & TERRY, A. (coord.), 2007 - The Status and Distribution of European Mammals. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. viii + 48 p.
- UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES & OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, 2017 - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France, 15 p.
- UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES & OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, 2018 - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Rapport d'évaluation. Paris, France, 234 p. + annexes

Sites Internet :

- SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfepm.org>
- Vigie-Chiro : Suivis du Muséum des populations de chiroptères : <https://www.vigienature.fr/fr/chauves-souris>
- Obs'28 : <https://obs28.org/>



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