

The RWE logo is displayed in a white rectangular box on a teal background. It consists of the letters 'RWE' in a bold, blue, sans-serif font.

# Parc éolien des Pierrots - communes de Saint-georges- sur-Arnon et Migny (36)

PARC EOLIEN LES PIERROTS  
SAS  
mai 2023

**Suivi de l'activité des  
chiroptères en altitude**



biotopé

<b>Citation recommandée</b>	Biotope, 2023, Parc éolien des Pierrots - communes de Saint-georges-sur-Arnon et Migny (36), Suivi de l'activité des chiroptères en altitude. Parc éolien Les Pierrots SAS, 50 p.	
Version/Indice	VF	
Date	mai 2023	
Nom de fichier	RWE_Pierrots_suivialtitude_Biotope_2023	
Référence dossier	2022015	
Maître d'ouvrage	Parc éolien Les Pierrots SAS	
Interlocuteurs	Julien MADON	Contact : <a href="mailto:julien.madon@rwe.com">julien.madon@rwe.com</a> Tél : +33 (0)6 81 63 52 47
Biotope, Rédaction de l'étude	Julien TRANCHARD	Contact : <a href="mailto:jtranchard@biotope.fr">jtranchard@biotope.fr</a> Tél : 06 35 46 29 01
Biotope Contrôleur qualité	Ludivine DOYEN	Contact : <a href="mailto:ldoyen@biotope.fr">ldoyen@biotope.fr</a> Tél : +33 6 78 87 24 58

## Avant-propos

Le parc éolien des Pierrots (Indre) a été mis en service le 26 août 2021.

La société du Parc éolien Les Pierrots SAS a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2022 et pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018) pris en application de l'article 12 de l'Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, à l'étude d'impact environnemental, et à l'arrêté d'autorisation du projet.

Pour la présente étude, deux éoliennes (E3 et E11) ont été équipées d'un enregistreur automatique pendant la période d'activité des chauves-souris en 2022.

- Les enregistrements en altitude ont eu lieu du 1 mars au 30 novembre 2022 (semaine 9 à 48)

La méthode proposée est basée sur des enregistrements automatiques en continu et en altitude grâce à un micro positionné sous la nacelle relié à un détecteur automatisé. Dans le cadre de cette étude deux types d'enregistreurs du fabricant Wildlife Acoustics ont été utilisés : SM3Bat et SMART.

Ce type de matériel stocke les signaux ultrasonores détectés soit sur le disque dur interne du SMART soit sur carte SD. Le SMART permet via une connexion 4G une récupération des enregistrements à distance. Les deux types d'enregistreurs obtiennent 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 afin de mieux évaluer le risque d'impact par collision ou barotraumatisme sur ce groupe ainsi que de mettre en relation cette activité avec les résultats du suivi de mortalité mené conjointement.

---

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Contexte de l'étude et aspects méthodologiques</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	<b>Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques</b>	<b>9</b>
1.1	Présentation du parc	9
1.2	Collecte des données	10
1.3	Identification acoustique	12
1.4	Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur	12
1.5	Limites méthodologiques	13
1.6	Acquisition des données météorologiques	14
1.7	Équipe de travail	17
<b>2</b>	<b>Synthèse et analyse des résultats</b>	<b>18</b>
<b>1</b>	<b>Analyse détaillée de l'activité des chiroptères contactés en altitude</b>	<b>19</b>
1.1	Bibliographie	19
1.2	Espèces contactées	19
1.3	Abondance relative des chiroptères	20
1.4	Évolution de l'activité des chiroptères durant la période de suivi	22
1.5	Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure	27
<b>2</b>	<b>Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques</b>	<b>30</b>
2.1	Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 98 m.	30
2.2	Activité en fonction de la température mesurée à 98 m.	35
2.3	Combinaison des facteurs température et vitesse de vent	39
<b>3</b>	<b>Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>47</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrement des enregistreurs en 2022	10
Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois en 2022.	11
Tableau 3 : Équipe de travail	17
Tableau 4 : Statuts de protection et de conservation des espèces et groupe d'espèce de chiroptères recensées en altitude sur le parc éolien des Pierrots en 2022.	20

Tableau 5 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.	20
Tableau 6 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	21
Tableau 7 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction des vitesses de vent en altitude sur les éoliennes du parc des Pierrots suivies en 2022.	33
Tableau 8 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction de la température en altitude sur les deux éoliennes suivies sur le parc des Pierrots en 2022.	38
Tableau 9 : Evaluation du bridage actuel pour le parc des Pierrots à partir des observations réalisées en 2022 sur les éoliennes E3 et E11.	45
Tableau 10 : Simulation du bridage avec de nouveaux paramètres pour le parc éoliens les Pierrots.	46

## Liste des illustrations

Figure 1 : type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E11 en 2022	9
Figure 2 : Positionnement du microphone SMbat au sein de l'éolienne	9
Figure 3 : Enregistreur SMART positionné au sein de l'éolienne E3 en 2022	9
Figure 4 : Positionnement du microphone SMART au sein de l'éolienne	9
Figure 5 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien des Pierrots	10
Figure 6 : Interface du logiciel SonoChiro ®	12
Figure 7 : 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)	13
Figure 8 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E3 du parc éolien des Pierrots en 2022.	14
Figure 9 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E11 du parc éolien des Pierrots en 2022.	14
Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m au niveau de l'éolienne E3, en 2022.	15
Figure 11. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2022.	15
Figure 12. Schéma temporel de la température à 98 m au niveau de l'éolienne E3, en 2022.	16
Figure 13. Schéma temporel de la température à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2022.	16

Figure 14 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.	22
Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	23
Figure 16 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.	23
Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	24
Figure 18 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines.	25
Figure 19 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines.	25
Figure 20 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles.	26
Figure 21 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles.	27
Figure 22 : Eolienne E3 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues.	28
Figure 23 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues.	28
Figure 24 : Eolienne E3 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période des mois d'août à octobre.	29
Figure 25 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période des mois d'août à octobre.	29
Figure 26 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc des Pierrots en 2022.	29
Figure 27 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022.	30
Figure 28 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E3 des Pierrots 2 en 2022.	31
Figure 29 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.	32
Figure 30 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	32
Figure 31 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	33
Figure 32 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E3 des Pierrots.	34
Figure 33 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E11 des Pierrots.	34

Figure 34 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.	36
Figure 35 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.	36
Figure 36 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	37
Figure 37 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	37
Figure 38 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E3 des Pierrots.	38
Figure 39 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E11 des Pierrots.	39
Figure 40 : Eolienne E3 - Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2022 (l'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions).	40
Figure 41 : Eolienne E3 - Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2022 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.	40
Figure 42 : Eolienne E11 - Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2022 (l'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions).	41
Figure 43 : Eolienne E11 - Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2022 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.	41

1

## Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

# 1 Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques

### 1.1 Présentation du parc

Le parc éolien des Pierrots se situe dans le département de l'Indre (36), en région Centre Val-de-Loire. Il est localisé à environ 31 km à l'ouest de Bourges et 121 km au sud d'Orléans.

Le parc, mis en service le 26 août 2021, comprend 11 éoliennes modèle N117TS98/2400 de 2,4 MW de puissance unitaire. Ces éoliennes ont une hauteur de nacelle de 98 m et disposent d'un rotor de 117 m de diamètre.

Le parc des Pierrots se situe au sein d'une plaine agricole céréalière.

---

En 2022, les dispositifs d'acquisition des données chiroptérologiques ont été installés sur les éoliennes E3 et E11 du parc éolien des Pierrots.

---



Figure 1 : type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E11 en 2022



Figure 2 : Positionnement du microphone SMbat au sein de l'éolienne



Figure 3 : Enregistreur SMART positionné au sein de l'éolienne E3 en 2022



Figure 4 : Positionnement du microphone SMART au sein de l'éolienne

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

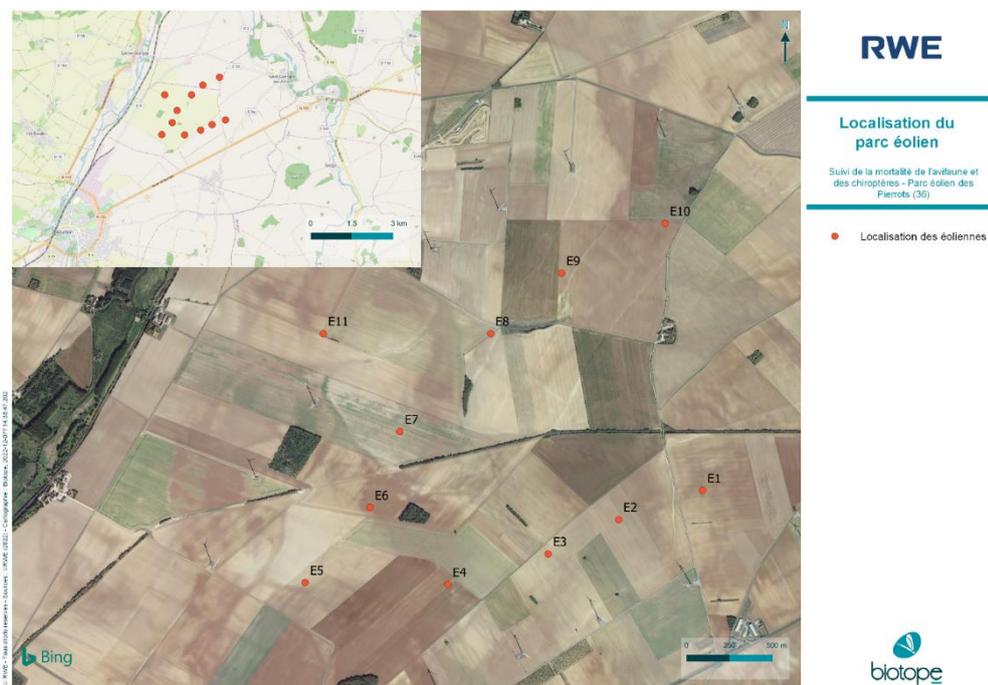


Figure 5 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien des Pierrots

### 1.2 Collecte des 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 chasser.

Les systèmes utilisés sont deux enregistreurs d'ultrasons SM3bat et SMART (*Wildlife Acoustics*). Ces deux types d'enregistreurs disposent de capsules microphones identiques disposant d'une capacité de détection sensiblement identique et comparable entre les deux boîtiers.

**En 2022, les microphones ont été installés sur les éoliennes E3 et E11, en nacelle, à 98 m de hauteur.**

#### 1.2.1 Paramétrage des enregistreurs

Les paramètres d'enregistrement du SM3bat (éolienne E11) et du SMART (éolienne E3) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrement des enregistreurs en 2022

	Eolienne E3 SMART	Eolienne E11 SM3bat
Fréquence d'échantillonnage	256 KHz	192 KHz
Filtre passe-haut	16 KHz	16 KHz
Fréquence minimale	10 KHz	10 KHz
Fréquence maximale	120 KHz	90 KHz

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Durée minimale de déclenchement	1,5 ms	1,5 ms
Niveau du trigger	12 dB	12 dB
Trigger maximal	5 sec.	5 sec.
Déclenchement avant le coucher du soleil	60 min.	60 min.
Arrêt après le lever du soleil	60 min.	60 min.

### 1.2.2 Efforts d'échantillonnage

#### Effort d'échantillonnage en 2021

Les dispositifs d'écoute ont été installés le 28 février 2022. Les données ont été analysées à partir du 01 mars 2022. Lors de l'installation et tout au long de la saison aucun dysfonctionnement n'a été observé.

**Les données analysées en détail concernent la période du 01 mars au 30 novembre 2022. Sur cette période 275 nuits d'écoutes complètes et continues ont été analysées.**

Ces données permettent de réaliser tous les traitements acoustiques.

Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois en 2022.

Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones	
	E3	E11
Mars	31	31
Avril	30	30
Mai	31	31
Juin	30	30
Juillet	31	31
Aout	31	31
Septembre	30	30
Octobre	31	31
Novembre	30	30
<b>TOTAL</b>	<b>275</b>	<b>275</b>

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 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 (MNHN). 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 (Pettersson). 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 (2020) et du MNHN 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 6 : 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 trentaine de sites équipés de microphones 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 microphones entre les sites implique de niveler plus ou moins la **qualification du niveau d'activité** (faible moyenne ou forte) via une approche dite « d'experts ».

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

**Activity levels for four different species.** ClassH = Microphone Height Categories; N = Number of nights with species presence; OccN = percentage (Occurrence) of nights with species presence; MeanN = General mean; MeanP = mean if present (null values excluded); Q75 = quantile 75%; Q98 = quantile 98%. MoyN, MoyP, Q75 and Q98 unit are expressed as number of « positive minutes per night ».

Species	ClasH	n	Global results		Results If Presence		
			OccN	MeanN	MeanP	Q75	Q98
Eptesicus serotinus	60_90m	22	2,9%	0,046	1,59	2	4,58
	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
Nyctalus leisleri	60_90m	119	15,7%	0,313	1,99	2	7,64
	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
Pipistrellus nathusii	60_90m	90	11,9%	0,649	5,46	3	37,04
	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
Pipistrellus pipistrellus	60_90m	406	53,6%	4,326	8,07	7	63,7
	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 7 : 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)

### 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.

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 (murins et pipistrelles) sont détectables entre 10 et 30 m

#### 1.5.2 Représentativité des inventaires

Du fait du nombre de nuit d'enregistrement, 275 nuits par éolienne en 2022, 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 de 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2022 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Le graphique ci-dessous présente les courbes d'accumulation calculée sur les deux éoliennes suivies. Ces courbes représentent le cumul des nouvelles espèces contactées avec l'effort d'échantillonnage. La construction de la courbe doit prendre en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonnage est réparti uniformément entre les mois. Les multiples tirages permettent d'estimer un intervalle de confiance (95% sur le graphique). Les multiples arrangements permettent de lisser l'allure de la courbe en amoindrissant l'effet « ordre des échantillons ».

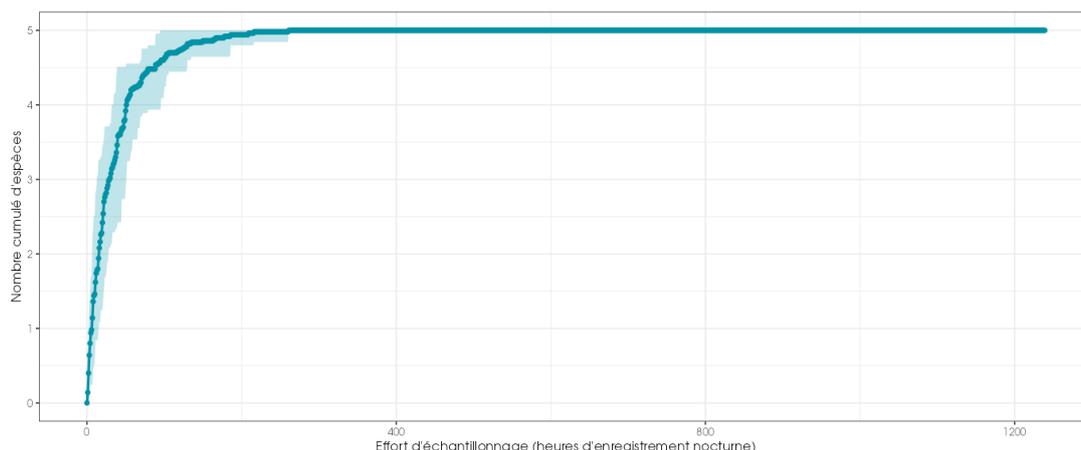


Figure 8 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E3 du parc éolien des Pierrots en 2022.

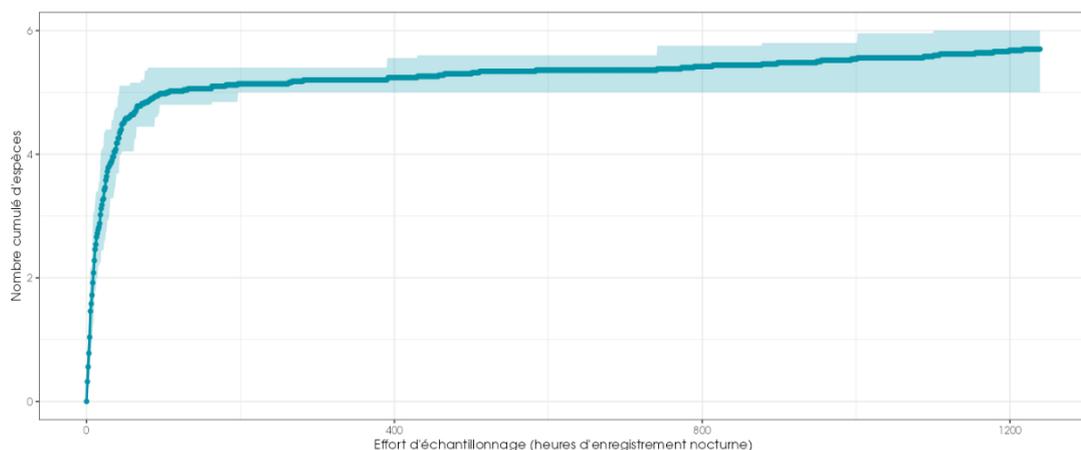


Figure 9 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E11 du parc éolien des Pierrots en 2022.

### 1.6 Acquisition des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par Parc éolien Les Pierrots SAS. Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur les éoliennes E3 et E11 du parc éolien des Pierrots (vitesse de vent et température sont mesurées à hauteur de nacelle, 98 m de haut). Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

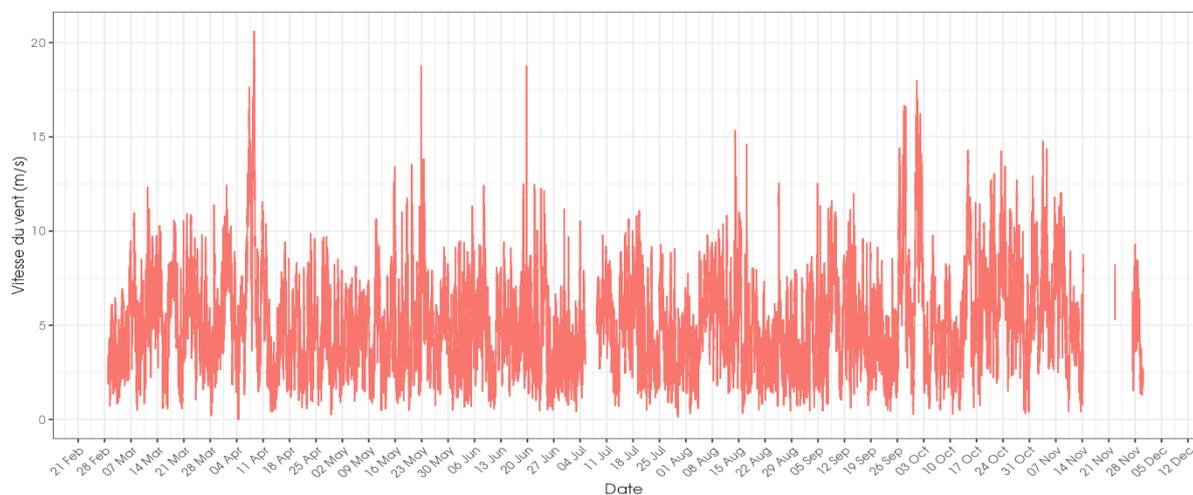


Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m au niveau de l'éolienne E3, en 2022.

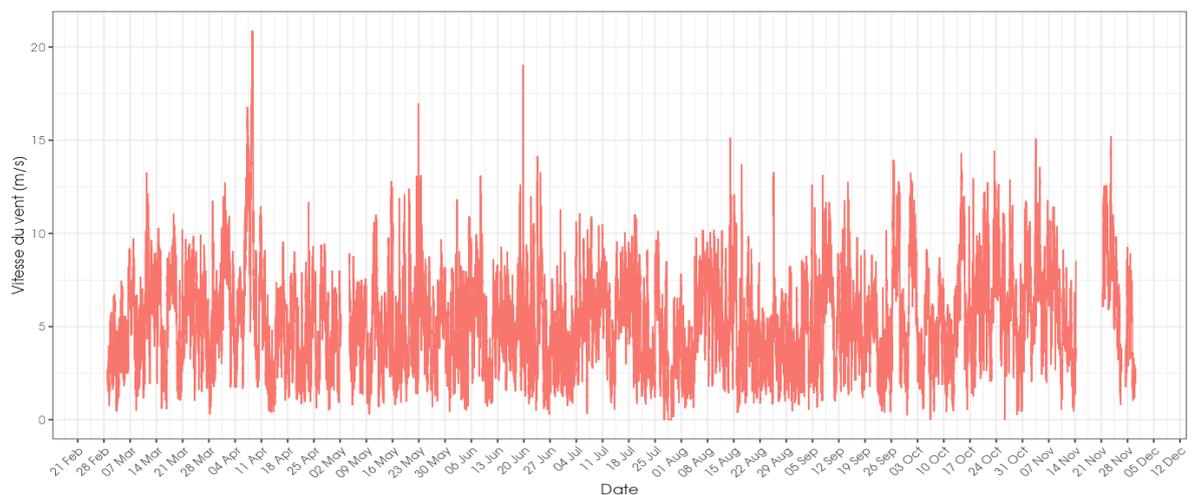


Figure 11. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2022.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

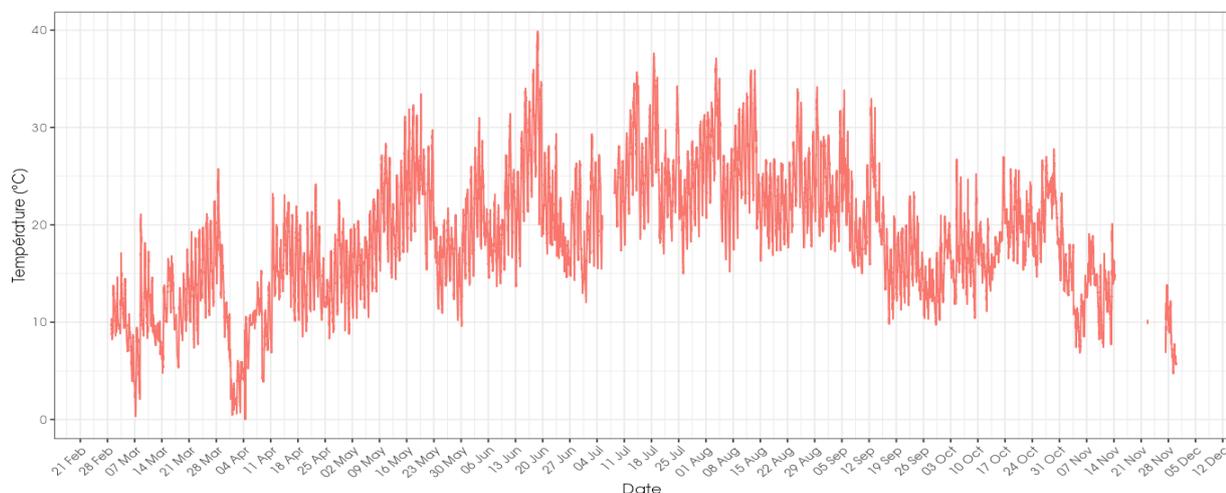


Figure 12. Schéma temporel de la température à 98 m au niveau de l'éolienne E3, en 2022.

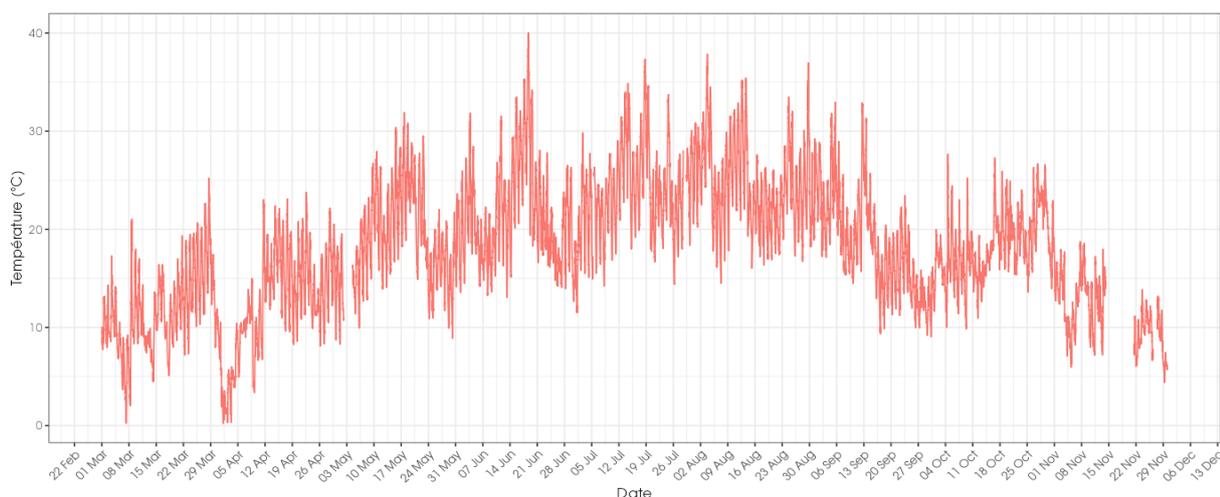


Figure 13. Schéma temporel de la température à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2022.

On peut noter que sur les deux éoliennes l'absence de données météorologiques sur de petites plages de temps. Les observations de chauves-souris sans données météorologiques n'ont donc pas été prises en compte dans le cadre de l'analyse croisée. Ces coupures restent faibles et de courtes durées. Elles ne remettront pas en causes les possibilités d'analyses et de croisements avec l'activité des chauves-souris. Croisement des données

Une jointure est ensuite réalisée entre les données météorologiques et chiroptérologiques. Ainsi, pour chaque enregistrement de chauve-souris nous disposons de la vitesse du vent et la température à 98 m ainsi que l'heure relative du contact (temps écoulé après l'heure du coucher du soleil, celui-ci variant au cours des mois).

Il sera ainsi possible de caractériser l'effet des paramètres météorologiques sur l'activité des chiroptères et déterminer des paramètres de bridage des machines afin de diminuer le risque de collision.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 1.7 Équipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude (Tableau 3).

Tableau 3 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
<b>Contrôle qualité</b>	Ludivine DOYEN
<b>Chef de projet</b> Responsable du projet	Julien TRANCHARD
<b>Chargé d'étude</b> Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction	Julien TRANCHARD

2

## Synthèse et analyse des résultats

## 2 Synthèse et analyse des résultats

# 1 Analyse détaillée de l'activité des chiroptères contactés en altitude

En 2022, durant la période de suivi (275 nuits exploitables entre le 01 mars et le 30 novembre 2022) il a été obtenu :

- Au niveau de l'éolienne E3, 3 012 contacts de « 5 secondes » ou 833 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelé « minutes positives » ;
- Au niveau de l'éolienne E11, 2 625 contacts de « 5 secondes » ou 1 639 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelé « minutes positives » ;

### 1.1 Bibliographie

Dans le cadre de l'étude d'impact, les différentes méthodes d'écoutes ont permis de contacter 10 espèces de chauves-souris :

- La Pipistrelle commune – *Pipistrellus pipistrellus* ;
- La Noctule commune - *Nyctalus noctula* ;
- La Noctule de Leisler - *Nyctalus leisleri* ;
- La Sérotine commune – *Eptesicus serotinus* ;
- Le Grand Murin – *Myotis myotis* ;
- Le Murin à moustache – *Myotis mystacinus* ;
- Le Murin de Daubenton – *Myotis daubentonii* ;
- Le Murin de Brandt – *Myotis brandtii* ;
- Le Murin de Bechstein – *Myotis bechsteinii* ;
- La Barbastelle d'Europe – *Barbastella barbastellus*.

Deux groupes d'espèces non identifiées correspondant aux complexes Pipistrelle de Kuhl/Nathusius et Oreillard, sont également mentionnés.

### 1.2 Espèces contactées

La région Centre-Val-de-Loire accueille actuellement 25 espèces de chauves-souris sur les 36 espèces connues en France métropolitaine.

Au cours de cette étude menée en altitude en 2022, quatre espèces ont été identifiées avec certitude ainsi que deux groupes d'espèces :

- Noctule de Leisler- *Nyctalus leisleri* ;
- Noctule commune - *Nyctalus noctula* ;
- Pipistrelle commune - *Pipistrellus pipistrellus* ;
- Pipistrelle pygmée – *Pipistrellus pygmaeus* ;
- Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées - *Eptesicus serotinus* / *Nyctalus* sp. ;
- Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius - *Pipistrellus kuhlii* / *P. nathusii*.

Au cours de l'année 2022, 4 espèces de chauves-souris ont été contactées en altitude au niveau des éoliennes E3 et E11, ce qui représente un peu plus de 15% des 25 espèces présentes en région Centre-Val-de-Loire.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

**La richesse spécifique contactée lors de l'étude en altitude (4 espèces avérées) est jugée faible. Néanmoins, il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en altitude.**

Tableau 4 : Statuts de protection et de conservation des espèces et groupe d'espèce de chiroptères recensées en altitude sur le parc éolien des Pierrots en 2022.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation	
	Nationale	Communautaire	National	Régional
	Arrêté du 23 avril 2007	Directive « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE)	La liste rouge des espèces menacées en France (UICN France et al., 2017)	Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacés de la région Centre (NATURE CENTRE, CBNBP, 2014)
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	Art.2	Annexe IV	NT	NT
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	Annexe IV	VU	NT
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	Annexe IV	NT	LC
Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Art.2	Annexe IV	LC	DD
Espèces appartenant aux groupes d'espèces contactés.				
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art.2	Annexe IV	LC	LC
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	Annexe IV	NT	NT
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	Annexe IV	NT	LC

Légende : LC = préoccupation mineure ; NT = quasi menacée ; VU = vulnérable ; DD = données insuffisantes.

### 1.3 Abondance relative des chiroptères

Les tableaux ci-après présentent les nombres de contacts obtenus par espèce lors des expertises.

Tableau 5 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Occurrence Nuit observée sur site (Pourcentage de nuit avec contact)	Occurrence Nuit du référentiel (Pourcentage de nuit avec contact)
Noctule de Leisler	980	32,54%	289	34,69%	15,64%	15,7%
Groupe Sérotines / Noctules indéterminées	612	20,32%	182	21,85%	24,73%	NE
Noctule commune	450	14,94%	156	18,73%	13,45%	4,9 %
Groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	635	21,08%	111	13,33%	4,73%	53,6%
Pipistrelle commune	335	11,12%	95	11,40%	10,55%	NE

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Occurrence Nuit observée sur site (Pourcentage de nuit avec contact)	Occurrence Nuit du référentiel (Pourcentage de nuit avec contact)
<b>Total</b>	<b>3012</b>	<b>100,00%</b>	<b>833</b>	<b>100,00%</b>	<b>41,09%</b>	<b>67,8%</b>

NE : groupe d'espèce non évalué dans le référentiel

Tableau 6 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Occurrence Nuit (Pourcentage de nuit avec contact)	Occurrence Nuit du référentiel (Pourcentage de nuit avec contact)
Noctule de Leisler	839	31,96%	591	36,06%	24,73%	15,7%
Groupe Sérotines / Noctules indéterminées	623	23,73%	428	26,11%	33,09%	NE
Noctule commune	652	24,84%	344	20,99%	44,36%	4,9 %
Pipistrelle commune	269	10,25%	168	10,25%	18,18%	53,6%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	241	9,18%	107	6,53%	12,36%	NE
Pipistrelle pygmée	1	0,04%	1	0,06%	0,36%	0%
<b>Total</b>	<b>2625</b>	<b>100,00%</b>	<b>1639</b>	<b>100,00%</b>	<b>49,82%</b>	<b>67,8 %</b>

NE : groupe d'espèce non évalué dans le référentiel

Pour l'année 2022, l'analyse montre que :

- La **Noctule de Leisler** est l'espèce dominante en altitude en termes de nombre d'observation avec plus de **30 % des minutes positives**, quelles que soient les éoliennes.
- La **Noctule commune** est également particulièrement bien présente en altitude avec **18 à 20 % des minutes positives** obtenues, suivant l'éolienne. Cette espèce fait partie des espèces typiques de haut vol et bien présentes en altitude.

Les deux noctules sont bien présentes. Si on prend également en compte le **groupe d'espèces Sérotine commune / Noctules indéterminées** l'activité des noctules en altitude peut représenter 75 à 80 % des minutes positives enregistrées suivant l'éolienne.

- La **Pipistrelle commune** et le **groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius** sont moins fréquents en altitude. Elles représentent toutes les deux autour de 10 % des observations en minutes positives sur l'ensemble de la période.
- La Pipistrelle pygmée a été observée à une seule reprise dans le cadre de cette étude au niveau de l'éolienne E11.

En 2022, ce sont 833 à 1 639 minutes positives de chauves-souris qui ont été comptabilisées durant 275 nuits au niveau respectivement des nacelles des éoliennes E3 et E11 du parc éolien des Pierrots. **On obtient une moyenne de 3 à 5,9 minute positive par nuit en 2022, suivant l'éolienne.**

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

## 2 Synthèse et analyse des résultats

**d'enregistrement.** En effet, le nombre médian de minutes positives par nuit obtenu sur les différents suivis en altitude réalisés par Biotope (au moment de la rédaction du rapport) est de 4,7 minutes positives par nuit.

En comparaison avec le référentiel « Actichiro-altitude » (cf – Figure 7), les occurrences nuit, pour les espèces observées, sont variables suivant les espèces. Elles apparaissent supérieures à celles du référentiel pour les deux espèces de noctules et inférieures pour la Pipistrelle commune. Toutes espèces confondues, l'occurrence nuit est inférieure. **L'activité mesurée sur le site peut donc être considérée comme moyenne toutes espèces confondues et forte si on regarde uniquement les Noctules.**

### 1.4 Évolution de l'activité des chiroptères durant la période de suivi

#### 1.4.1 Activité journalière

Le graphique ci-dessous présente l'activité journalière moyenne par heure. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence les pics d'activités très ponctuels.

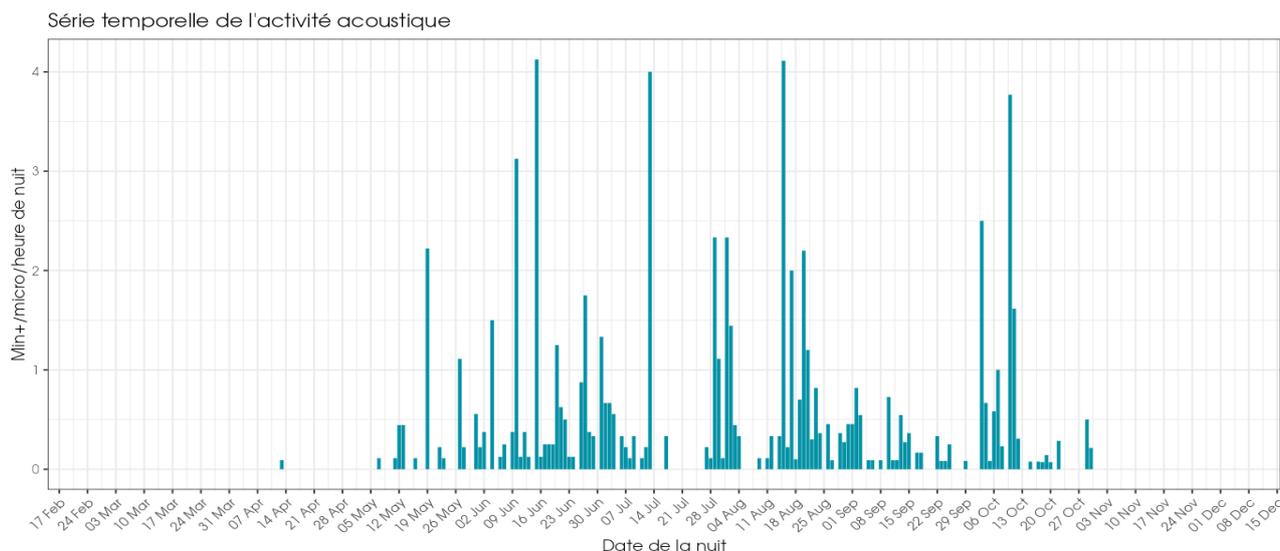


Figure 14 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

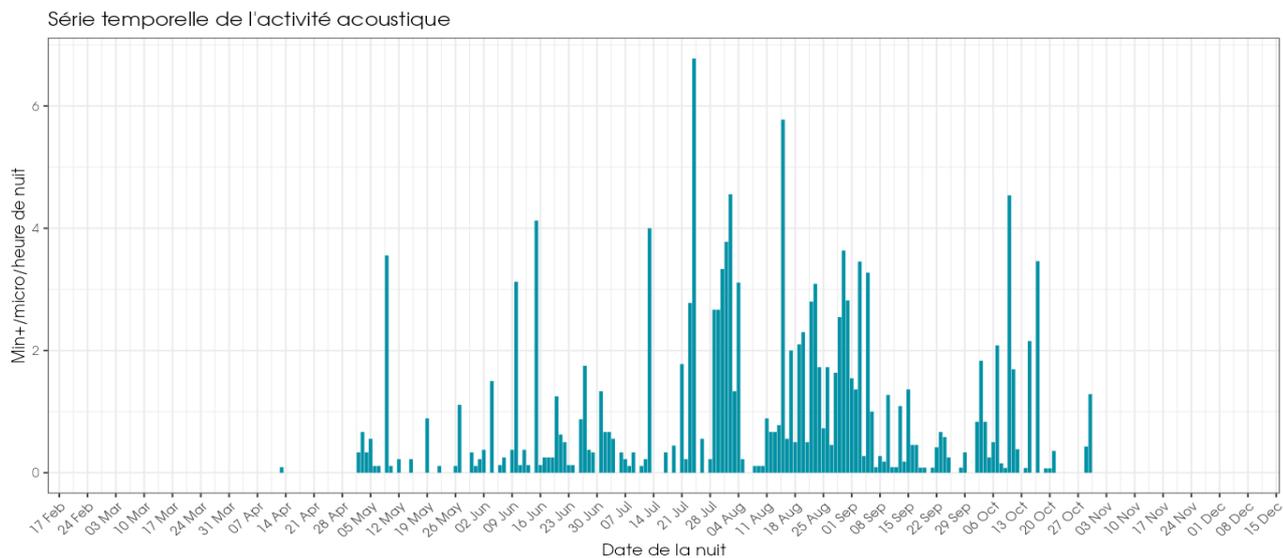


Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

### 1.4.2 Activité mensuelle

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours de la période de suivi.

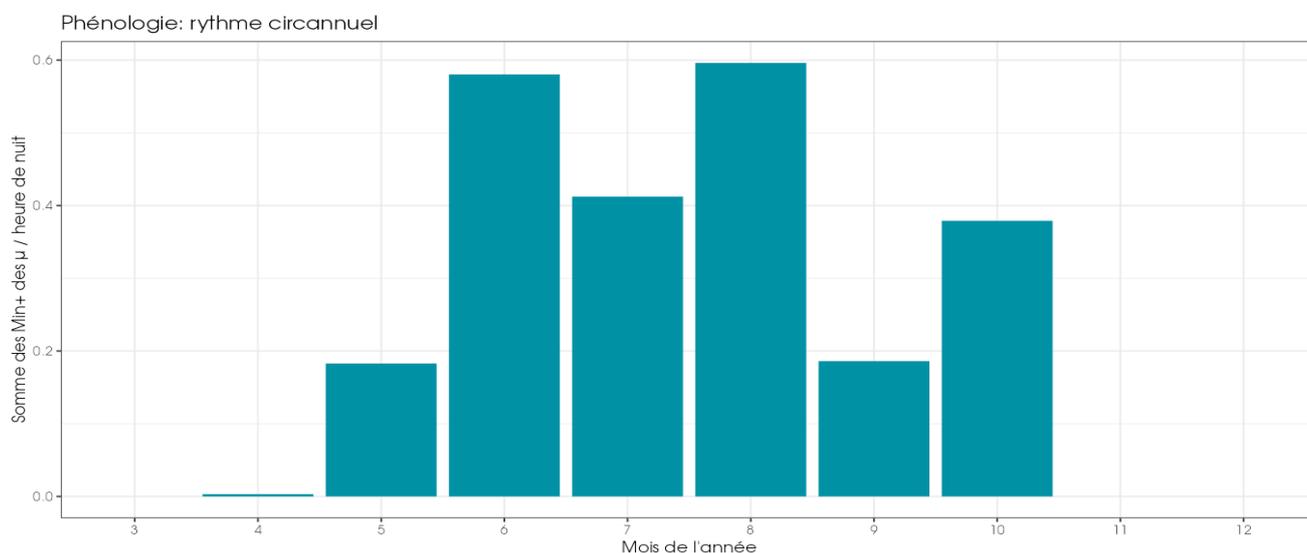


Figure 16 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

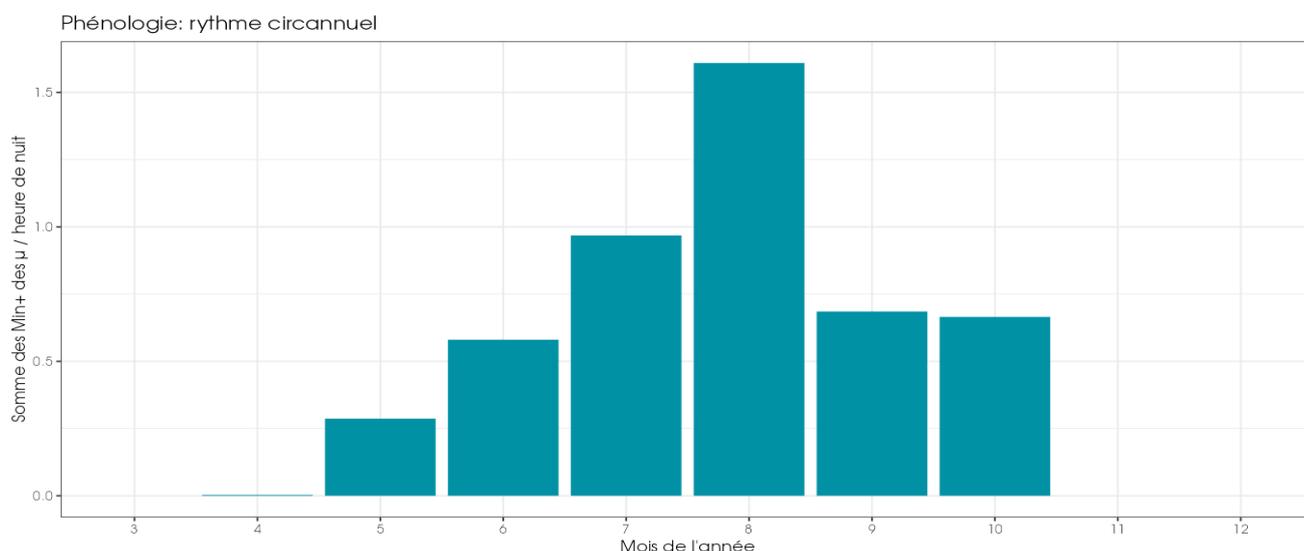


Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

L'activité la plus importante est observée sur la période estivale. Au niveau de l'éolienne E11, elle augmente régulièrement et est à son maximum au mois d'août. Au niveau de l'éolienne E3, l'activité est également marquée au mois d'août. On observe néanmoins également une activité importante au mois de juin.

Quelle que soit l'éolienne, on observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre apparaît nulle à très faible en 2022.

---

Au niveau des deux éoliennes, on observe donc une activité des chauves-souris en altitude en période de mise-bas des chauves-souris (juin-juillet) et également en période de migration entre août et octobre.

---

### **Groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune**

La **Noctule de Leisler** est particulièrement bien présente sur le site. Pour rappel, elle représente plus de 30 % des minutes positives enregistrées, quelle que soit l'éolienne. La Noctule de Leisler apparaît présente en altitude tout au long de la période d'activité des chauves-souris en altitude. Elle est présente sur le site dès le mois de mai jusqu'à octobre. L'activité reste globalement constante tout au long des mois.

La **Noctule commune** est un peu moins fréquente que la Noctule de Leisler, mais représente tout de même 18 à 20 % des minutes positives. Contrairement à la Noctule de Leisler, l'activité de la Noctule commune semble être plus importante au mois d'août (période de migration de l'espèce). Elle est moins fréquente avant et après. Ceci est visible sur les deux éoliennes suivies.

L'évolution du groupe des sérotines et noctules (correspondant aux sons non différenciables) montre des niveaux d'activité plus difficiles à interpréter. L'évolution des contacts enregistrés est influencée par les comportements des Noctule de Leisler et Noctule commune. On observe à la fois une activité qui semble relativement constante sur la période d'activité et un pic en août traduisant les comportements des deux noctules sur ce site.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

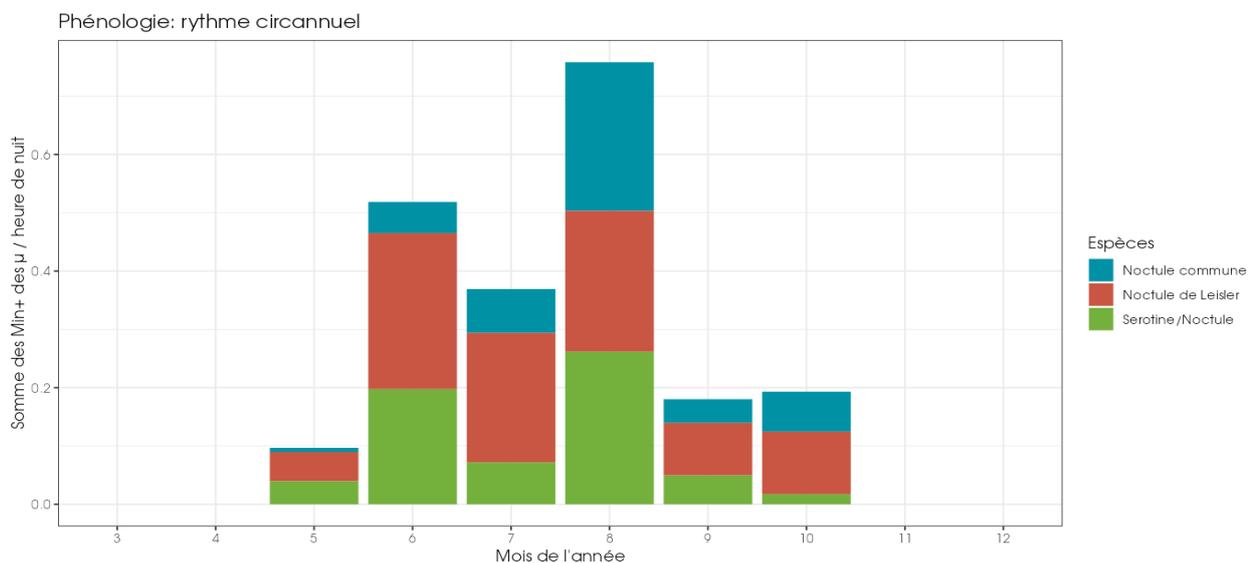


Figure 18 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines.

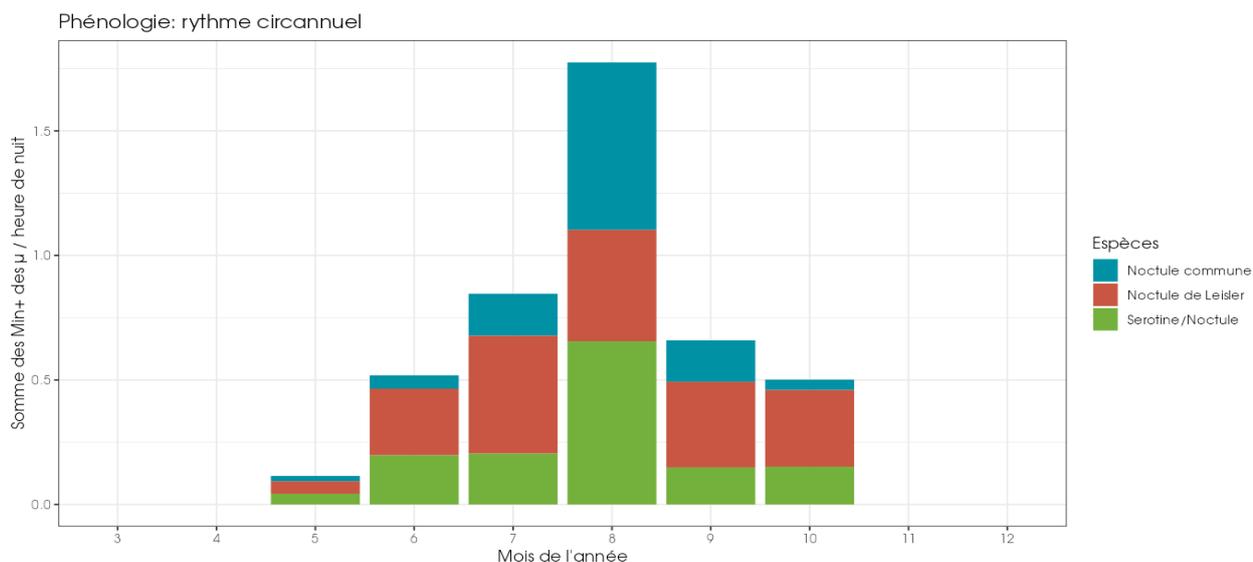


Figure 19 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines.

Les espèces de haut vol sont présentes de manière quasi constante durant les mois de mai à octobre.

En altitude, la distribution d'activité est classiquement plus marquée en fin de période estivale (migration automnale). Au niveau des plaines agricoles de la région Centre-Val-de-Loire, l'activité des noctules est souvent plus importante au mois d'août. Ce qui est également le cas sur le site des Pierrots. Ceci est particulièrement vrai pour la Noctule commune. La Noctule de Leisler montre des niveaux d'activité plus constants.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### Groupe *Pipistrelle commune* / *Pipistrelle de Kuhl* / *Pipistrelle de Nathusius*

La **Pipistrelle commune** représente un peu plus de 10 % des contacts en altitude sur le site en 2022, quelles que soient les éoliennes. L'espèce a été observée sur la grande majorité de la période d'observation, à l'exception du mois d'août au niveau de l'éolienne E3.

Le **groupe *Pipistrelle de Kuhl* / *P. de Nathusius*** représente 13 % des observations au niveau de l'éolienne E3 et 6 % au niveau de l'éolienne E11. Comme pour la *Pipistrelle commune*, les observations sont réparties sur l'ensemble des mois suivis, à l'exception du mois de mars-avril et du mois de novembre.

La *Pipistrelle Pygmée* a été observée à une seule reprise au mois de mai. Cela peut correspondre à un individu en transit.

Les pipistrelles sont présentes sur le site tout au long de la période d'activité. Il semble y avoir une activité plus importante au cours des mois de mai à juillet, correspondant à une activité des populations locales en période de mise-bas et élevage de jeunes. On peut noter au niveau de l'éolienne E3 une activité particulièrement marquée des pipistrelles durant le mois d'octobre. Ce pic correspond probablement à de l'activité de migration notamment de la *Pipistrelle de Nathusius*.

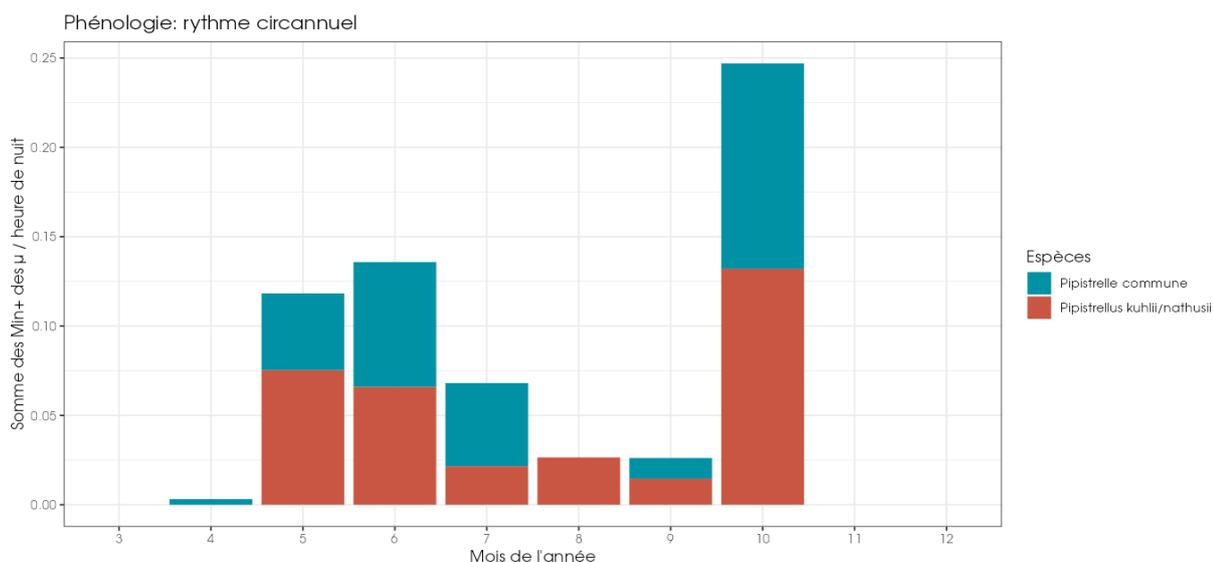


Figure 20 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

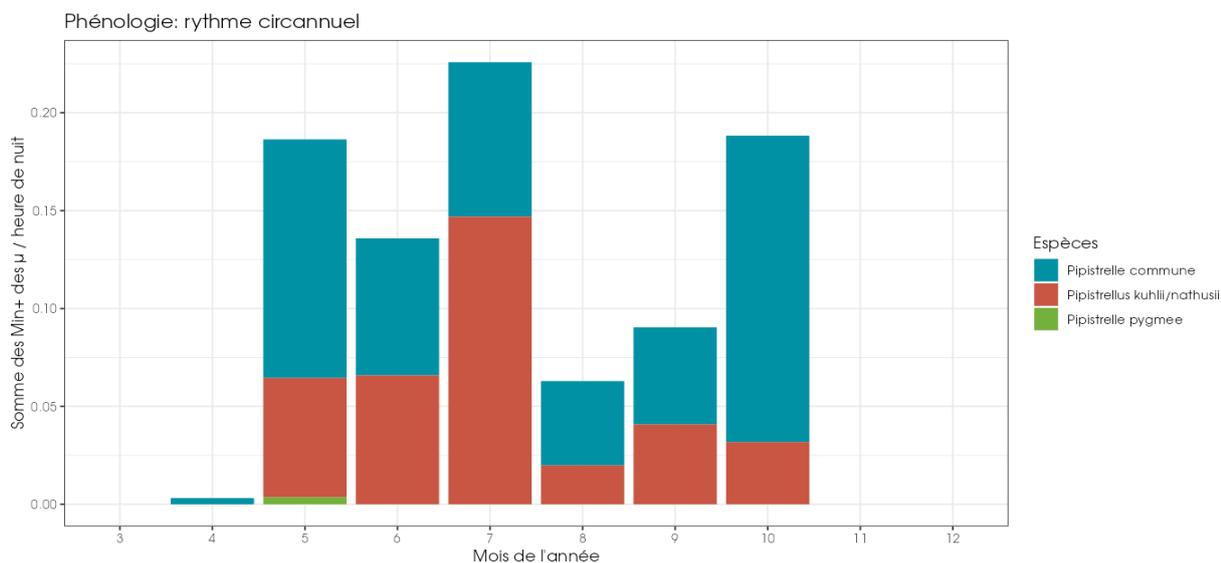


Figure 21 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles.

### Synthèse de l'activité mensuelle

L'analyse de la phénologie en 2022 met en évidence une activité plus importante en altitude en période de migration automnale et transit des noctules. L'activité est plus importante au mois d'août.

## 1.5 Analyse de l'activité des chiroptères 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).

## 2 Synthèse et analyse des résultats

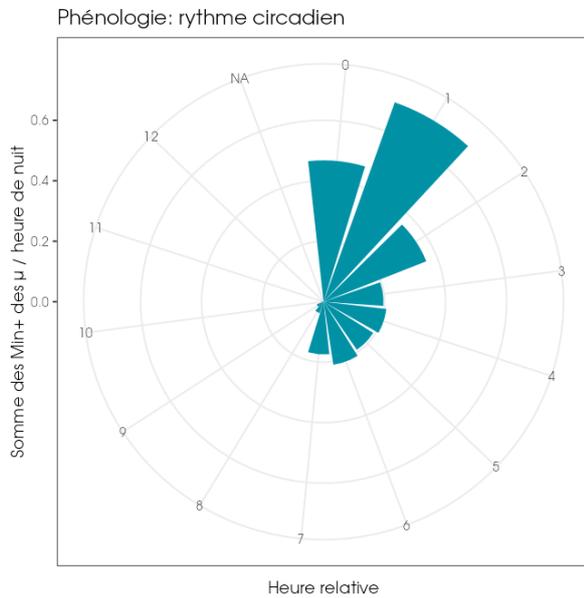


Figure 22 : Eolienne E3 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues.

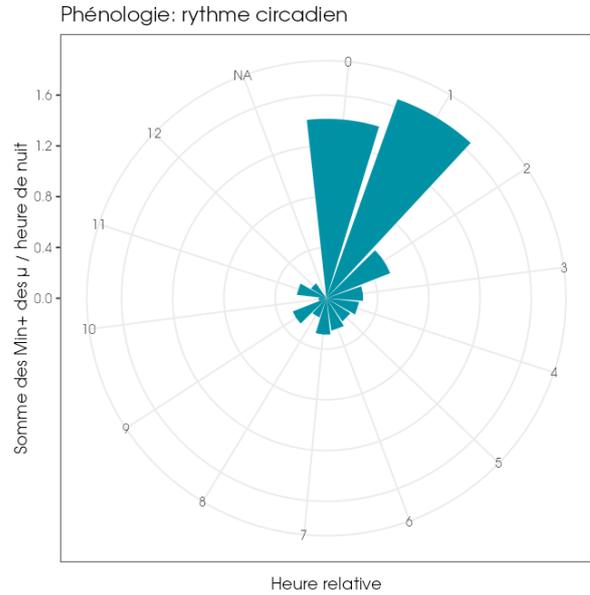


Figure 23 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues.

*L'heure relative indique le nombre d'heure écoulées depuis le dernier coucher du soleil. Cette variable a été ramenée à une échelle de valeurs discrètes utilisant la partie entière.*

L'analyse sur la totalité de la période d'enregistrement montre que l'activité des chauves-souris est visible sur l'ensemble de la nuit mais qu'elle est généralement plus importante durant les trois premières heures de la nuit et diminue ensuite. Néanmoins, l'activité ne disparaît pas totalement sur l'ensemble de la nuit.

On observe globalement une répartition de l'activité des chauves-souris équivalente durant les nuits des mois de mai à juillet. En période de migration, d'août à octobre, l'activité est également plus marquée en début de nuit mais montre également des pics d'activités plus marqués en fin de nuit.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

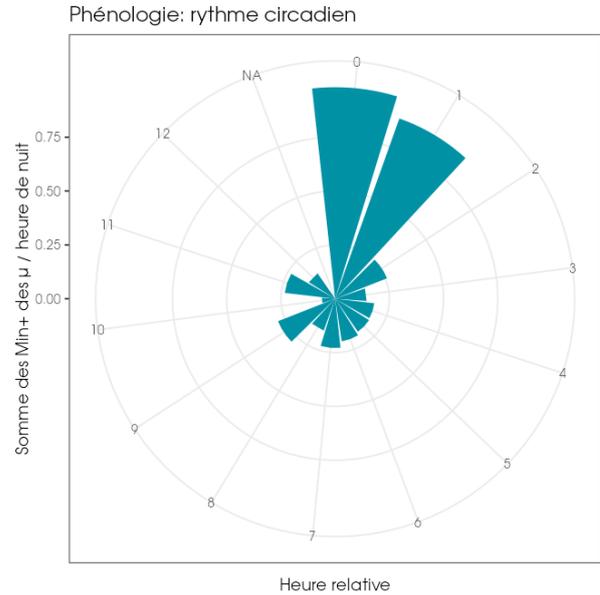
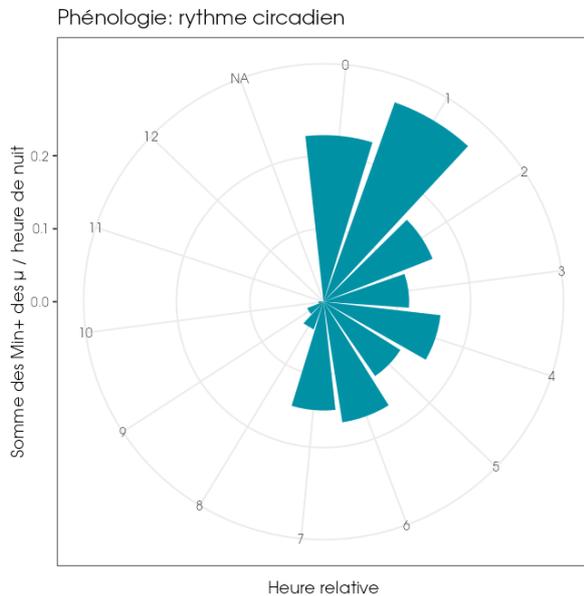


Figure 24 : Eolienne E3 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période des mois d'août à octobre.

Figure 25 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période des mois d'août à octobre.

L'heure relative indique le nombre d'heure écoulées depuis le dernier coucher du soleil. Cette variable a été ramenée à une échelle de valeurs discrètes utilisant la partie entière.

Le regain d'activité des chauves-souris durant la nuit à partir du mois d'août est également bien visible sur les actogrammes suivants.

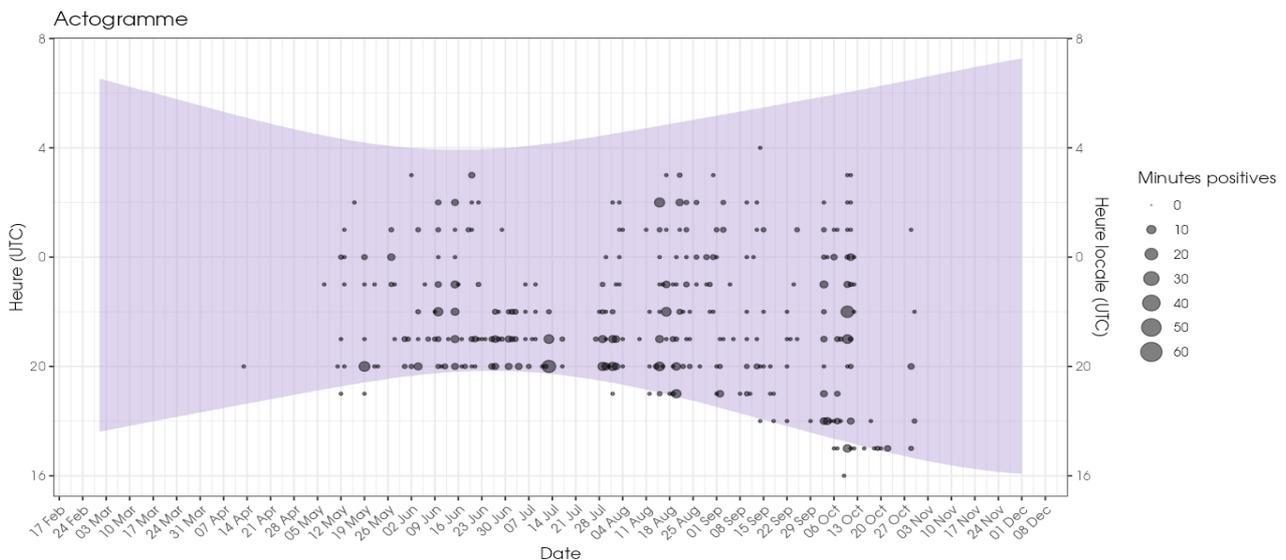


Figure 26 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc des Pierrots en 2022.

Dans l'actogramme, la zone colorée en violet correspond à la nuit ; la zone grise correspond à la période de non-fonctionnement du dispositif d'écoute en altitude.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

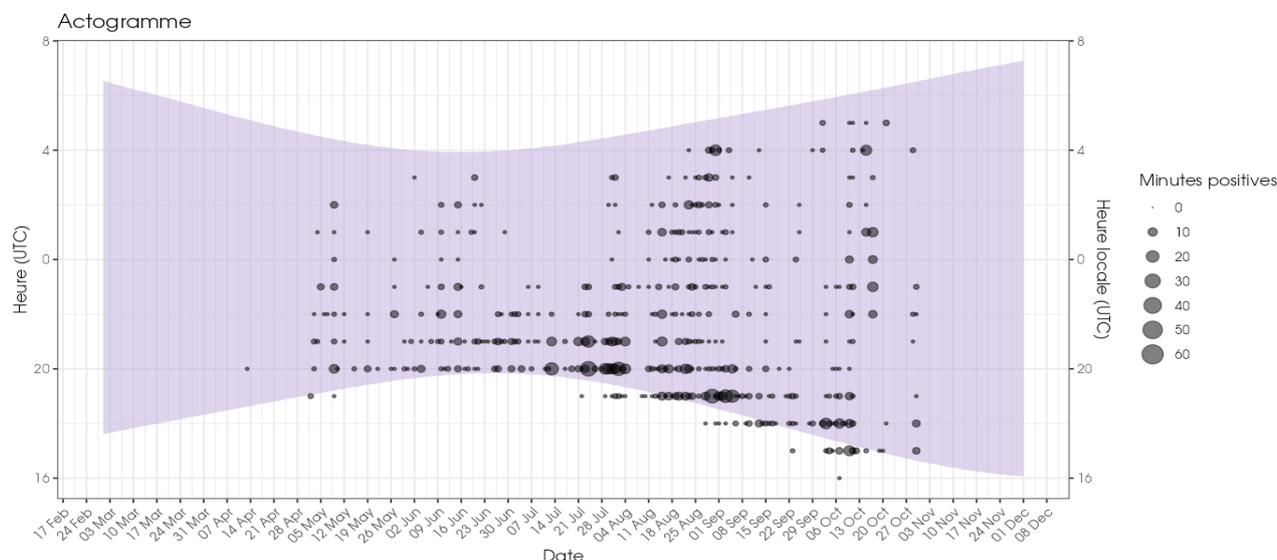


Figure 27 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022.

Dans l'actogramme, la zone colorée en violet correspond à la nuit ; la zone grise correspond à la période de non-fonctionnement du dispositif d'écoute en altitude

L'activité en altitude est fluctuante mais ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. Si on examine dans le détail cette activité sur l'ensemble des nuits, on constate qu'elle se concentre généralement en début de nuit. Mais ponctuellement, des pics d'activités en milieu de nuit, toutes espèces confondues, sont constatés – essentiellement concentrés en période intense de migration (août et septembre).

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

Les chapitres suivants présentent des analyses des activités notées en altitude 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 reste la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris). Il est à noter que les capteurs météo n'ont pas pu faire remonter des données pour l'ensemble des observations de chauves-souris réalisées sur les deux éoliennes. Pour l'analyse des paramètres météorologiques, le nombre total de minutes positives pour lesquelles les données météorologiques sont disponibles est de 2 458 (E3 : 828 et E11 : 1630) au lieu de 2 472 (E3 : 833 et E11 : 1 639).

### 2.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 98 m.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la vitesse du vent sur le site, obtenue au-dessus et au niveau de la

## 2 Synthèse et analyse des résultats

nacelle (98 m). Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de vitesse de vent (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égales à chaque classe de vitesse de vent (fonction de répartition – cdf).

### Eolienne E3 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E3 ont collectés la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0 à plus de 19 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,03 m/s et la médiane est à 4,7 m/s.

L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 9 m/s. Au-delà de ces bornes, 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).

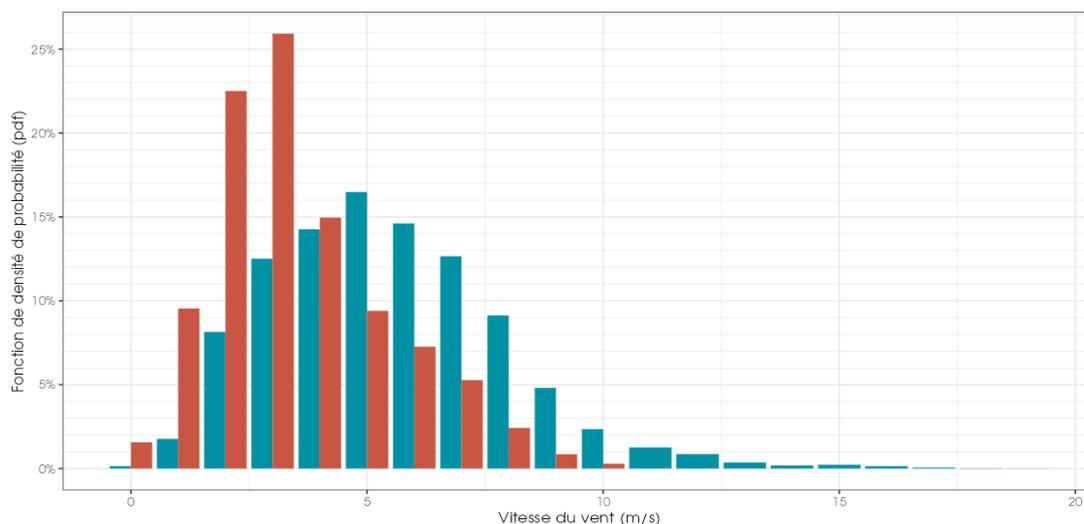


Figure 28 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E3 des Pierrots 2 en 2022.

pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des vitesses de vent enregistrées

pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

## 2 Synthèse et analyse des résultats

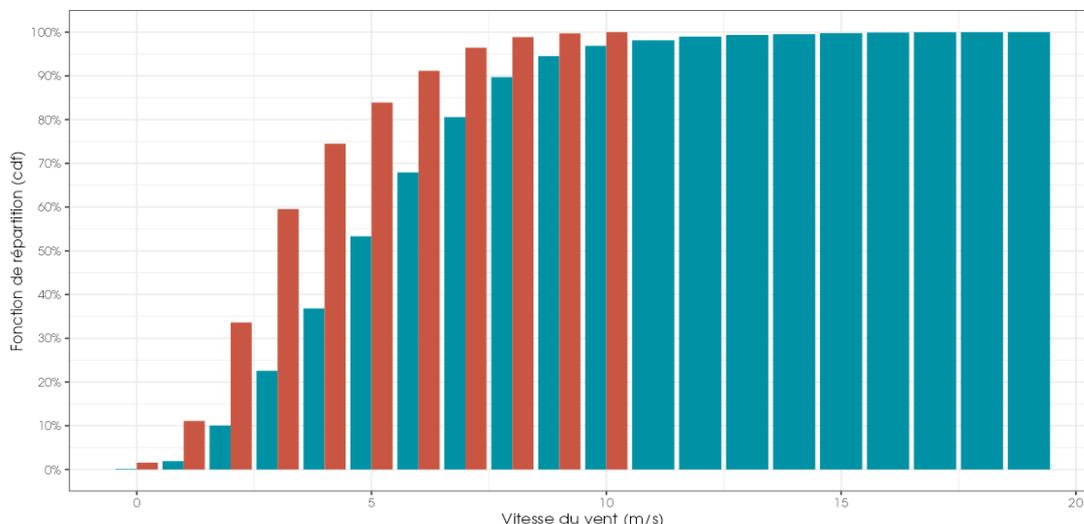


Figure 29 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.

pdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des vitesses de vent enregistrées

pdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

### Eolienne E11 :

Au niveau de cette éolienne, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0 à 19 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,2 m/s et la médiane est à 5,07 m/s.

L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 9 m/s. Au-delà de ces bornes, 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).

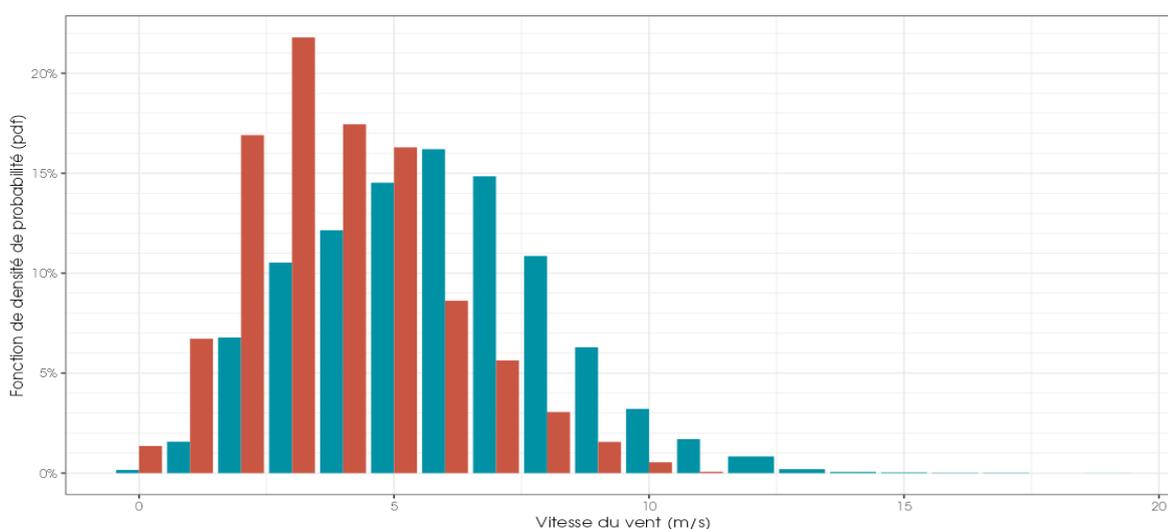


Figure 30 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des vitesses de vent enregistrées

## 2 Synthèse et analyse des résultats

pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

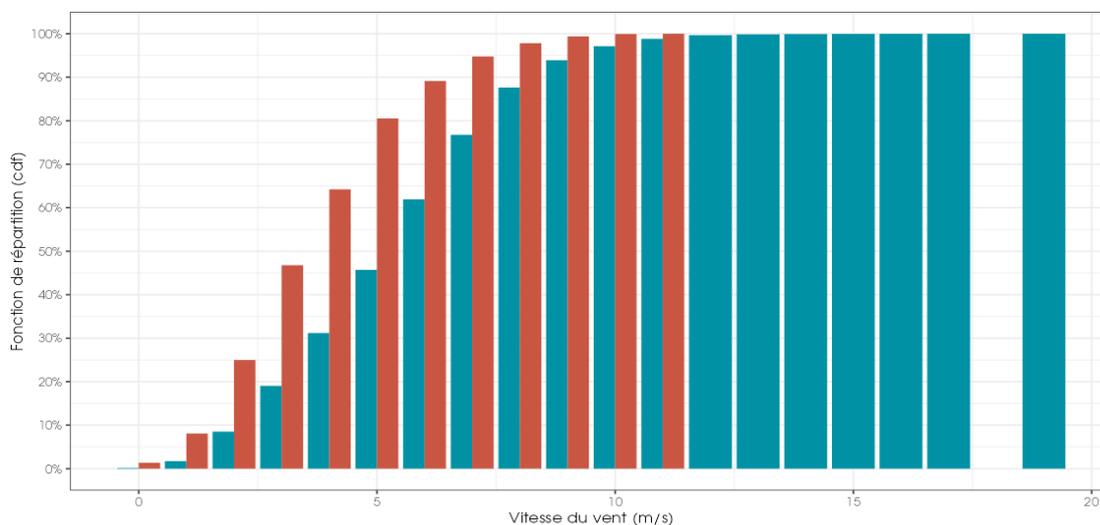


Figure 31 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

cdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des vitesses de vent enregistrées

pdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des vitesses de vent utilisées par les chauves-souris

**Toutes espèces confondues et quelle que soit l'éolienne, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 4 m/s.**

### 2.1.1 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 à hauteur des nacelles en 2022.

Tableau 7 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction des vitesses de vent en altitude sur les éoliennes du parc des Pierrots suivies en 2022.

	Vitesse de vent (en m/s à 98 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
<b>Limite de vent au niveau de E3</b>	2,9 m/s	4,5 m/s	5,6 m/s	6,3 m/s	6,9 m/s	9 m/s
<b>Limite de vent au niveau de E11</b>	3,6 m/s	5 m/s	6 m/s	6,8 m/s	7,5 m/s	9,7 m/s

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. L'affinité correspond au ratio entre « densité des conditions utilisées » et « densité des conditions disponibles ». Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (en bleu dans le graphique ci-dessous). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (rouge).

## 2 Synthèse et analyse des résultats

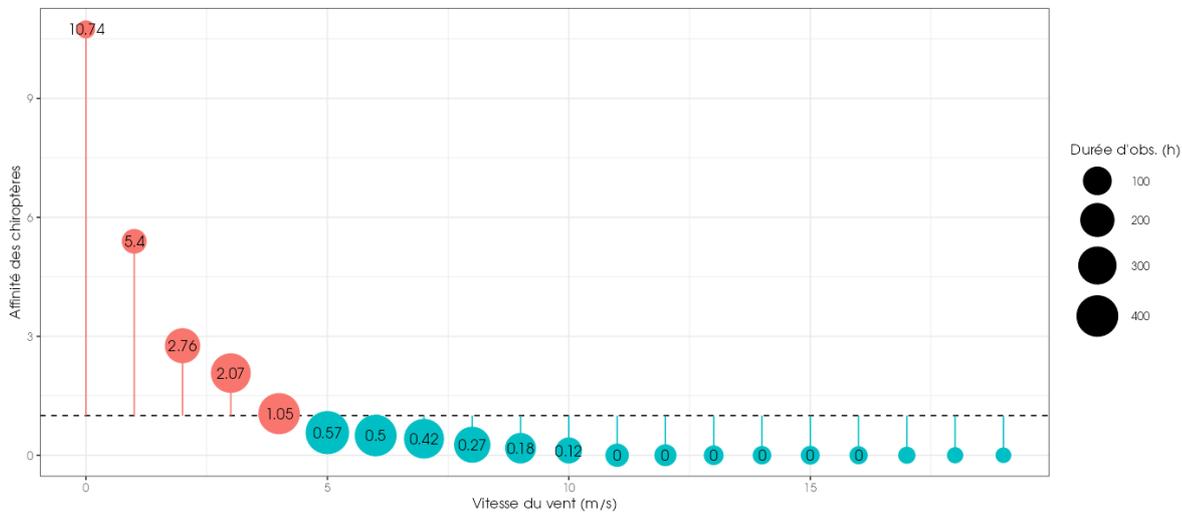


Figure 32 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E3 des Pierrots.

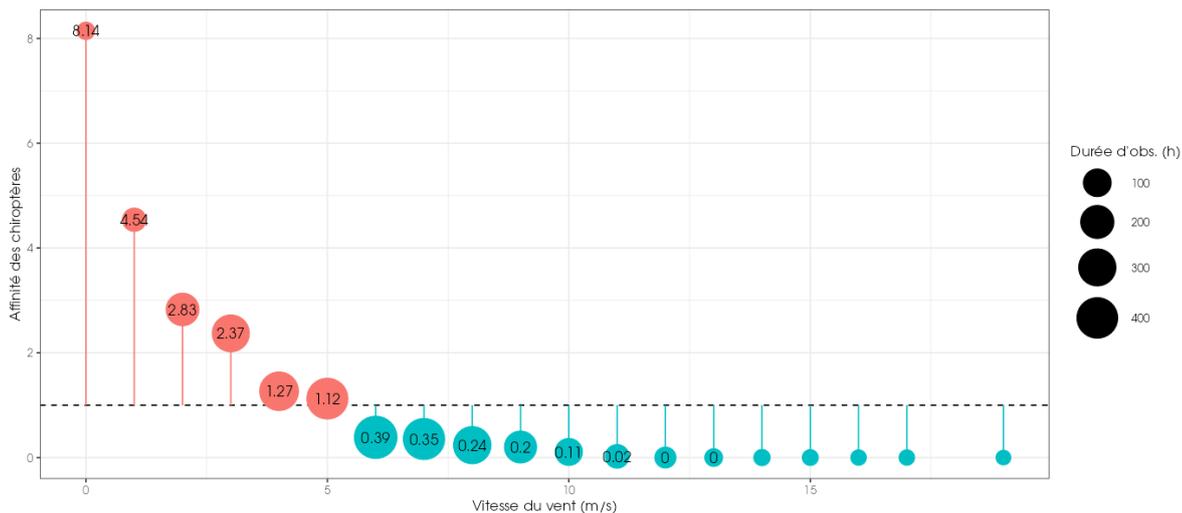


Figure 33 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E11 des Pierrots.

Dans le cadre du suivi, l'analyse des résultats montre que 90 % de l'activité des chauves-souris à lieu à des vitesses de vent inférieure à 6,3 ou 6,8 m/s et qu'on observe une nette préférence des chauves-souris pour des vents nocturnes inférieurs à 5 ou 6 m/s, suivant l'éolienne.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

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

En 2022, on observe une activité en altitude en fonction de la vitesse du vent relativement semblable sur l'ensemble des deux éoliennes suivies, E3 et E11. L'analyse des seuils de vent utilisé par les chauves-souris permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 6,3 m/s (E3) et 6,8 m/s (E11) ;

- 75 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 4,5 m/s (E3) et 5 m/s (E11) ;

- 50 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 2,9 m/s (E3) et 3,6 m/s (E11) ;

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des résultats montre une préférence des chauves-souris pour des vitesses de vent inférieures à 5 ou 6 m/s suivant l'éolienne.

## 2.2 Activité en fonction de la température mesurée à 98 m.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site, obtenue au niveau de la nacelle (98 m). 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).

### ***Eolienne E3 :***

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de 0,3 à 39,8°C, la médiane des températures observées est à 16,4°C.

L'échantillonnage est globalement significatif pour les températures supérieures à 8°C et inférieures à 26°C. Au-delà de ces bornes, 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).

## 2 Synthèse et analyse des résultats

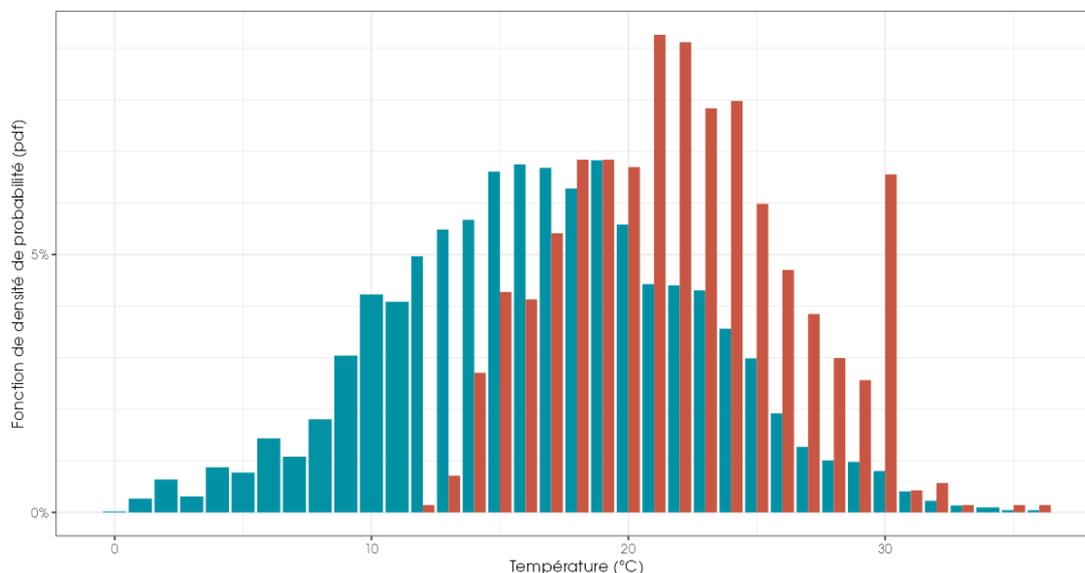


Figure 34 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.

pdf (conditions disponibles) – fonction de densité des températures enregistrées

pdf (conditions utilisées) – fonction de densité des températures utilisées par les chauves-souris

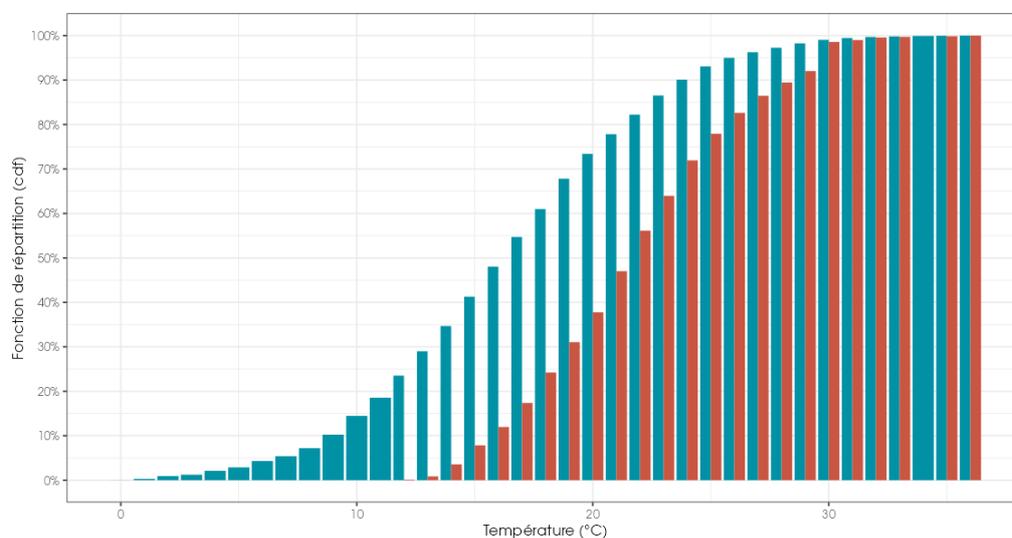


Figure 35 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E3 des Pierrots en 2022.

cdf (conditions disponibles) – fonction de répartition des températures enregistrées

cdf (conditions utilisées) – fonction de répartition des températures utilisées par les chauves-souris

### **Eolienne E11 :**

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de 0,2 à 40°C, avec une médiane à 17°C.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

L'échantillonnage est globalement significatif pour les températures supérieures à 8°C et inférieures à 24°C. Au-delà de ces bornes, 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).

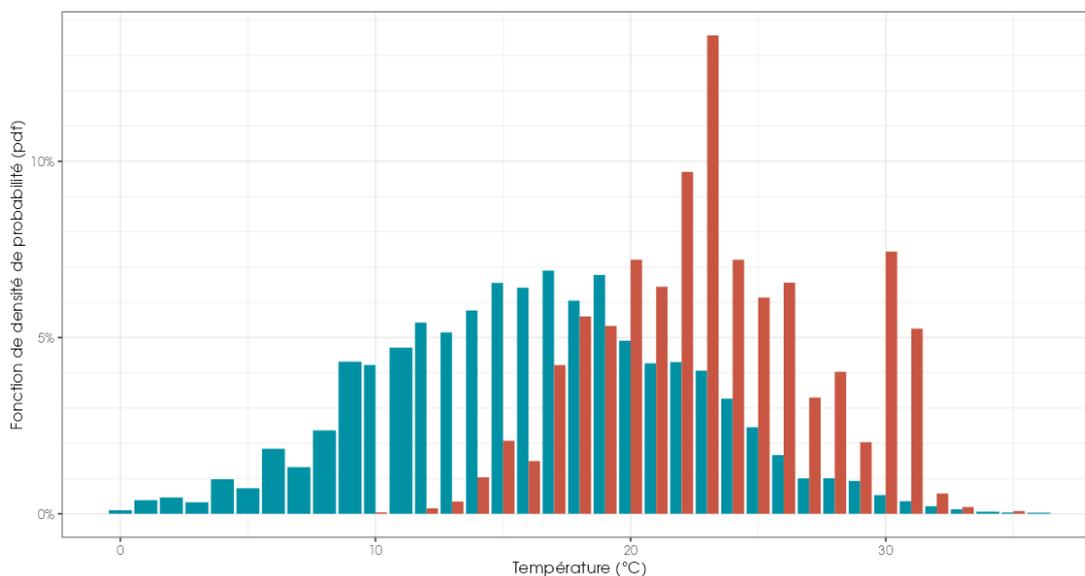


Figure 36 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

[pdf \(conditions disponibles\)](#) – fonction de densité des températures enregistrées

[pdf \(conditions utilisées\)](#) – fonction de densité des températures utilisées par les chauves-souris

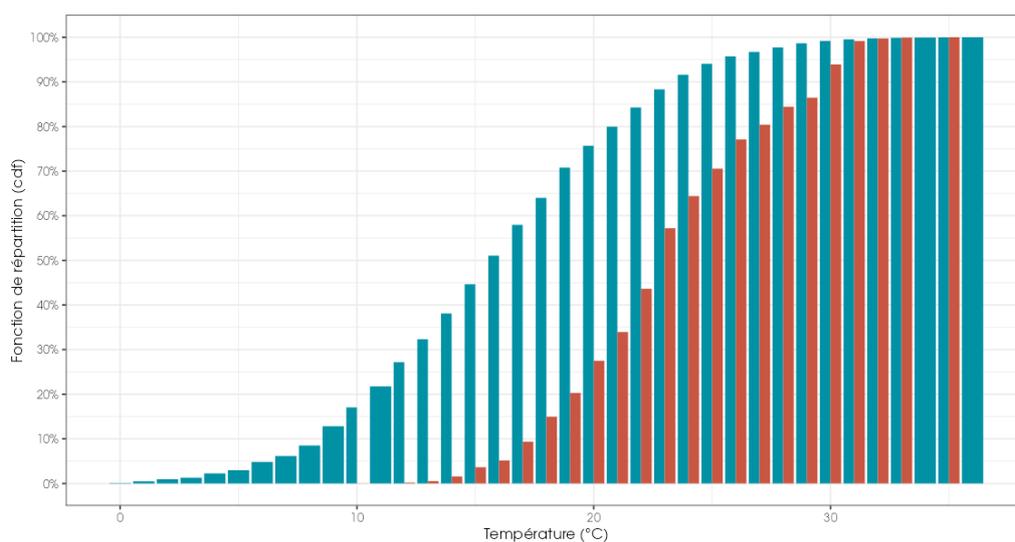


Figure 37 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

[cdf \(conditions disponibles\)](#) – fonction de répartition des températures enregistrées

[cdf \(conditions utilisées\)](#) – fonction de répartition des températures utilisées par les chauves-souris

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Suivant l'éolienne, les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 10 à 12°C. Sous cette température et malgré l'importance de la disponibilité en plages temporelles, l'activité est nulle. L'activité en altitude des chauves-souris sur le site est optimale entre 15 et 30°C.

### 2.2.1 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 de l'activité des chauves-souris en fonction de la température en altitude sur les deux éoliennes suivies sur le parc des Pierrots en 2022.

	Température (en °C à 98 m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts ciblés					
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Limite de température au niveau de E3	21,1 °C	18,1 °C	17,1 °C	15,7 °C	14,7 °C	13,4 °C
Limite de température au niveau de E11	22,7 °C	19,5 °C	17,9 °C	17 °C	15,4 °C	13,5 °C

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. L'affinité correspond au ratio entre « densité des conditions utilisées » et « densité des conditions disponibles ». Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (en bleu dans le graphique ci-dessous). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (rouge).

Dans le cadre du suivi, l'analyse des résultats montrent une nette préférence des chauves-souris pour des températures nocturnes supérieures à 18 à 20°C.

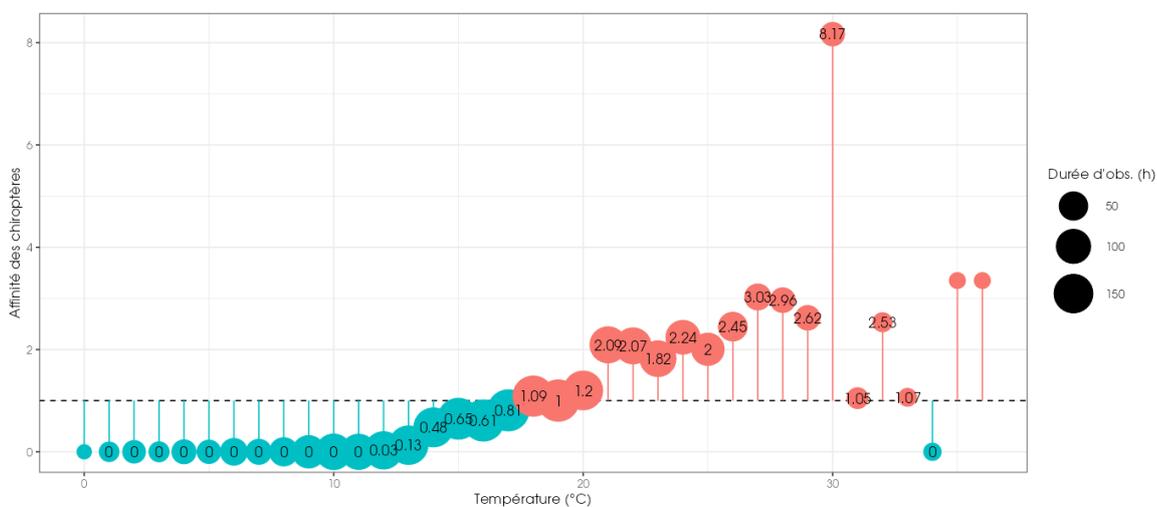


Figure 38 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E3 des Pierrots.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

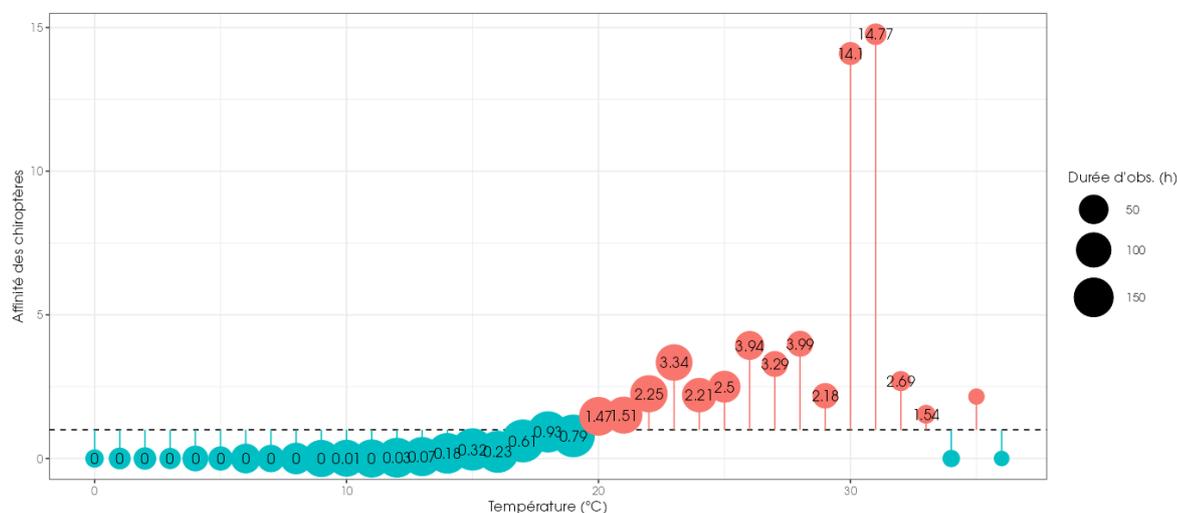


Figure 39 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E11 des Pierrots.

### 2.2.2 Bilan de l'activité en altitude en fonction de la température

Sur le parc éolien des Pierrots, durant les écoutes réalisées en 2022, l'activité en altitude recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 98 m), permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été enregistrée entre des températures supérieures à 15,7°C (E3) ou 17°C (E11) ;

- 75 % de l'activité a été enregistrée entre des températures supérieures à 18,1°C (E3) ou 19,5°C (E11) ;

- 50 % de l'activité a été enregistrée entre des températures supérieures à 21,1°C (E3) ou 22,7°C (E11) ;

L'analyse des résultats montre une préférence des chauves-souris pour des températures supérieures à 18 (éolienne E3) ou 20°C (éolienne E11), quelle que soit l'éolienne si on prend en compte uniquement l'affinité.

## 2.3 Combinaison des facteurs température et vitesse de vent

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

Les graphiques suivants représentent l'affinité bidimensionnelle, à la fois pour la température et la vitesse de vent.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### Eolienne E3 :

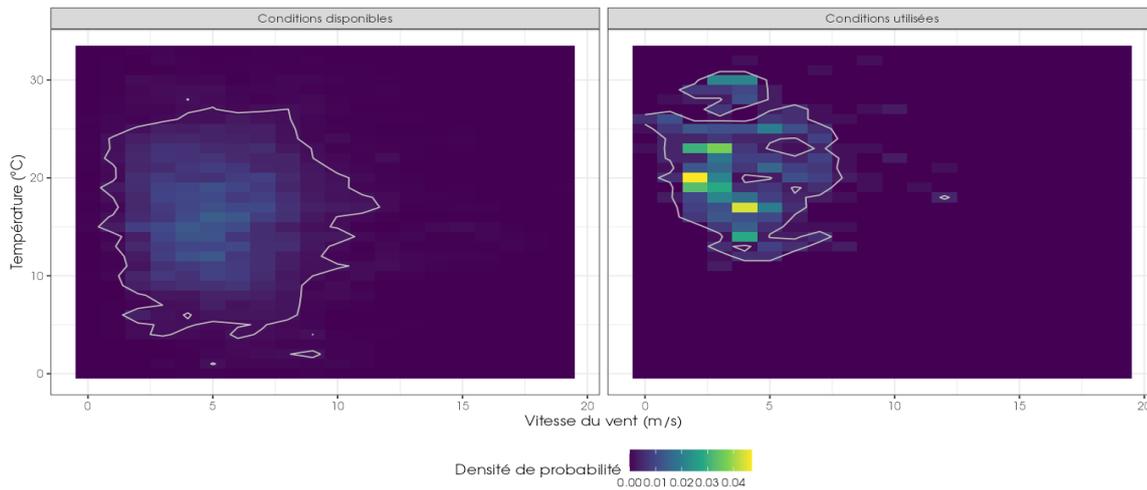


Figure 40 : Eolienne E3 - Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2022 (l'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions).

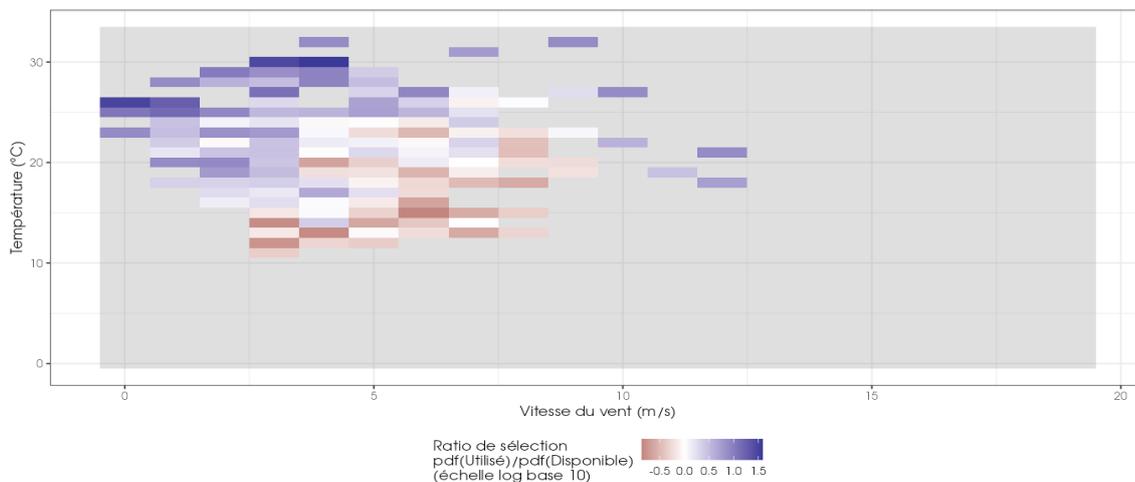


Figure 41 : Eolienne E3 - Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2022 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.

La couleur blanche indique l'absence de préférence par les chiroptères, le rouge indique une sélection des conditions 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, et le bleu indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### Eolienne E11 :

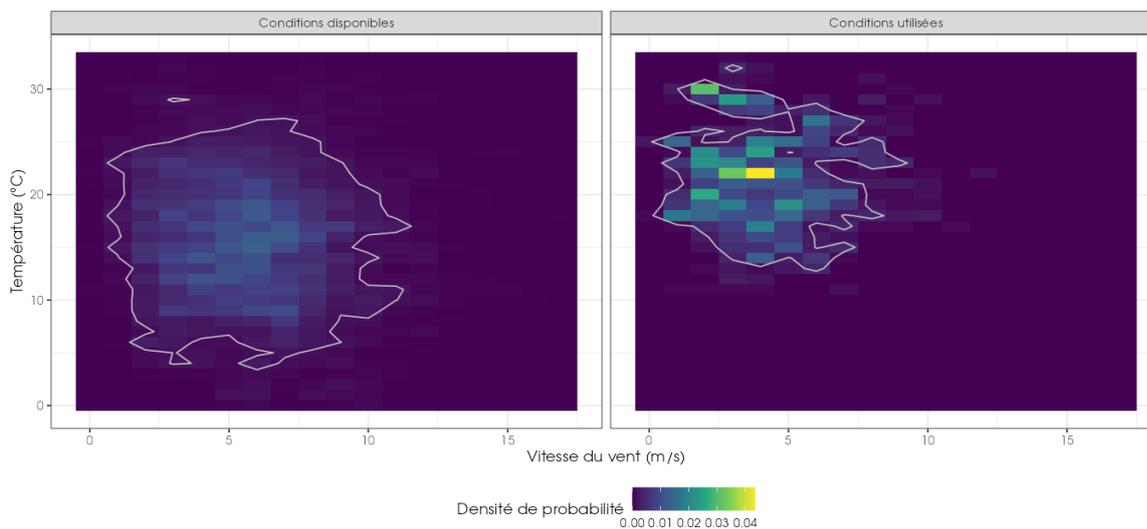


Figure 42 : Eolienne E11 - Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2022 (l'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions).

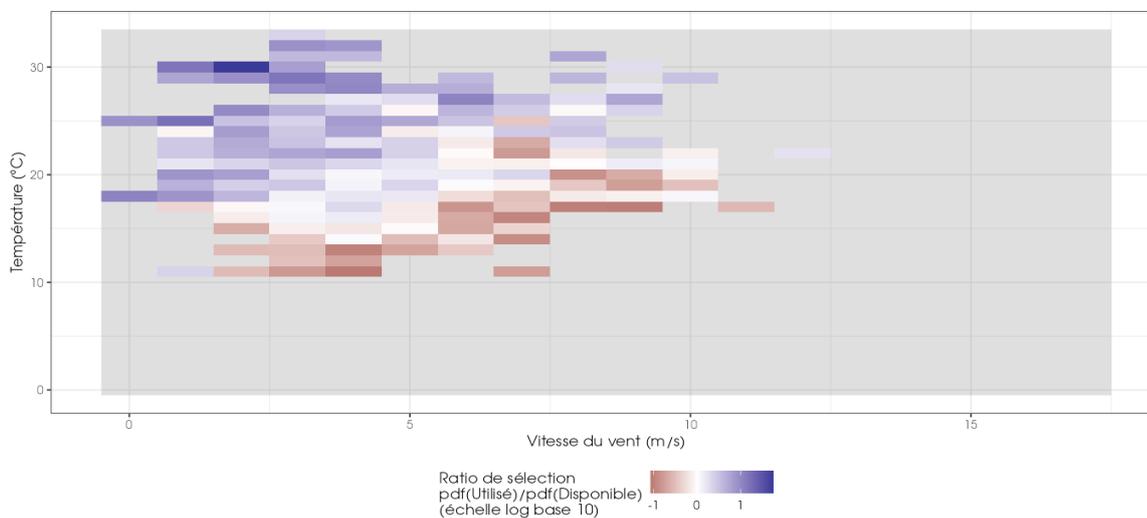


Figure 43 : Eolienne E11 - Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2022 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.

La couleur blanche indique l'absence de préférence par les chiroptères, le rouge indique une sélection des conditions 10 fois moins fréquente qu'en absence de préférence, et le bleu indique une sélection 10 fois plus fréquente qu'en absence de préférence.

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc des Pierrots et de l'activité des chiroptères associée, il ressort que l'utilisation du site (en bleu) a lieu dans des gammes de vitesse de vent comprises entre 0 et 9 m/s et de températures comprises entre 15 à 30°C. Le

## 2 Synthèse et analyse des résultats

front de séparation entre les ratios de sélection préférentiel (bleu) et les combinaisons des paramètres de vents et températures moins favorables (rouge) est globalement oblique. Cela montre que les deux variables influencent l'activité des chauves-souris en altitude.

Il convient de noter que pour des conditions météorologiques rares (températures supérieures à 25°C), les chances d'utilisation du site par les chauves-souris, et ce malgré des vitesses de vent plus fortes, sont non négligeables.

---

3

## Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

### 3 Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

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

En 2022, deux dispositifs d'enregistrement automatique (SM3Bat et SMART) équipé d'un micro ont été placés à 98 m au sein des nacelles des éoliennes E3 et E11 du parc éolien des Pierrots dans l'Indre (36).

Aucun dysfonctionnement du dispositif installé au niveau des nacelles n'a été observé. Il a permis d'enregistrer l'activité des chauves-souris entre 1 mars et le 30 novembre 2022 soit durant 275 nuits, pour chacune des éoliennes.

Les enregistrements ont permis l'identification de 4 espèces avec certitude. Ce qui représente un peu plus de 15 % des 25 espèces répertoriées en région Centre-Val-de-Loire. Il s'agit d'une diversité faible. Néanmoins, **il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées dans ce type d'étude.**

Sur la période d'enregistrement de l'activité des chauves-souris, l'activité en altitude observée durant cette période peut être considérée comme moyenne au regard d'autres sites suivis dans le quart nord-ouest de la France suivant le même protocole.

Le suivi en altitude montre que :

- La **Noctule de Leisler** est l'espèce dominante en altitude en termes de nombre d'observation avec près de **30 % des minutes positives**, quelles que soient les éoliennes.
- La **Noctule commune** est également particulièrement bien présente en altitude avec **18 à 20 % des minutes positives** obtenues, suivant l'éolienne. Cette espèce fait partie des espèces typiques de haut vol et bien présentes en altitude.
- La **Pipistrelle commune** et le **groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius** sont moins fréquents en altitude. Elles représentent toutes les deux environ 10 % des observations en minutes positives sur l'ensemble de la période (un peu plus ou un peu moins suivant l'éolienne et l'espèce).
- La Pipistrelle pygmée a été observée à une seule reprise dans le cadre de cette étude au niveau de l'éolienne E11.

---

La phénologie observée montre une activité des chauves-souris principalement sur les mois de mai à octobre. **On observe également une activité plus importante sur le mois d'août correspondant à la phase de migration des Noctules.** Ceci est particulièrement le cas pour la Noctule commune. La Noctule de Leisler semble relativement constante sur l'ensemble des mois où on observe la présence de chauves-souris.

Les pipistrelles sont également bien présentes en altitude, mais semble plus fréquentes durant les mois de juin-juillet et octobre. L'activité plus importante en octobre peut correspondre à une activité de migration, notamment de la Pipistrelle de Nathusius.

**L'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit avec ponctuellement des gains en milieu de nuit en période intense de migration (août et septembre).**

---

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris en altitude, les vitesses de vent et la température a été mise en évidence :

- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des vitesses de vent inférieures à 6,3 à 6,8 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 15,7 à 17 °C ;

### 3 Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

#### **Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique**

En 2022, en cours de suivi, il a été décidé de mettre en place un bridage correctif pour les chauves-souris compte-tenu des observations réalisées durant le mois d'août et des découvertes régulières de chauves-souris à chaque passage. Le bridage a été effectif à partir du 9 septembre 2022. Il a été mis en place sur l'ensemble des éoliennes du parc, avec les paramètres suivants : Vent :  $\leq 6\text{m/s}$  ; Température :  $\geq 10^\circ\text{C}$  ; Du coucher au lever du soleil.

Tableau 9 : Evaluation du bridage actuel pour le parc des Pierrots à partir des observations réalisées en 2022 sur les éoliennes E3 et E11.

Paramètre	Critère d'asservissement	
Température (à 104m)	Supérieure ou égale à $10^\circ\text{C}$	
Vitesse du vent (à 70m)	Inférieure ou égale à $6\text{ m/s}$	
Heure relative	Toute la nuit	
Mois concerné	9 septembre au 30 novembre	
	Evaluation sur l'ensemble de la période d'enregistrement au niveau des deux éoliennes	Evaluation sur la période de bridage effectif en 2022
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	22,23% toutes espèces confondues	86,67% toutes espèces confondues
Nombre de minute positive restant à risque	1910 minutes sur 2456 toutes espèces confondues	84 minutes sur 630 toutes espèces confondues
Proportion d'activité le groupe des Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	18,33%	85,01%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des noctules	1617 minutes sur 1980 minutes de présence des noctules sp.	64 minutes sur 427 minutes de présence des noctules sp.
Proportion d'activité de Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	13,45%	84,81%
Nombre de minute positive restant à risque pour les noctules commune	431 minutes sur 498 minutes de présence des Noctules communes	12 minutes sur 79 minutes de présence des Noctules commune
Proportion d'activité de Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	38,45%	63,55%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	293 minutes sur les 476 minutes de présences des Pipistrelles	74 minutes sur 203 minutes de présence des Pipistrelles

En 2022, le bridage mis en place en cours de saison n'est pas adapté et ne permet pas de couvrir convenablement les périodes à risques. Ceci est normal du fait de son activation en cours de saison au regard de la mortalité imprévisible observée. Les écoutes réalisées sur l'ensemble de la période mars à novembre en 2022 permettent d'évaluer les proportions de contacts protégés par le bridage actuel et de définir des périodes et seuils de vent et températures adaptés.

Plusieurs scénarii ont été évalués ci-dessous avec l'activité des chauves-souris obtenue en 2022 au niveau des éoliennes E3 et E11.

### 3 Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères

Pour l'évaluation de ces scénarii, le nombre de minutes positives total est légèrement inférieur à celui observé et mentionné dans l'étude. Ceci est dû au fait que pour certains contacts, les capteurs météorologiques des éoliennes n'ont pas fait remonter de données de vitesse de vent et températures. Le nombre de contacts total reste néanmoins suffisant pour évaluer les bridages. Le total de minutes positives associé avec des données météo de l'ensembles des deux éoliennes E3 et E11 étant de 2 458 au lieu de 2 472, soit plus de 99,43%.

Tableau 10 : Simulation du bridage avec de nouveaux paramètres pour le parc éoliens les Pierrots.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Période de mise en service du bridage</b>	Du 1 <sup>er</sup> avril au 31 octobre, correspondant à la période d'activité des chiroptères en altitude	Du 1 <sup>er</sup> mai au 31 octobre, correspondant à la période d'activité principale des noctules en altitude	Du 1 <sup>er</sup> juin au 31 octobre, correspondant à la période d'activité principale des noctules en altitude
<b>Seuil de température</b>	Par des températures supérieures ou égales à 10°C	Par des températures supérieures ou égales à 13°C	Par des températures supérieures ou égales à 10°C
<b>Seuil de vent</b>	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à <b>6 m/s</b>		
<b>Nombre d'heures durant la nuit</b>	L'ensemble de la nuit		
<b>Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée</b>	86,20%	86,16%	81,43%
<b>Nombre de minute positive restant à risque</b>	339 minutes sur 2 456 toutes espèces confondues	340 minutes sur 2 456 toutes espèces confondues	456 minutes sur 2 456 toutes espèces confondues
<b>Proportion d'activité du groupe des Noctules /Sérotines (en %) couverte par le modèle sur la période concernée</b>	86,67%	86,67%	84,09%
<b>Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des Noctules /Sérotines</b>	264 minutes sur 1 980 minutes de présence des noctules sp.	264 minutes sur 1 980 minutes de présence des noctules sp.	315 minutes sur 1 980 minutes de présence des noctules sp.
<b>Proportion d'activité de Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée</b>	91,57%	91,57%	89,96%
<b>Nombre de minute positive restant à risque pour les noctules communes</b>	42 minutes sur 498 minutes de présence des Noctules communes	42 minutes sur 498 minutes de présence des Noctules communes	50 minutes sur 498 minutes de présence des Noctules communes
<b>Proportion d'activité des Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée</b>	84,24%	84,03%	68,49%
<b>Nombre de minute positive restant à risque pour les Pipistrelles</b>	75 minutes sur les 476 minutes de présences des Pipistrelles	76 minutes sur les 476 minutes de présences des Pipistrelles	150 minutes sur les 476 minutes de présences des Pipistrelles

Nous recommandons de mettre en œuvre en 2023, le protocole de bridage correspondant au scénario 2. Ce bridage permet de couvrir 86% de l'activité toutes espèces confondues et surtout plus de 90% de l'activité des Noctules communes. Les nouveaux paramètres de bridage feront l'objet d'une évaluation de son efficacité lors du suivi mortalité et suivi de l'activité en altitude qui aura lieu en 2023.

4

Bibliographie

## 4 Bibliographie

ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS J. & HORN J., 2005. Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.

ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M., 2015. Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.

BARATAUD, M., 2020. Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. 4ème édition. Biotope / Publications scientifiques du MNHN. 360 p.

BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.

BOULIGAND S., LECOQ A., DULAC P., MARCHADOUR B., MEME-LAFOND B., LE NEVE 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.

DALTHORP, D., MADSEN, L., HUSO, M., RABIE, P., WOLPERT, R., STUDYVIN, J., SIMONIS, J., and MINTZ, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p.

HAQUART, A., 2013. Actichiro : référentiel d'activité des chiroptères – Éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française. EPHE.

HAQUART, A. 2017. Reference scale of activity levels for microphones installed on winds masts in France and Belgium. 14th European Bat Research Symposium, Donostia (Espagne), 1-5 août 2017. Poster.

HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.

HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. 2005. Bat migrations in Europe: A review of literature and analysis of banding data. Naturschutz und Biologische Vielfalt No. 28: 1-172.

IMPACT ET ENVIRONNEMENT, 2008. Parc éolien sur les communes de Juillé, Piacé, Vivoin (72) – étude d'impact. 207 p.

MARCHADOUR B., BANASIAK M., BARBOTIN A., BESLOT E., CHENAVAL N., GROSBOIS X., MEME-LAFOND B., MONTFORT D., MOQUET J., PAILLAT J.-P., PAILLEY P., PERRIN M., ROCHARD N. & VARENNE F., 2020. Liste rouge des mammifères continentaux des Pays de la Loire et responsabilité régionale. Coordination régionale LPO Pays de la Loire, Angers, 20 p.

## 4 Bibliographie

MATUTINI, F. 2014. Détermination de l'effort d'échantillonnage pour la réalisation d'inventaires chiroptérologiques à différentes échelles spatiales et en fonction de l'hétérogénéité des habitats : Rapport de stage. Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), Montpellier ; BIOTOPE, Méze, 13 p.

MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE ET SOLIDAIRE, 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre – Révision du protocole de 2015. 19p.

ROEMER, C., 2018. Thèse : Bat movement ecology at the local scale and anthropogenic collision risks. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

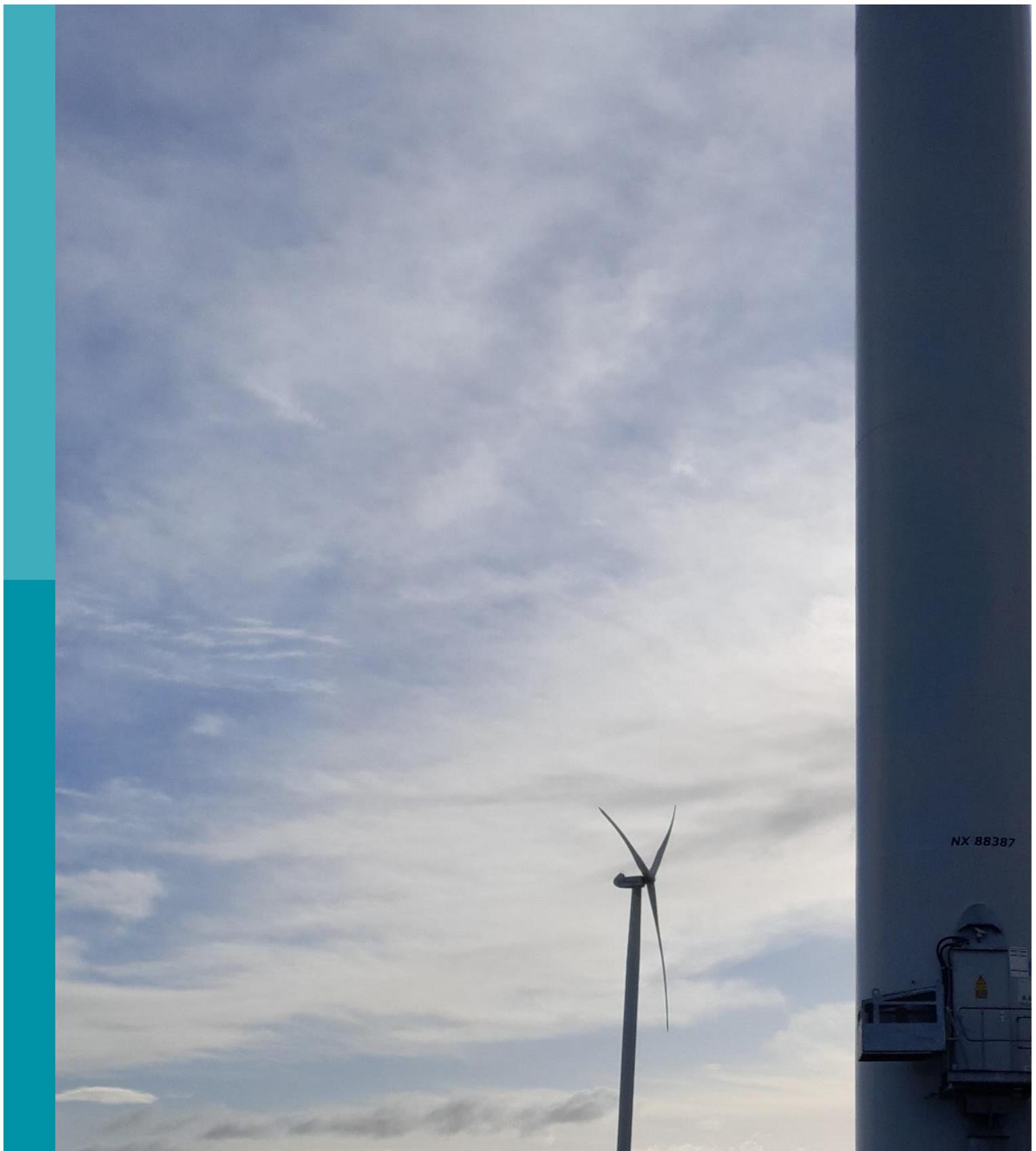
RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M., 2017. The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017. La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France.

Site internet :

DURR, 2021 :

<https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkte/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>



**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](http://www.biotope.fr)