



 **biotope**

BORALEX

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

Suivi de l'activité des chiroptères à
hauteur de nacelle

BORALEX

Activité des chiroptères en nacelle en 2022

Février 2023

Citation recommandée	Biotope, 2022, Suivi de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle,.Boralex.	
Version/Indice	V1	
Date	09/02/2023	
Nom de fichier	Bazougeais_SuiviAcc_Nacelle_Biotope_2022	
Maître d'ouvrage	BORALEX	
Interlocuteur	Vézians Dupont	Contact : Vézians Dupont Project Officer - Biodiversity T. +33 6 31 22 45 86
Biotope, Responsable du projet	Julien MEROT	Contact : jmerot@biotope.fr Tél : 06 28 61 50 04
Biotope, Responsable de qualité	Béatrice Bouché	Contact : Mail : bbouche@biotope.fr Téléphone : 02 49 62 20 53

Introduction

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

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

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

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

Sommaire

1 MATERIEL ET METHODES	5
1.1 Localisation du site d'étude	5
1.2 Matériel de collecte de données	7
1.3 Identification acoustique	8
1.4 Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur	8
1.5 Limites méthodologiques	8
1.6 Acquisition des données météorologiques	9
1.7 Croisement des données	9
1.8 Equipe de travail	10
2 ANALYSES DETAILLEES DE L'ACTIVITE DES ESPECES DE CHIROPTERES CONTACTEES EN HAUTEUR	11
2.1 Espèces contactées	11
2.2 Abondance relative	11
2.3 Comparaison des résultats avec les résultats existants	13
2.4 Analyse détaillée de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur	14
2.5 Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction de l'heure	16
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 201921	
4 Bibliographie	23

Liste des tableaux

Tableau 1 Paramètres d'enregistrement du SM3BAT	7
Tableau 2 Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période	7
Tableau 3 Equipe de travail	10
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.	11
Tableau 5 Nombre de contacts/minutes positives obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces et part de ces contacts notés en altitude	11
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, 2017.13	
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	18
Tableau 9 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures	19

Liste des illustrations

Figure 1 Illustrations de l'environnement autour du dispositif d'écoute en altitude de l'éolienne n°3 sur la commune de Bazouges-la-Pérouse et du positionnement micro en nacelle	5
Figure 2 Illustrations d'un SM3BAT et 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	8
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
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.	12
Figure 7 Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur la nacelle n°3 (n= 475 contacts de 5 sec. Et 244 min. pos.)	12
Figure 8 : Activité journalière, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données.	14
Figure 9 : Nombre de minutes positives mensuelles, toutes espèces confondues, rapporté au nombre d'heure de nuit.	14
Figure 10 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.	14
Figure 10 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les pipistrelles de <i>Nathusius</i> et de <i>Kuhl</i> , rapporté au nombre d'heure de nuit.	15
Figure 10 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les sérotules, rapporté au nombre d'heure de nuit.	15
Figure 12 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mars à mai	16
Figure 12 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à août.	16
Figure 13 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de septembre à décembre.	16
Figure 13 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues de février à décembre.	16
Figure 14 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et novembre.	17
Figure 15 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).	18
Figure 16 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s)	18
Figure 17 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°c)	19

Figure 18 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c)

19

Figure 17 : Densité des observations de chauves-souris par classe de la pluie

20

Figure 18 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la pluie

20

Figure 19 : Histogramme bidimensionnel représentant les fonctions de densité conjointe de la température nocturne et de la vitesse de vent nocturne, pour les conditions disponibles (à gauche) et utilisées (à droite). Les lignes blanches démarquent les régions à l'intérieur desquelles 90% des observations se concentrent (noyaux de densité),

21

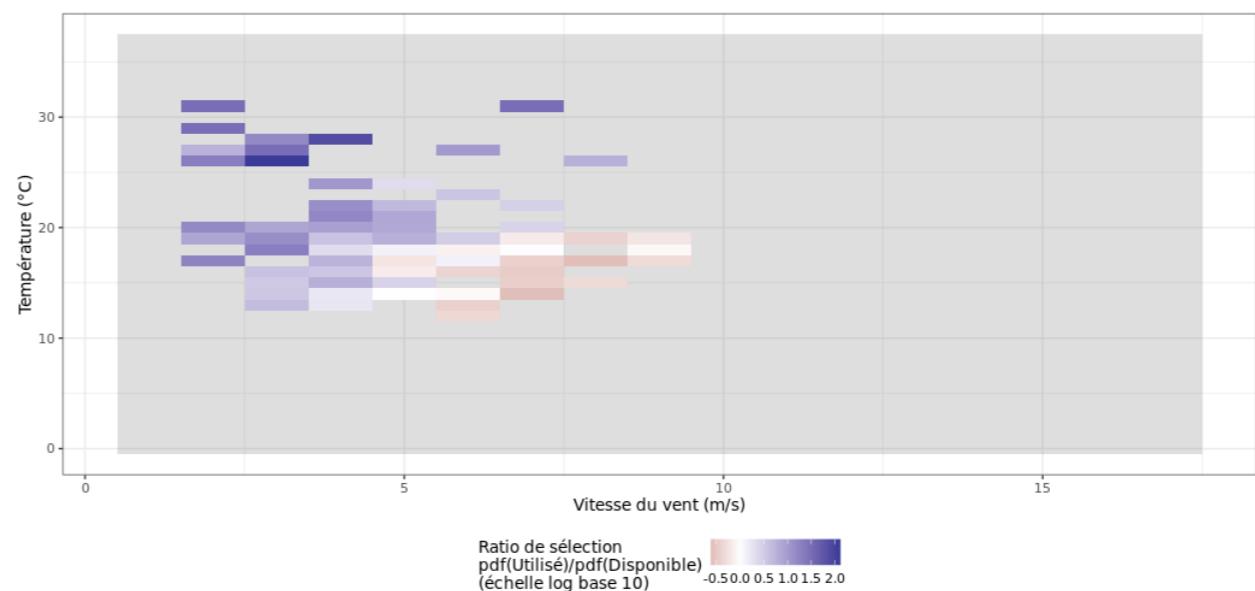


Figure 20 : Affinité bidimensionnelle pour la température nocturne et la vitesse de vent nocturne. L'échelle de couleur est graduée de façon logarithmique (base 10) : $\log_{10}(0.1) = -1$ donc une valeur de -1 indique donc une sélection des conditions associées 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, $\log_{10}(1) = 0$ donc 0 indique l'absence de préférence, et $\log_{10}(10) = 1$ donc 1 indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

22

1 MATERIEL ET METHODES

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

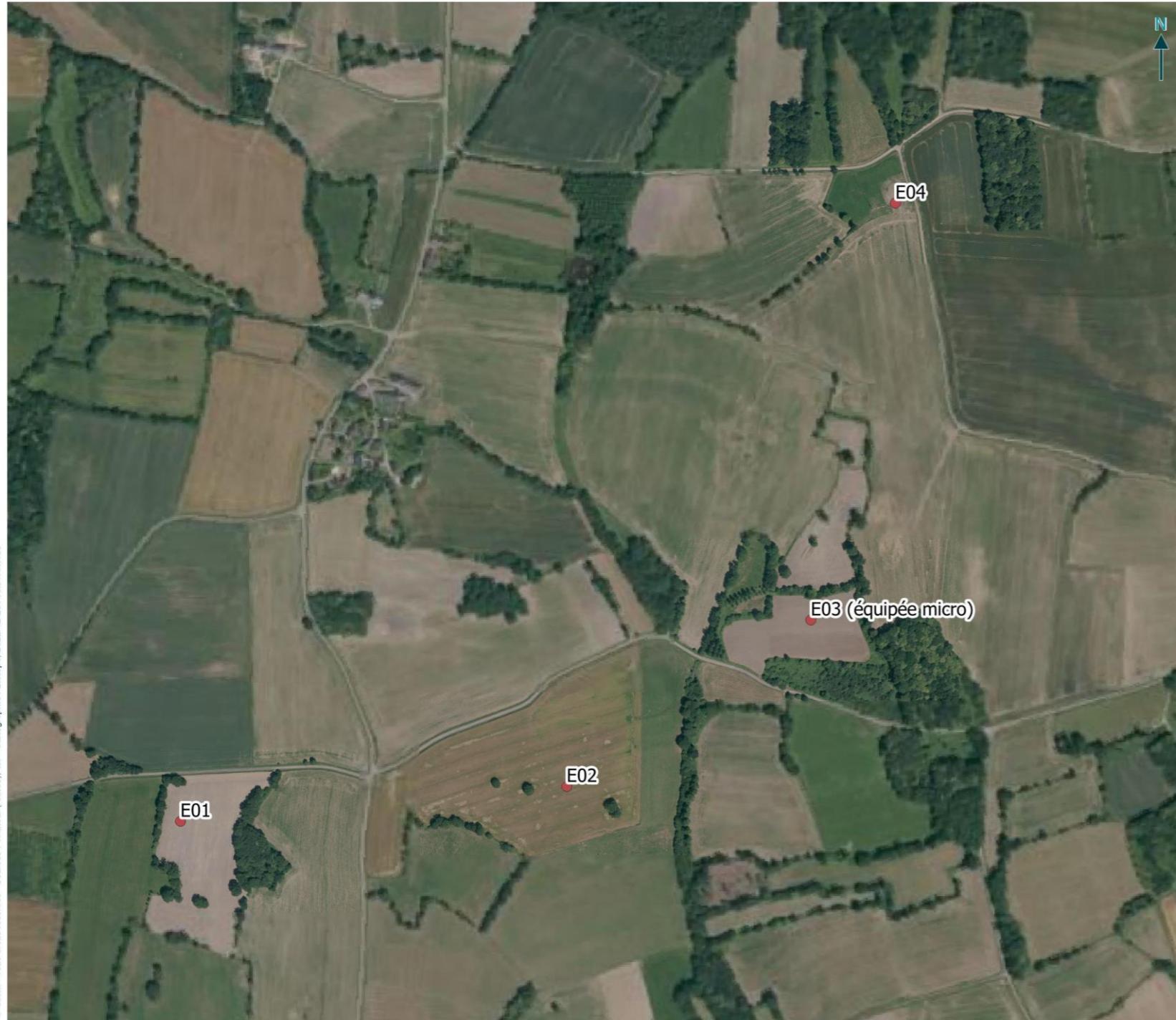
1.1 Localisation du site d'étude

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

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



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



BORALEX

Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle

Suivi de l'activité des
chiroptères en altitude sur le
parc éolien de Fréigné

Légende

- Identifiant des turbines


biotope

0 100 200 m

Carte 1 Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle

Activité des chiroptères en
nacelle en 2022
BORALEX
Février 2023

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 105 m de hauteur



Figure 2 Illustrations d'un SM3BAT et du microphone

1.2.1 Paramétrage du SM3BAT

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

Tableau 1 Paramètres d'enregistrement du SM3BAT

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

1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Les données analysées en détail concernent la période du 14 mars 2022 au 30 novembre 2022 soit 247 nuits d'enregistrement exploitables.

Ces données permettent de réaliser tous les traitements acoustiques.

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

Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones
Mars	18
Avril	22
Mai	24
Juin	30
Juillet	31
Aout	31
Septembre	30
Octobre	31
Novembre	30
TOTAL	247

1.3 Identification acoustique

Les sons enregistrés sont horodatés et identifiés grâce au programme SonoChiro® développé par Biotope en partenariat avec le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (Yves Bas 2011). Cet outil permet un traitement automatique et rapide d'importants volumes d'enregistrements. SonoChiro ® utilise un algorithme permettant un tri et une identification automatique des contacts réalisés sur la base des critères suivants : 1 contact = 5 secondes de séquence d'une espèce.

Les identifications sont ensuite contrôlées visuellement sous le logiciel Batsound Pro (Petersson). Ce logiciel permet l'affichage des sonagrammes (= représentation graphique des ultra-sons émis par les chiroptères) qui sont attribués à l'espèce ou au groupe d'espèces selon la méthode d'identification acoustique de Michel BARATAUD (1996, 2002, 2007 et 2012) et du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris dans le cadre du Programme de suivi temporel des chauves-souris communes. Les contacts sont ensuite dénombrés de façon spécifique sur des nuits entières, ce qui permet d'avoir des données quantitatives beaucoup plus importantes qu'avec des détecteurs d'ultrasons classiques, et d'établir des phénologies d'activité (évolution du nombre de contacts par heure au cours d'une nuit).



Figure 3 Interface du logiciel SonoChiro

1.4 Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur

Le référentiel Actichiro® a été développé par Biotope, sur la base de l'ensemble des données acquises lors des inventaires réalisés par l'ensemble de nos experts. Il s'appuie sur plus de 6000 nuits d'écoute sur toute la France et la Belgique et permet d'objectiver les niveaux d'activité observés, allant de « faible » à « très fort ».

Ce référentiel est basé à 98% sur des points d'écoute réalisés au sol, il n'est donc pas adapté (pas assez exhaustif) pour apprécier objectivement l'activité en altitude.

Nous avons alors développé un référentiel similaire pour l'activité en altitude sur la base des données existantes que nous avons pu accumuler au cours de nos différentes prestations. Il s'agit du référentiel « Actichiro-altitude » (Haquart, 2017). Celui-ci est basé sur une vingtaine de sites équipés de micros en altitude, localisés depuis la Wallonie jusqu'en Méditerranée. Ce référentiel a vocation à être mis à jour chaque année afin de s'étoffer.

Néanmoins la variabilité des hauteurs de micros entre les sites implique de niveler plus ou moins la **qualification du niveau d'activité** via une approche dite « d'experts »

Les activités seront qualifiées de faibles, modérées ou élevées plutôt que faibles, moyennes ou fortes pour ne pas faire un lien trop réducteur avec les niveaux d'enjeux.

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 247 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 2022 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

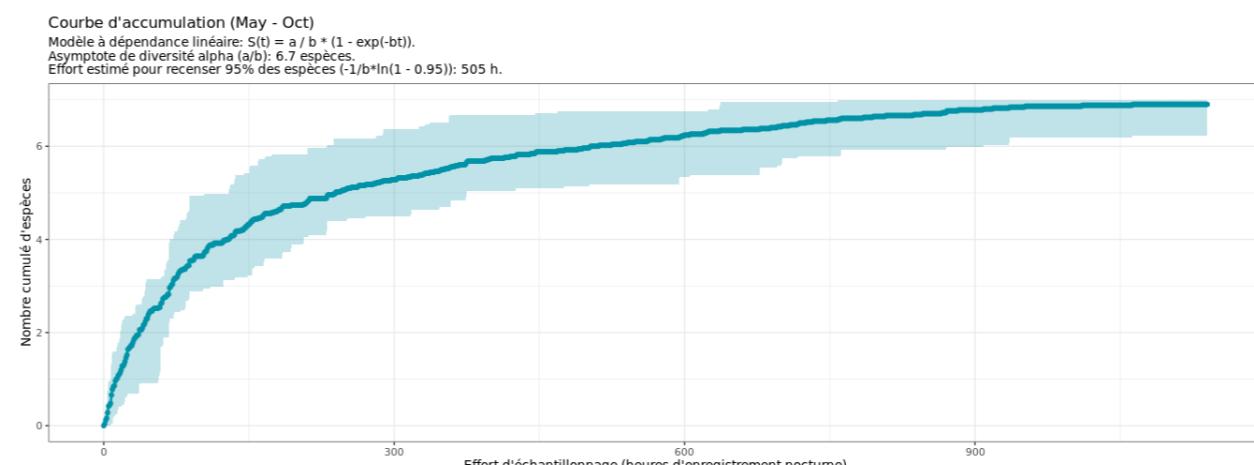


Figure 4 Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur l'étude

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 (les mois incomplets sont extraits de cette analyse).

1.6 Acquisition des données météorologiques

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

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

La période analysée correspond à la période durant laquelle un suivi de l'activité des chiroptères a été réalisée en altitude soit, dans le cas présent, un total de 247 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 est mesurée à ~105m de haut ;
- La température est enregistrée à ~105m de haut ;
- L'intensité de la pluie à ~105m de haut ;
- Et l'heure relative du contact (temps écoulé après l'heure du coucher du soleil, celui-ci variant au cours des mois).

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

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

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

Au cours de la période d'enregistrement (247 nuits exploitables entre le 14 mars et le 30 novembre 2022), 475 contacts de 5 secondes ou 244 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris communément appelé minutes positives, ont été obtenus.

2.1 Espèces contactées

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

Au cours de cette étude menée sur nacelle de l'éolienne n°3, plusieurs espèces ont été identifiées comme présentes : 5 espèces avec certitude. Les espèces identifiées ainsi que leurs statuts sont présentés dans le tableau suivant :

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.

Noms vernaculaires Noms scientifiques	Statuts réglementaires			Statuts de rareté		Niveau d'incidence potentielle (PDL)
	Protection nationale	Directive Habitats	Liste rouge France	Liste rouge Bretagne	Responsabilité biologique régionale	
Espèces contactées avec certitude						
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	Art 2	An. IV	Quasi menacé	Préoccupation mineure	Mineure	Moyen
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	Art 2	An. IV	Vulnérable	Quasi menacé	Modérée	Fort
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	Art 2	An. IV	Quasi menacé	Quasi menacé	Modérée	Fort
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art 2	An. IV	Quasi menacé	Préoccupation mineure	Mineure	Fort
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art 2	An. IV	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	Mineure	Fort
Pipistrelle de Natusius <i>Pipistrellus natusii</i>	Art 2	An. IV	Quasi menacé	Quasi menacé	Modérée	Fort

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

Protection nationale :	Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection
Directive Habitat :	Directive européenne du 21 mai 1992 concerne la préservation des habitats naturels de la faune et de la flore sauvage
Liste rouge France :	UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS (2017). La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France
Liste rouge Pays-de-la-Loire & Responsabilité biologique régionale	Liste rouge des mammifères continentaux des Pays de la Loire et responsabilité régionale, 2020. Coordination régionale LPO Pays-de-la-Loire, Angers, 20 p.
Niveau d'incidence potentielle	Bouligand S., Lecoq A., Dulac P., Marchadour B., Même-Lafond B., Le Nevé A., 2018. Prescriptions pour la prise en compte des chiroptères et de l'avifaune dans l'installation et l'exploitation des parcs éoliens en Pays de la Loire. Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement des Pays de la Loire. Nantes. 35p

2.2 Abondance relative

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

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

La richesse spécifique en espèces contactées lors de l'étude en nacelle (5 espèces certifiées) est jugée faible pour le département d'Ille et Vilaine.

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

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

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

Nom vernaculaire Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec. totaux	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)
Sérotine commune	54	11,4%	15	6,1%
Noctule commune	19	4,0%	12	4,9%
Noctule de Leisler	101	21,3%	54	22,1%
Pipistrelle commune	148	31,2%	89	36,5%
Pipistrelle de Kuhl/Natusius	73	15,4%	33	13,5%
Pipistrelle de Kuhl	9	1,9%	4	1,6%
Pipistrelle de Natusius	3	0,6%	2	0,8%
Sérotoles <i>Sérotine commune/Noctules commune/ de Leisler</i>	68	14,3%	35	14,3%
Total général	475	100,0%	244	100,0%

L'analyse réalisée montre que :

- Les pipistrelles **représentent la moitié des enregistrements chiroptérologiques avec près de 50% du total des contacts obtenus**. Elles présentent une activité jugée faible.
- La Noctule de Leisler est également bien représentée avec 21 à 22% des contacts obtenus. Son activité est jugée faible.
- La Sérotine commune est bien présente avec entre 6 et 11% des contacts obtenus. Son activité est jugée faible.
- La Noctule commune est moins représentée avec 4 à 5% du total des contacts obtenus. Son activité est jugée très faible.
- Le groupe des Sérotoles avec autour de 14% de l'activité présente une activité faible.

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.

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

Species	Clash	n	Global results		Results If Presence		
			OccN	MeanN	MeanP	Q75	Q98
			60_90m	22	2,9%	0,046	1,59
Eptesicus serotinus	40_60m	189	15,0%	0,367	2,45	2	15,24
	20_40m	148	19,2%	0,584	3,05	3	16,3
	00_20m	495	25,2%	1,111	4,40	4	31,12
	60_90m	119	15,7%	0,313	1,99	2	7,64
Nyctalus leisleri	40_60m	225	17,8%	0,488	2,74	3	13,52
	20_40m	115	14,9%	0,279	1,88	2	5
	00_20m	268	13,7%	0,553	4,05	2	10
	60_90m	90	11,9%	0,649	5,46	3	37,04
Pipistrellus nathusii	40_60m	217	17,2%	0,472	2,75	3	14,36
	20_40m	145	18,8%	0,475	2,53	3	10,12
	00_20m	468	23,8%	1,223	5,13	4	49,64
	60_90m	406	53,6%	4,326	8,07	7	63,7
Pipistrellus pipistrellus	40_60m	666	52,7%	3,510	6,66	8	33,4
	20_40m	575	74,4%	9,188	12,35	16	59
	00_20m	1668	85,0%	24,734	29,11	35	178,64

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)

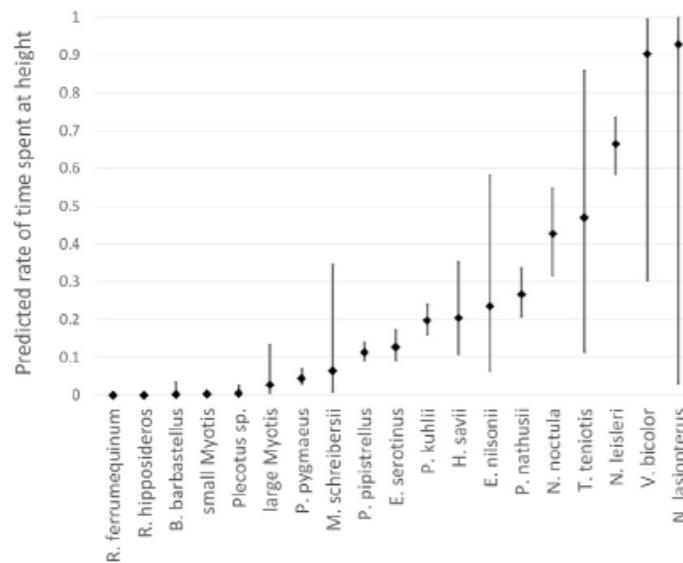


Figure 6 Proportion de temps passé en altitude (>20m de haut) pour chaque espèce et les prédictions (incertitudes) liées aux valeurs reportées. Roemer et al. 2017.

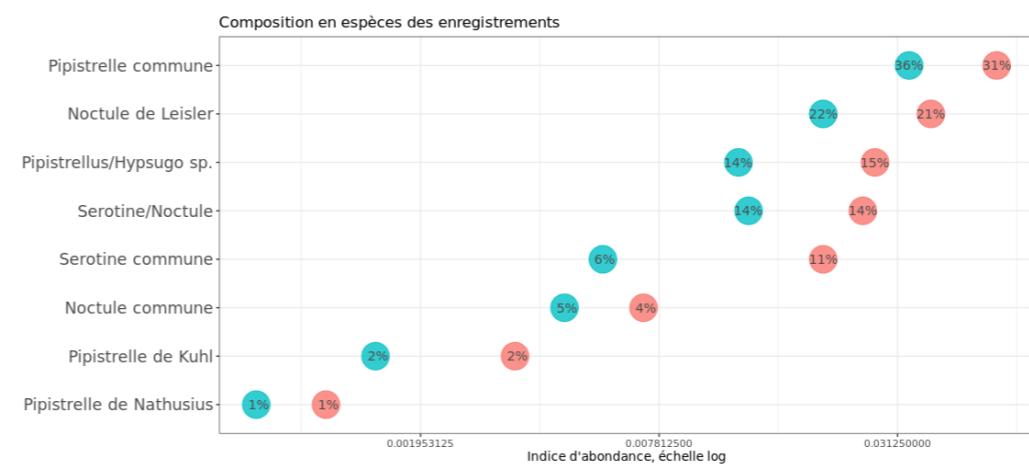


Figure 7 Représentativité des espèces et groupes d'espèces contactés sur la nacelle n°3 (n= 475 contacts de 5 sec. Et 244 min. pos.)

2.3 Comparaison des résultats avec les résultats existants

A titre indicatif, nous avons comparé les données chiroptérologiques acquises sur l'éolienne n°3 du parc éolien de Bazougeais aux données acquises entre 60- 90m de haut, issues de notre référentiel d'activité en altitude pour les espèces dits de hauts vols.

L'occurrence représente le nombre de nuits de présence sur le nombre de nuits total suivies. Cela reflète donc la régularité de la présence d'une espèce sur un site.

Si l'on compare les données de présence par espèce / groupes d'espèces, **on constate que l'activité sur le site de Bazougeais est globalement en-deçà de la moyenne**, sauf pour la Noctule commune et la Pipistrelle de Kuhl.

L'occurrence moyenne sur le site de Bazougeais est faible comparativement à d'autres suivis en France

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.

Espèce	Occurrence moyenne 60-90m	Occurrence 100m E3 Bazougeais
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	0,02	0,02
Noctule commune <i>Nyctalus noctua</i>	0,05	0,03
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	0,16	0,11
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0,54	0,15
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	0,24	0,08
Sérotules Sérotine commune/Noctules commune/ de Leisler	0,31	0,13
Toutes espèces	0,67	0,24

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

2.4.1 Activité journalière en fonction de la hauteur

Le graphique ci-dessous présente l'activité journalière. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des contacts. Des contacts de chauves-souris ont été enregistrés sur seulement 59 nuits sur les 247 enregistrées.

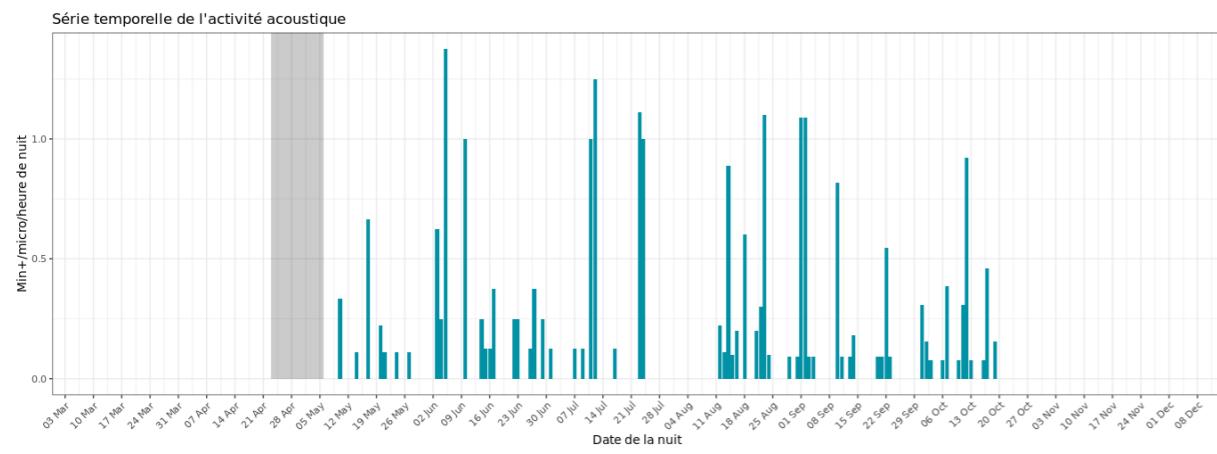


Figure 8 : Activité journalière, toutes espèces confondues, durant la période de collecte des données.

2.4.2 Activité mensuelle en fonction de la hauteur

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

Analyse de l'activité mensuelle toutes espèces confondues

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

- La période de transition printanière (mars - mai) a connu une activité inexiste à faible en mai.
- En période estivale (mise-bas et estivage : juin -août) a connu une activité légèrement supérieure mais encore faible.
- En période automnale (migration : septembre - octobre), l'activité reste similaire à la période estivale.

La distribution de l'activité est plutôt faible et homogène.

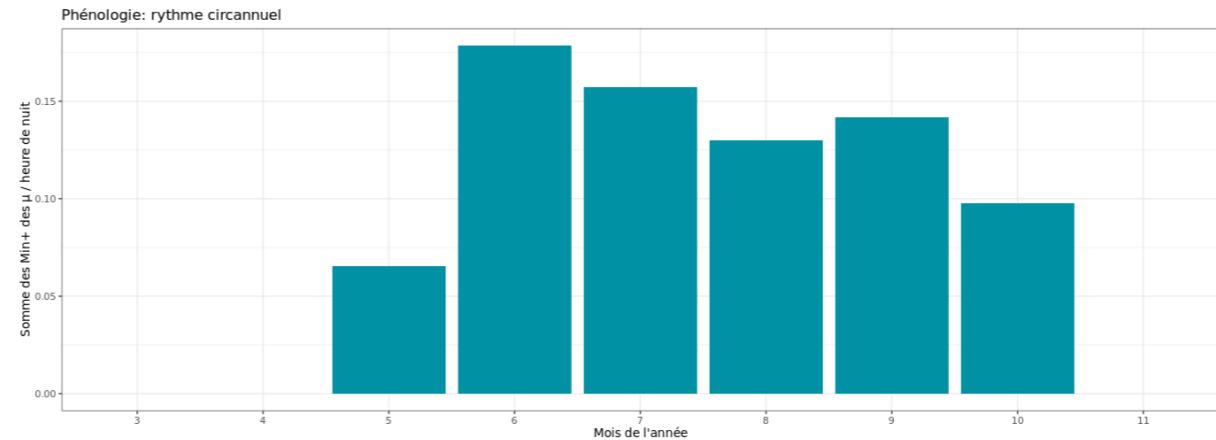


Figure 9 : Nombre de minutes positives mensuelles, toutes espèces confondues, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)

Pour rappel, la **Pipistrelle commune représente près de 31% à 36% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**. Cette espèce a été contacté durant toute la période d'expertise.

Elle montre un schéma d'activité différent de la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec une activité plus importante en période de mise-bas et d'estivage.

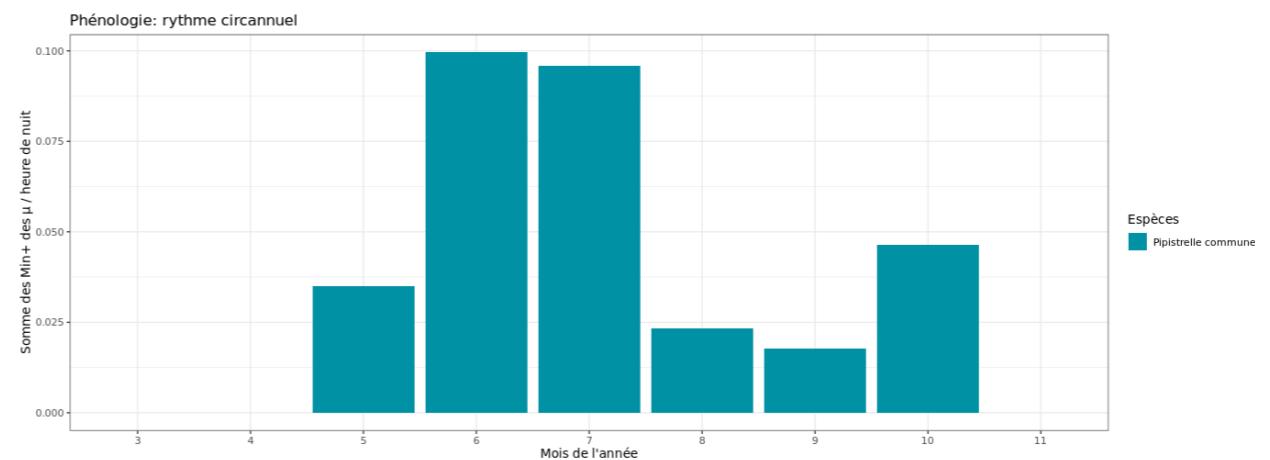


Figure 10 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Pipistrelle de Natusius et de Kuhl

Pour rappel, le groupe Pipistrelle de Natusius et de Kuhl représente 15 à 18% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Ces espèces ont été contacté durant toute la période d'expertise.

Ces deux pipistrelles présentes une activité faible sur l'ensemble de la période. L'activité plus important en juin est probablement liée à du transit vers les sites de mise-bas et d'estivage. Le site ne semble pas être une zone de passage en migration pour la pipistrelle de Natusius.

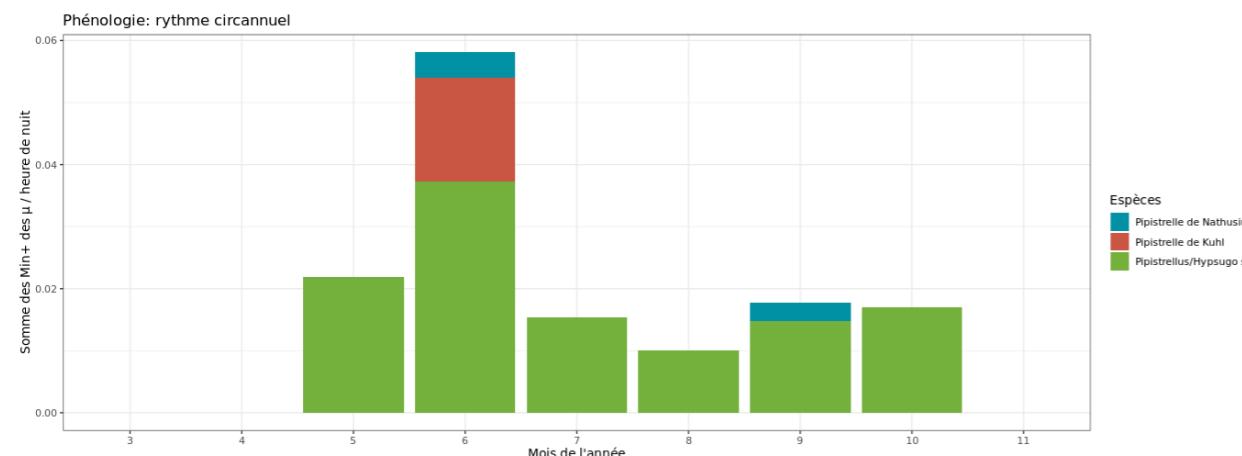


Figure 11 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les pipistrelles de Natusius et de Kuhl, rapporté au nombre d'heure de nuit.

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

Pour rappel, la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune représentent respectivement entre 4 et 5% / 21 et 22% / 6 et 11% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris. Ces espèces ont été contactés durant presque toute la période d'expertise.

La Noctule commune montre une activité très faible, avec quelques contacts en juin probablement des individus en transit, tandis que les contacts en août et septembre appartiennent à des individus en migration.

La Noctule le Leisler a été un peu plus contactée. Cette noctule est présente toute l'année mais principalement en période de dispersion/migration d'août à octobre.

Les contacts de Sérotine commune sont quant à eux centrés sur la période de mise bas/estivage.

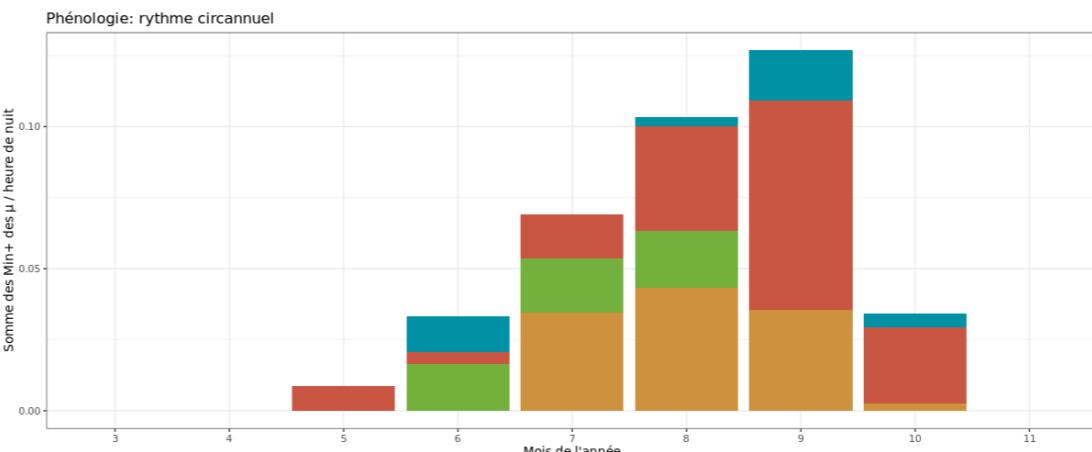


Figure 12 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour les sérotules, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Bilan de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur

L'activité générale est homogène dans le temps.

On peut séparer les espèces en deux groupes : les pipistrelles et la Sérotine commune qui ont une activité légèrement plus importante en période de mise-bas et estival. Tandis que pour les deux noctules l'activité, est plus importante en période de migration (août-octobre).

2.5 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 **730 minutes positives exploitables sur les différentes périodes d'enregistrement**.

2.5.1 Activité horaire des chiroptères au niveau du mat de mesures

- Phénologie d'activité printanière (mars à mai)

L'activité est très faible sur cette période. L'activité est relativement homogène au cours de la nuit.

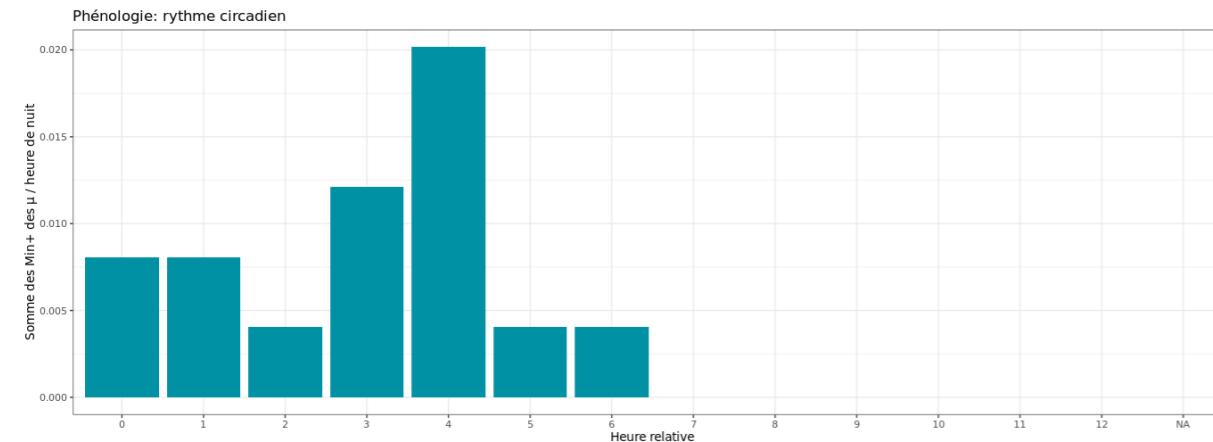


Figure 13 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mars à mai

- Phénologie d'activité estivale (juin à août)

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

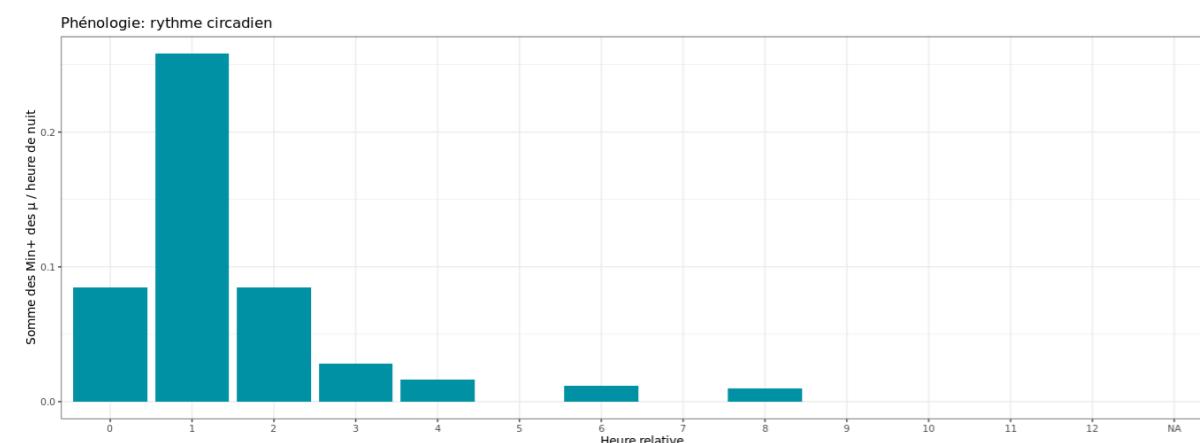


Figure 14 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à août.

- Phénologie d'activité automnale (septembre à novembre)

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

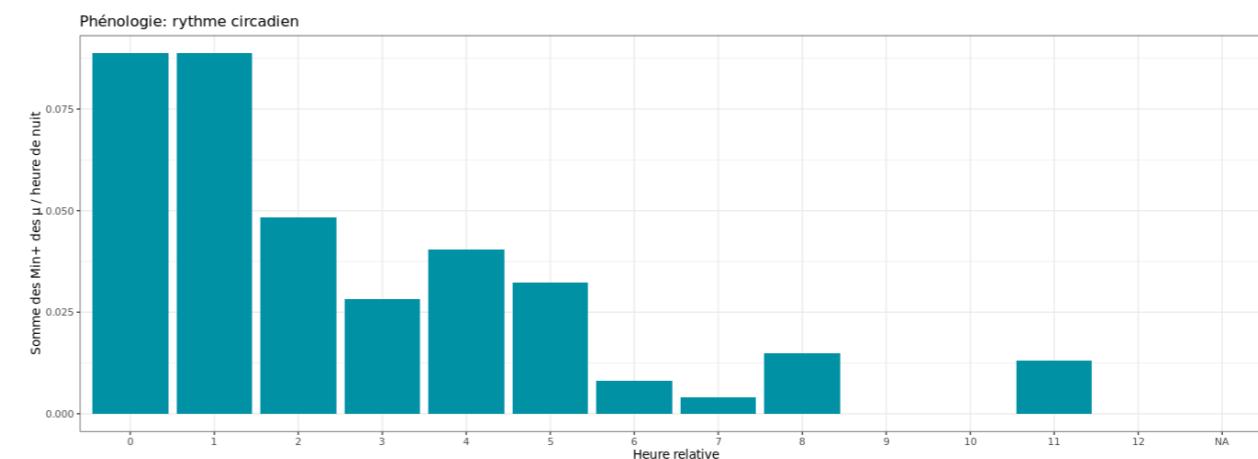


Figure 15 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de septembre à décembre.

- Bilan phénologique annuel

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

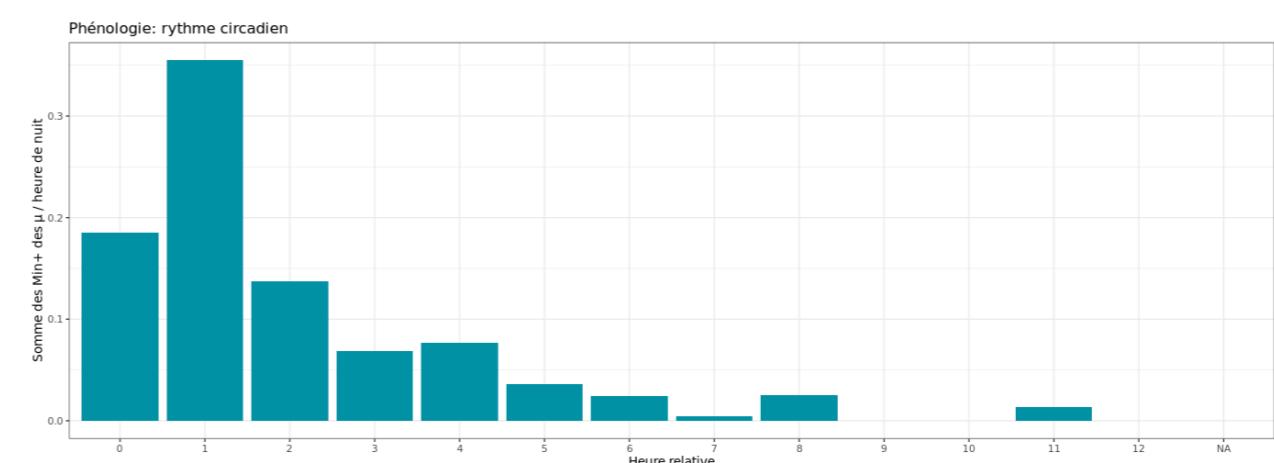


Figure 16 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues de février à décembre.

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 de nuit, toutes espèces confondues. Quelques pics sont présents en période estival mais la majorité des pics sont observés en septembre notamment début septembre en 2022.

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.

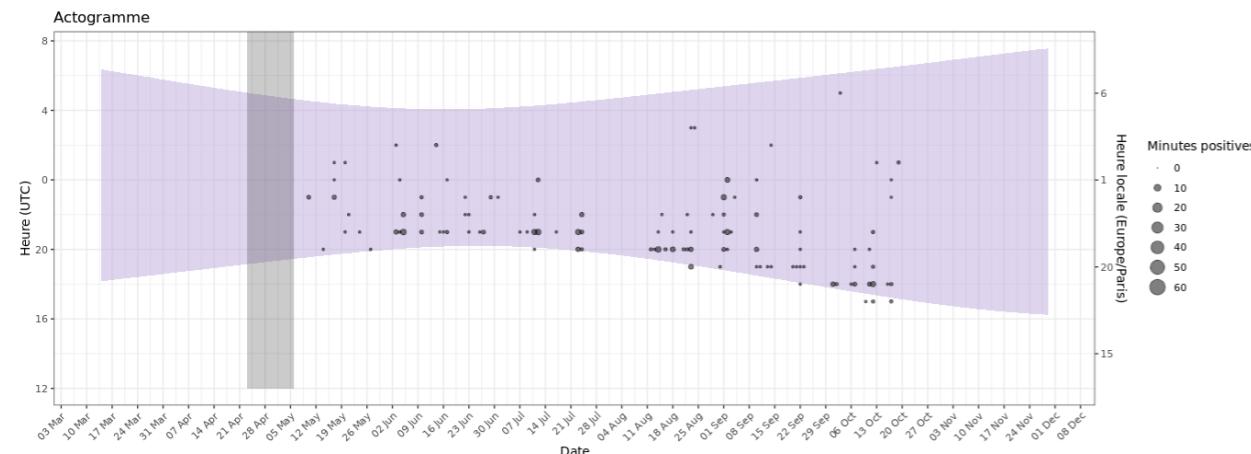


Figure 17 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre mars et novembre.

2.5.2 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 7 Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées

	Durée après le coucher du soleil (en heure) en-dessous de laquelle a été enregistrée les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des contacts (min. pos.)	01h28	03h06	04h12	04h58	05h59	08h32
Activité printanière (mars à mai)	03h49	04h12	04h42	05h17	05h45	05h57
Activité estivale (juin à août)	01h17	02h02	02h45	03h22	04h03	07h56
Activité automnale (septembre à novembre)	02h21	04h40	05h04	05h54	07h11	08h44

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

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

- 90% de l'activité à hauteur de nacelle se concentre dans les 4h58 qui suivent le coucher du soleil.
- 75% de l'activité à hauteur de nacelle se concentre dans les 03h06 qui suivent le coucher du soleil.
- 50 % de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée dans les 01h28 après le coucher du soleil.

2.6 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).

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

Au cours des périodes d'analyses qui s'étendent de mars à novembre 2022, 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 17 m/s.

L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 4 et 10 m/s. A 0 et au-delà de 10 m/s, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

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

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction du vent (m/s) sur le site de Bazougeais, obtenu au niveau de la nacelle (105 m) et durant les 247 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).

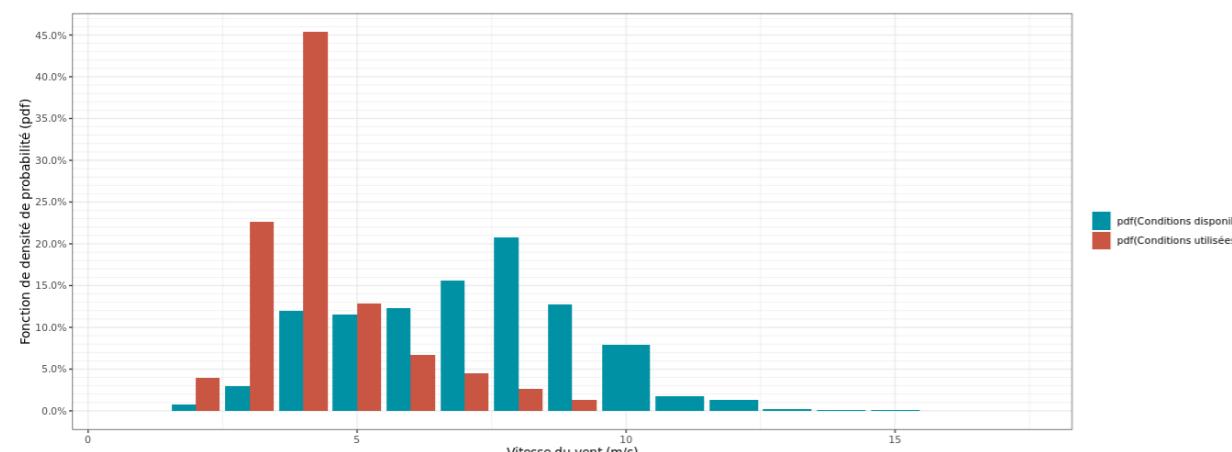


Figure 18 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s).

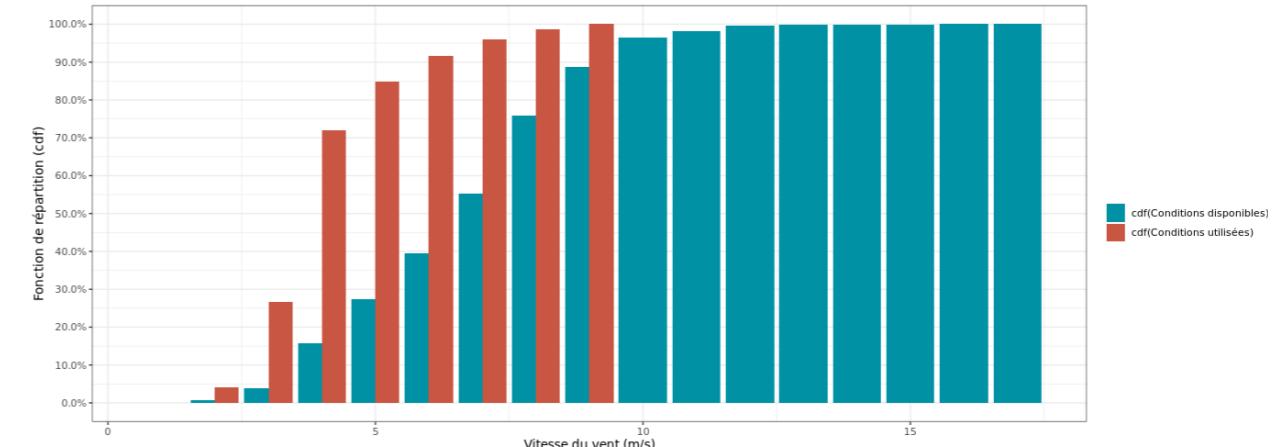


Figure 19 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la vitesse du vent (m/s)

Toutes espèces confondues, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 6 m/s.

2.6.2 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 8 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent

	Vitesse de vent (en m/s à 105 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	4,2m/s	4,6m/s	5m/s	6,16m/s	6,99m/s	8,51m/s
Activité printanière (mars à mai)	5,1	6,3	6,71	6,77	6,98	7,24
Activité estivale (juin à août)	4,2	4,6	5,02	6,35	7,17	8,03
Activité automnale (septembre à novembre)	4,1	4,5	4,7	4,96	6,08	8,82

2.6.3 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 97m, permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90% de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 6,16 m/s
- 75% de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 4,6 m/s
- 50% de l'activité à hauteur de nacelle a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 4,2 m/s

2.6.4 Activité en fonction de la température mesurée à 105 m

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2022, 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 37 °C.

L'échantillonnage est globalement important pour les températures comprises entre 10 et 19°C. En dehors de cette plage de températures, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillon).

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

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site de Bazougeais, obtenu au-dessus au niveau de la nacelle (105 m) et durant 247 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).

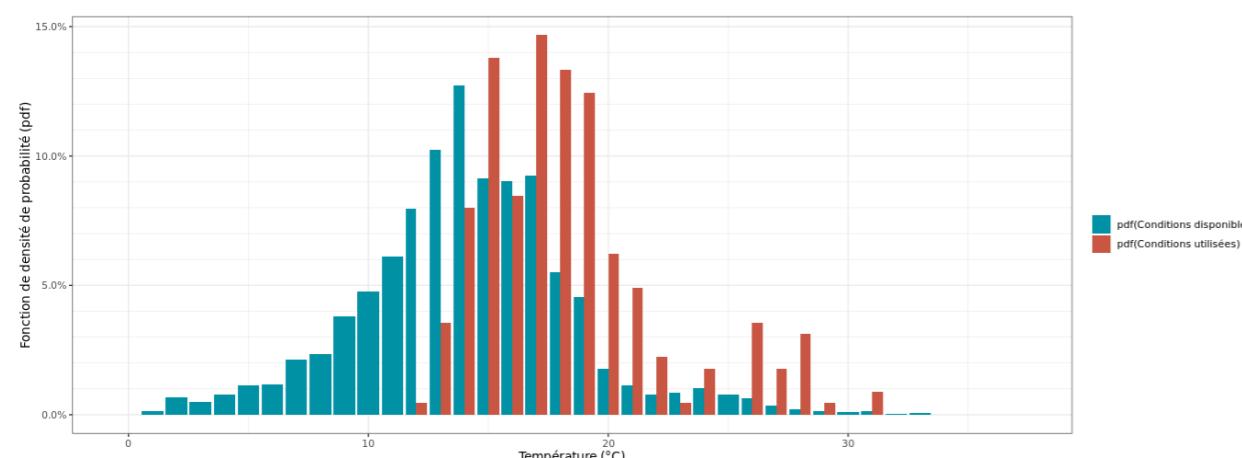


Figure 20 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°c)

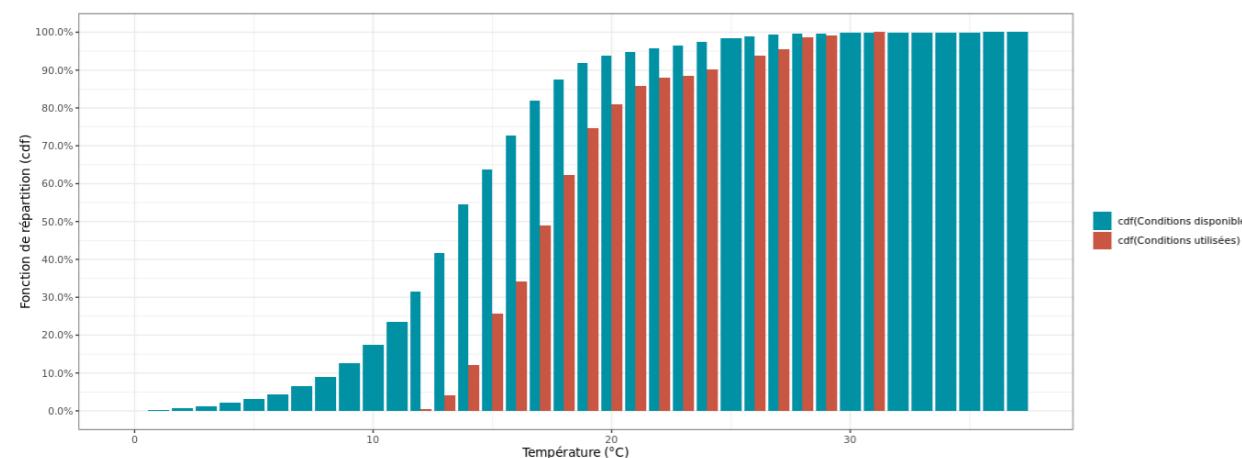


Figure 21 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°c)

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.

2.6.5 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 9 Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures

	Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des températures et des hauteurs de vol					
	Température (en °C à 105m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	18°C	15°C	15°C	14°C	14°C	13°C
Activité printanière (mars à mai)	15°C	13°C	13°C	13°C	12,65°C	12,13°C
Activité estivale (juin à août)	19°C	16,25°C	14,95°C	14°C	14°C	13,33°C
Activité automnale (septembre à novembre)	17°C	15,5°C	15°C	15°C	15°C	13°C

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

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

- 90% de l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée à des températures supérieures à 14°C
- 75% de l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée à des températures supérieures à 15°C
- 50% de l'activité à hauteur de nacelle a été enregistrée à des températures supérieures à 18°C

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

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2022, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages d'intensité de pluie allant de 0 à 7.

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

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site de Bazougeais, obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (105 m) et durant 247 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).

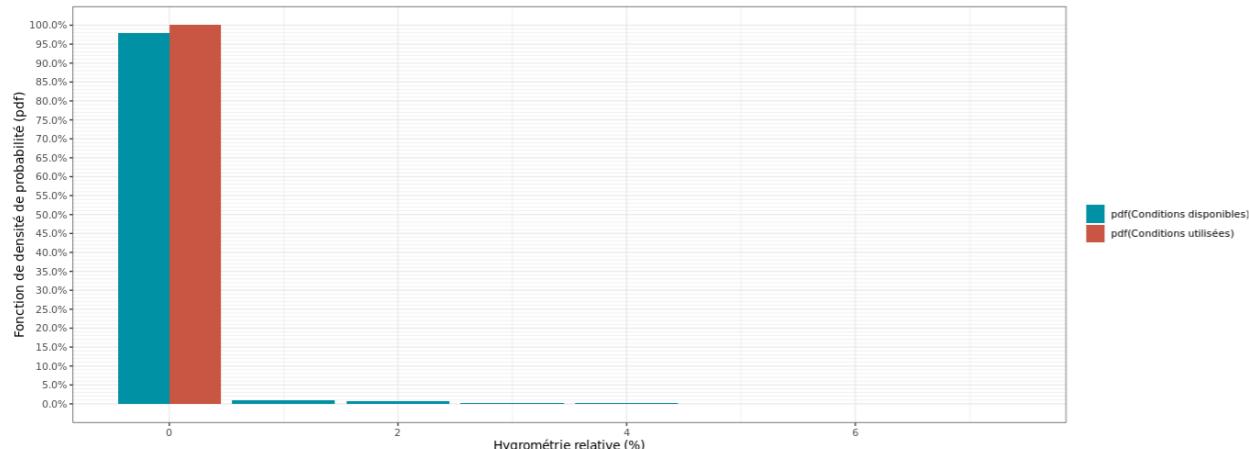


Figure 22 : Densité des observations de chauves-souris par classe de la pluie

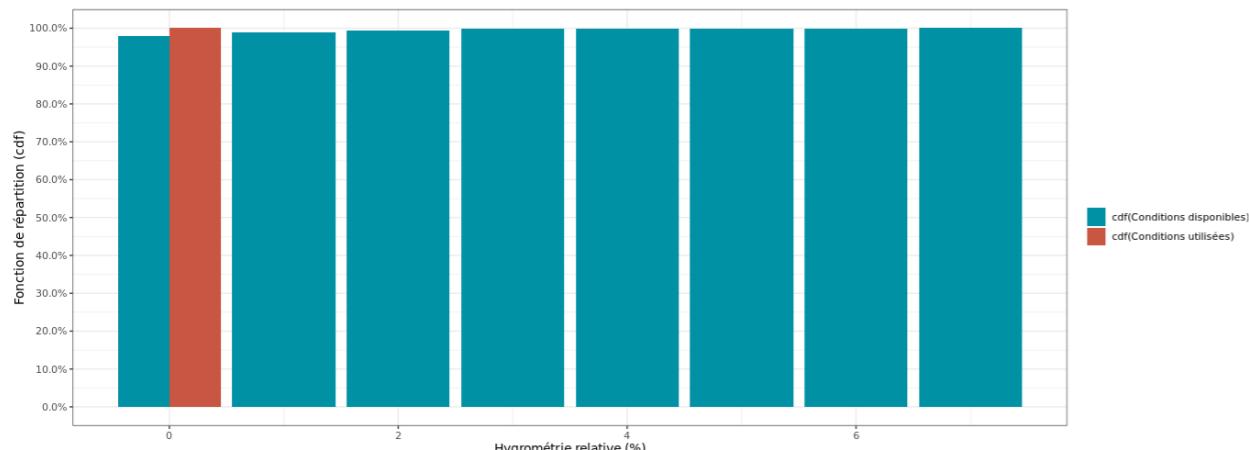


Figure 23 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la pluie

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

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

3 SYNTHESE DE L'ECOUTE DE L'ACTIVITE DES CHIROP TERES EN NACELLE 2019

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 9 mois d'analyse soit 247 nuits **exploitables**. Un dispositif d'enregistrement automatique (SM3Bat) équipé d'un micro a été placé à 105m au sein de la nacelle de l'éolienne n°3 du parc éolien de Bazougeais (Ille-et-Vilaine).

Les enregistrements ont permis l'identification de 5 **espèces avérées**. Il s'agit d'une diversité faible pour le département d'Ille-et-Vilaine, mais sous-estimée en l'absence de microphone positionné à proximité du sol.

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

Les expertises réalisées ont montré que :

- Plusieurs espèces de hauts vols ont été identifiées sur le site : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl, la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctules de Leisler. Les activités sont plus importantes pour ces espèces.

La phénologie annuelle montre une activité relativement homogène au cours du temps. L'activité printanière est très faible. On peut séparer les espèces en deux groupes : les pipistrelles et la Sérotine commune qui ont une activité légèrement plus importante en période de mise-bas et estival. Tandis que pour les deux noctules l'activité, est plus importante en période de migration (Aout-octobre).

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

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

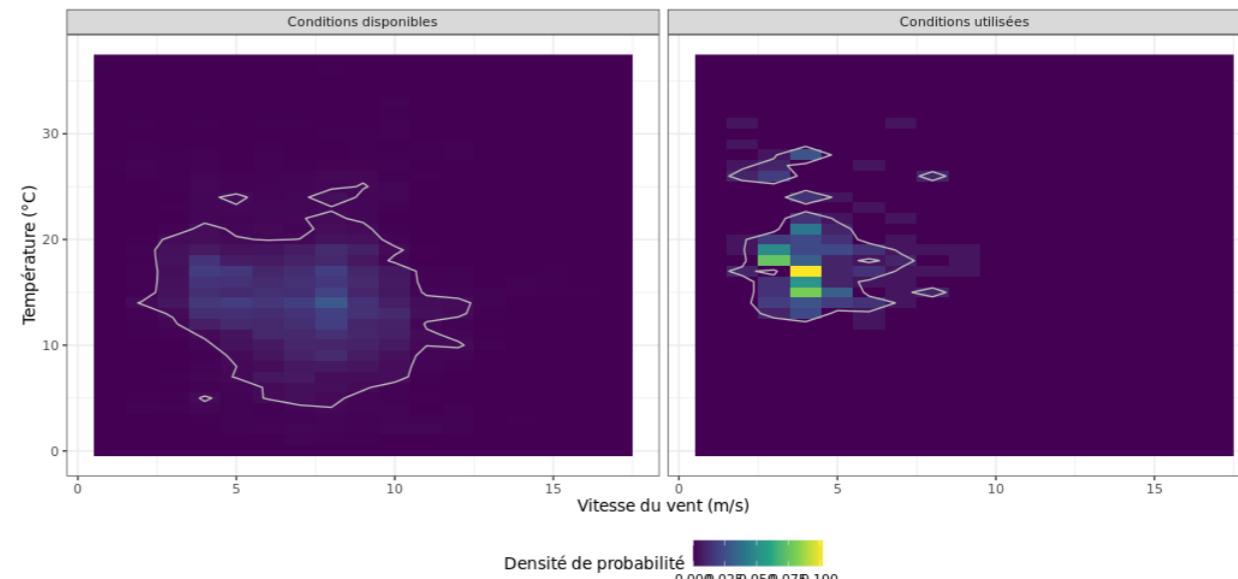


Figure 24 : Histogramme bidimensionnel représentant les fonctions de densité conjointe de la température nocturne et de la vitesse de vent nocturne, pour les conditions disponibles (à gauche) et utilisées (à droite). Les lignes blanches démarquent les régions à l'intérieur desquelles 90% des observations se concentrent (noyaux de densité),

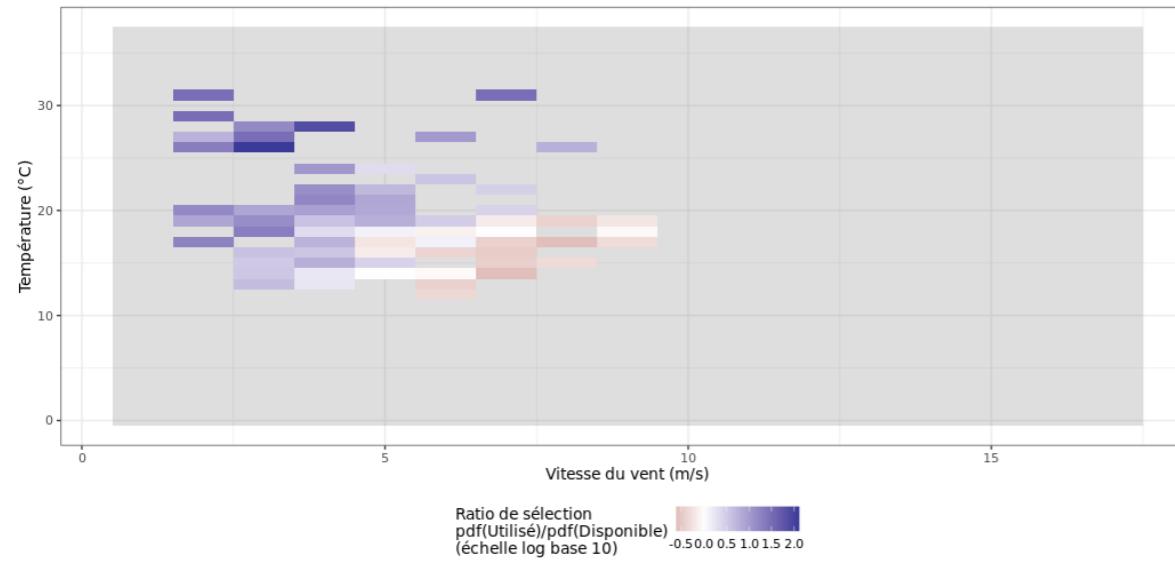


Figure 25 : Affinité bidimensionnelle pour la température nocturne et la vitesse de vent nocturne. L'échelle de couleur est graduée de façon logarithmique (base 10) : $\log_{10}(0.1) = -1$ donc une valeur de -1 indique donc une sélection des conditions associées 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, $\log_{10}(1) = 0$ donc 0 indique l'absence de préférence, et $\log_{10}(10) = 1$ donc 1 indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

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

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

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

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le site de Bazougeais et des activités de chiroptères associés, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris est majoritaire dans des gammes de température comprise dans un nuage de 13°C à 30°C et de vitesse de vent comprises entre 1 et 7 m/s.

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

- 50% des contacts de chauves-souris ont été obtenus entre le coucher du soleil et environ 1h28 après celui-ci.
- 75% des contacts de chauves-souris se concentre dans les premières et environ 3h06 de la nuit ;
- 90% des contacts de chauves-souris ont été obtenus entre le coucher du soleil et environ 4h58 après celui-ci.

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

- 100 % des contacts ont été enregistrés à des vitesses de vent inférieures à 9,4 m/s ;
- Moins de 1% des contacts a été enregistré au-dessus de 8,51 m/s ;
- 90% de l'activité a été enregistré à des vitesses de vent inférieures 6,16 m/s.

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

- 100 % des contacts ont lieu à des températures comprises entre 12°C et 32°C ;
- Moins de 1% des contacts a été enregistré en dessous de 13°C ;
- 90% de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 14°C.

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

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

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 m/s associé à des températures de plus de 15°C.

Aucune des deux variables ne prend le dessus sur l'autre de manière significative

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

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

BAS, Y., HAQUART, A., TRANCHARD, J. & LAGRANGE, H. (2014) Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mètres 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., THRESHNER, 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-NIEVERGELT, F. & BEHR, O. (2011) Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. - In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (Eds.); Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von

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

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

