



## Parc éolien du Bois du Frou, commune de Tourey (28)

JP Énergie Environnement  
septembre 2023

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

<b>Citation recommandée</b>	Biotope, 2022. Parc éolien du Bois du Frou, commune de Toury (28) Suivi de l'activité des chiroptères en altitude. JP Energie Environnement. 39 p.	
Version/Indice	VF2	
Date	septembre 2023	
Nom de fichier	Toury_JPEE_SuiviAltiChiro2022_Biotope_VF2	
Référence dossier	2022052	
Maître d'ouvrage	JP Énergie Environnement	
Interlocuteurs	Anaëlle HOUVERT	Contact : <a href="mailto:anaelle.houvert@jpee.fr">anaelle.houvert@jpee.fr</a> Tél : 06 38 22 00 78
Biotope, Rédaction de l'étude	Franck LETERME	Contact : <a href="mailto:fl eterme@biotope.fr">fleterme@biotope.fr</a> Tél : 06 35 46 29 06
Biotope Contrôleur qualité	Julien TRANCHARD	Contact : <a href="mailto:jtranchard@biotope.fr">jtranchard@biotope.fr</a> Tél : 02 38 61 07 94

## Avant-propos

Le parc éolien du Bois du Frou à Toury (Loiret) a été mis en service en septembre 2021.

La société JP Energie Environnement a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2022 (premier suivi mortalité réalisé depuis la mise en service du parc), pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018) ainsi que pour le suivi des chiroptères au sol et le suivi de l'activité des rapaces nicheurs.

A noter qu'un suivi écologique du chantier de construction du parc éolien du Bois du Frou a eu lieu en juin 2021 par le bureau d'étude « Envol Environnement » ainsi qu'un suivi spécifique busards en août 2021 par ce même bureau d'étude. L'étude d'impact date elle d'avril 2019 (inventaires de terrain en 2015/2016). On rappellera que pour cette étude d'impact, des écoutes en altitude ont été menées via un ballon captif sur deux dates de passage (9 septembre 2015 et 20 octobre 2015). Ce dispositif permet ainsi de donner une liste d'espèces mais il n'est pas possible d'évaluer l'activité des chauves-souris sur l'ensemble de l'année.

Pour la présente étude, une éolienne (E04) a été équipée d'un enregistreur automatique pendant la période d'activité des chauves-souris durant 7 mois entre le 1<sup>er</sup> avril et le 31 octobre 2022 (semaine 13 à 44).

La méthode proposée est basée sur des enregistrements automatiques en continu et en altitude (91 m) grâce à un micro positionné sous la nacelle relié à un détecteur automatisé (SM4BAT, *Wildlife Acoustics*).

Ce type de matériel stocke les signaux ultrasonores détectés sur carte mémoire. Les SM4BAT enregistrent les signaux en temps réel, sans altération du son, ce qui permet de procéder ultérieurement à une analyse fine des séquences obtenues à l'aide d'un logiciel automatique d'analyse des sons (Sonochiro @ 4.0).

---

Ce document présente les résultats du suivi des chiroptères en altitude réalisé en 2022 par le bureau d'études BIOTOPE. L'objectif de ce suivi est 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.

---

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Contexte de l'étude et aspects méthodologiques</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques</b>	<b>8</b>
1.1	Présentation du parc	8
1.2	Collecte des données	9
1.3	Identification acoustique	10
1.4	Méthode et qualification de l'activité chiroptérologique en hauteur	11
1.5	Limites méthodologiques	12
1.6	Acquisition des données météorologiques	13
1.7	Croisement des données	13
1.8	Équipe de travail	14
<b>2</b>	<b>Synthèse et analyse des résultats</b>	<b>15</b>
<b>1</b>	<b>Analyse détaillée de l'activité des chiroptères contactés en altitude</b>	<b>16</b>
1.1	Bibliographie	16
1.2	Espèces contactées	16
1.3	Abondance relative des chiroptères	17
1.4	Évolution de l'activité des chiroptères durant la période de suivi	19
1.5	Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure	22
<b>2</b>	<b>Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques</b>	<b>24</b>
2.1	Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s)	24
2.2	Activité en fonction de la température	27
2.3	Combinaison des facteurs température et vitesse de vent	29
<b>3</b>	<b>Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>36</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1	Paramètres d'enregistrement du SM4BAT en 2022	9
Tableau 2	Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois au cours du suivi 2022	10
Tableau 3	Équipe de travail	14
Tableau 4	Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en altitude au niveau du parc éolien du Bois du Frou en 2022	17

Tableau 5 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude au niveau du parc éolien du Bois du Frou en 2022	17
Tableau 6 : Proportion de l'activité des chauves-souris en fonction des vitesses de vent en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	26
Tableau 7 : Proportion de l'activité des chauves-souris en fonction des températures en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	28
Tableau 8 : Evaluation du bridage recommandé par l'arrêté d'autorisation du parc du Bois du Frou	33
Tableau 9 : Proposition d'un nouveau scénario de bridage des éoliennes pour le parc éolien du Bois du Frou	34

## Liste des illustrations

Figure 1 : Disposition des éoliennes du parc du Bois du Frou à Toury	8
Figure 2 : type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E04 en 2022	9
Figure 3 : Exemple de positionnement du microphone au sein d'une éolienne	9
Figure 4 : Illustration d'un SM4BAT	9
Figure 5 : Interface du logiciel SonoChiro ®	10
Figure 6 : 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)	11
Figure 7 : Accumulation des espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude du parc du Bois du Frou en 2022	12
Figure 8. Schéma temporelle de la vitesse du vent à 91 m sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre avril et octobre 2022	13
Figure 9. Schéma temporelle de la température à 91 m sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre avril et octobre 2022	13
Figure 10 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	19
Figure 11 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	19
Figure 12 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour le groupe Sérotine commune et Noctules, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	21
Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour les Pipistrelles, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	22
Figure 14 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	23

Figure 15 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre juin et juillet 2022	23
Figure 16 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre août et octobre 2022	23
Figure 17 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	24
Figure 18 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	25
Figure 19 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	25
Figure 20 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	26
Figure 21 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	27
Figure 22 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	28
Figure 23 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022	29
Figure 24 : 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)	30
Figure 25 : 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	30
Figure 26 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, en altitude au niveau de l'éolienne E04 du parc du Bois du Frou sur la période d'enregistrement réalisée en 2022	35

1

## Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

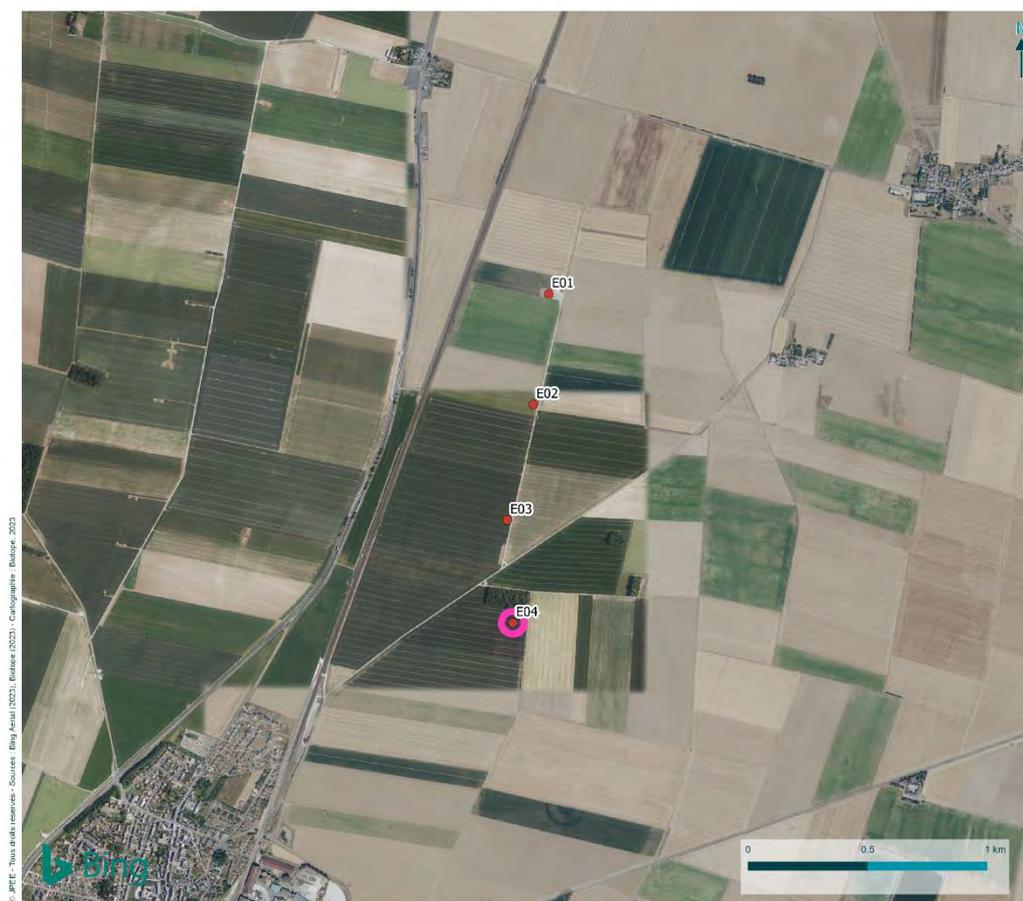
# 1 Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques

### 1.1 Présentation du parc

Le parc éolien du Bois du Frou se situe dans le département de l'Eure-et-Loir (28) en région Centre Val-de-Loire. Il est localisé à environ 40 km au nord d'Orléans et à 49 km au sud-est de Chartres.

Le parc, mis en service en 2021, comprend 4 éoliennes modèle Nordex N117 3,45 MW de puissance unitaire. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 91 m et disposent d'un rotor de 116,8 m de diamètre.

Le parc du Bois du Frou se situe au sein d'une plaine agricole présentant de vastes étendues de cultures céréalières, oléagineuses (colza) et protéagineuses (pois, féverolle, lupin), avec également de la betterave sucrière, et de la pomme de terre.



#### Localisation du parc éolien

Suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur le parc éolien du Bois du Frou de la commune de Toury (28)

- Localisation des éoliennes
- Éolienne équipée du dispositif d'écoute en altitude



Figure 1 : Disposition des éoliennes du parc du Bois du Frou à Toury

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 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.

Le système utilisé est basé sur un enregistreur d'ultrasons SM4BAT (*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...).

---

En 2022, le microphone a été installé sur l'éolienne E04, en nacelle, à 91 m d'altitude.

---



Figure 2 : type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E04 en 2022



Figure 3 : Exemple de positionnement du microphone au sein d'une éolienne

#### 1.2.1 Paramétrage du SM4BAT

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

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrement du SM4BAT en 2022

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.



Figure 4 : Illustration d'un SM4BAT

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Le dispositif d'écoute a été installé du 1<sup>er</sup> avril 2022 au 31 octobre 2022. Les enregistrements sont réalisés de 30 min avant le coucher du soleil jusqu'à 30 min après le lever du soleil.

Aucun dysfonctionnement n'a été relevé au cours de la période de suivi.

Sur la période de suivi 2022, 214 nuits d'écoutes complètes et consécutives ont été enregistrées et analysées.

Ces données permettent de réaliser tous les traitements acoustiques.

Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois au cours du suivi 2022

Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones
Avril	30
Mai	31
Juin	30
Juillet	31
Août	31
Septembre	30
Octobre	31
<b>TOTAL</b>	<b>214</b>

### 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 5 : Interface du logiciel SonoChiro®

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 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 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 ».

**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 6 : 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 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 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

L'effort d'échantillonnage en altitude (214 nuits d'écoutes complètes et consécutives en période d'activité 2022) permet de prétendre à l'exhaustivité de ce suivi. 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 dépasse largement ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

Le graphique ci-dessous présente les courbes d'accumulation calculée sur le point d'écoute. Ces courbes représentent le cumul d'espèces contactées avec l'effort d'échantillonnage (nombre d'heures d'enregistrement nocturne).

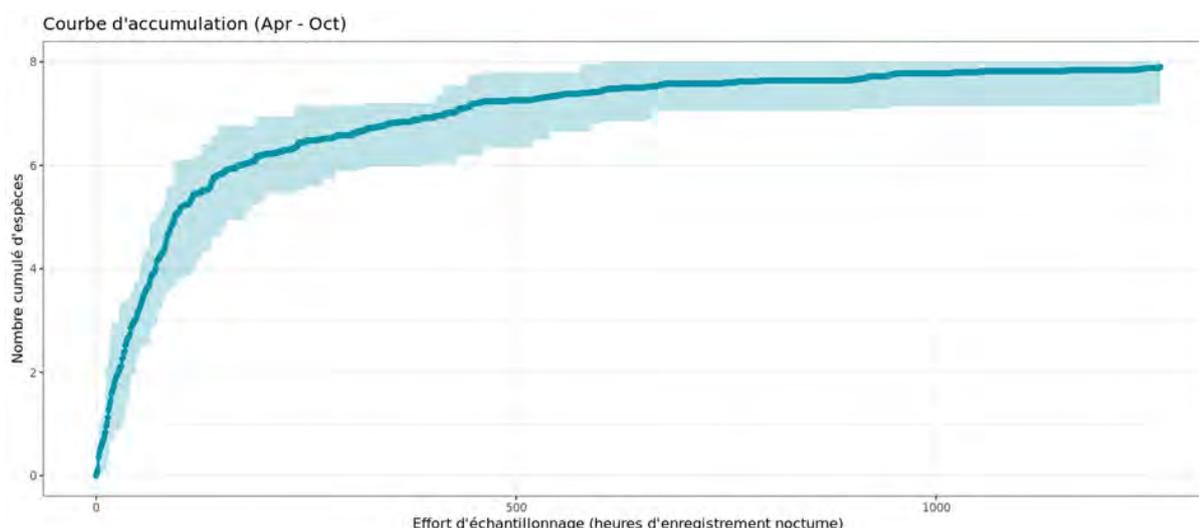


Figure 7 : Accumulation des espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude du parc du Bois du Frou en 2022

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 1.6 Acquisition des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par JPEE et ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne E04 (vitesse de vent et température sont mesurées à 91 m de haut). Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

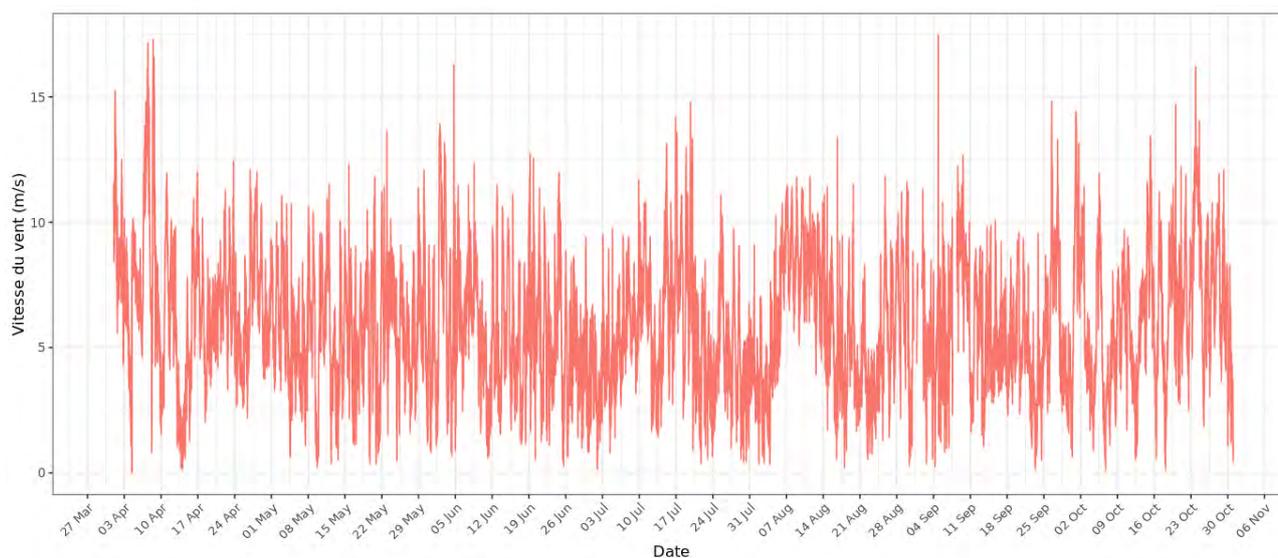


Figure 8. Schéma temporelle de la vitesse du vent à 91 m sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre avril et octobre 2022

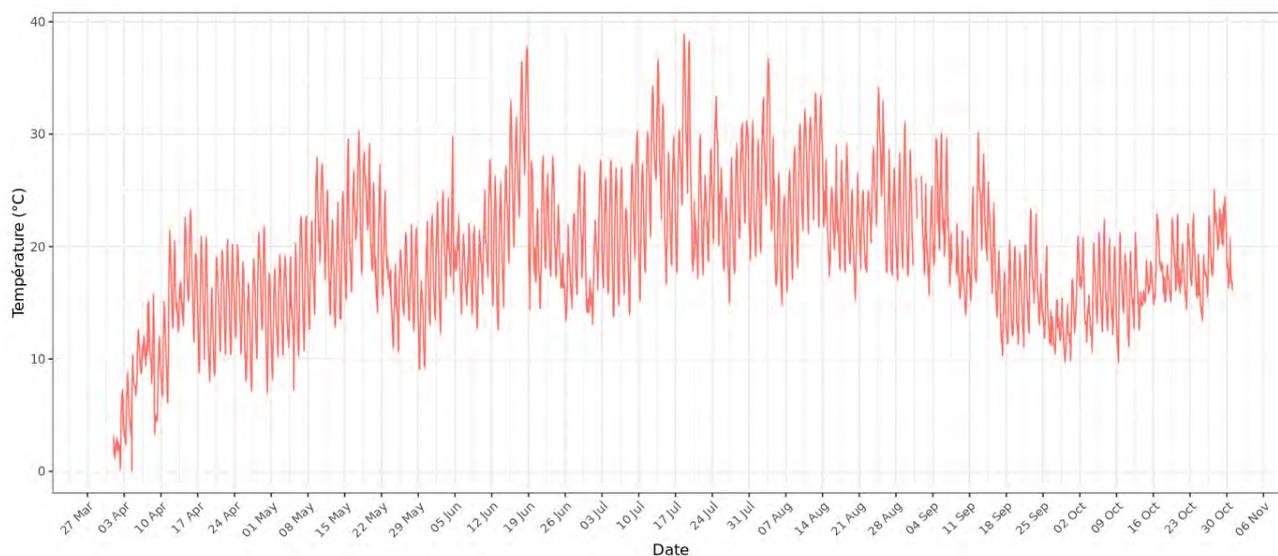


Figure 9. Schéma temporelle de la température à 91 m sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre avril et octobre 2022

### 1.7 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

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

température à 91 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, d'évaluer les paramètres de bridage des machines actuellement voire de déterminer, si nécessaire, de nouveaux paramètres de bridage des machines afin de diminuer le risque de collision.

### 1.8 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	Franck LETERME
<b>Chargé d'étude</b> Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction	Pierre DELESSARD
<b>Chargé d'étude</b> Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction	Antonin DHELLEMME
<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 (72 nuits avec présence de chauves-souris entre le 12 avril et le 31 octobre 2022 sur 214 nuits d'enregistrement), 1 203 contacts de « 5 secondes » ou 501 « minutes positives » (minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris) ont été obtenus.

### 1.1 Bibliographie

L'inventaire initial réalisé par ENVOL Environnement dans le cadre de l'étude d'impact en 2019 (sur des données récoltées en 2015/2016) a permis de révéler la présence de 7 espèces dont aucune en altitude (à 50 m) :

- Noctule de Leisler – *Nyctalus noctula* ;
- Oreillard gris – *Plecotus austriacus* ;
- Pipistrelle commune – *Pipistrellus pipistrellus* ;
- Pipistrelle de Kuhl – *Pipistrellus kuhlii* ;
- Pipistrelle de Nathusius – *Pipistrellus nathusii* ;
- Sérotine commune – *Eptesicus serotinus* ;
- Murin à oreilles échancrées – *Myotis emarginatus*.

Cet inventaire a été mené au niveau du sol et en altitude au cours de 9 sessions entre septembre 2015 et août 2016 :

- 9 sessions au sol en écoute active au Pettersson (9 septembre, 20 octobre et 27 octobre 2015 et 13 avril, 20 avril, 9 juin, 30 juin, 19 juillet et 3 août 2016) ;
- 2 de ces sessions ont été accompagnés d'écoutes en altitude (2 nuits d'écoutes à l'aide d'un SM2Bat, avec un micro au sol et un micro déporté sur un ballon à 50 mètres de hauteur) les 9 septembre et 20 octobre 2015.

### 1.2 Espèces contactées

6 espèces et 4 groupes d'espèces ont été identifiées avec certitude en altitude en 2022 :

- Noctule de Leisler- *Nyctalus leisleri* ;
- Noctule commune - *Nyctalus noctula* ;
- Pipistrelle de Nathusius - *Pipistrellus nathusii* ;
- Pipistrelle de Kuhl – *Pipistrellus kuhlii* ;
- Pipistrelle commune - *Pipistrellus pipistrellus* ;
- Sérotine commune – *Eptesicus serotinus* ;
- Groupe des Murins – *Myotis sp.* ;
- Groupe des Oreillards – *Plecotus sp.* ;
- 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, 6 espèces et 2 groupes d'espèces de chauves-souris ont été contactées en altitude au niveau de l'éolienne E04, ce qui représente plus de 25% des 24 espèces présentes en région Centre-Val de Loire.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

**La richesse spécifique contactée lors de l'étude en altitude (6 espèces avérées) est jugée moyenne. Il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en altitude regroupant les espèces les plus fréquentes en altitude.**

Tableau 4 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en altitude au niveau du parc éolien du Bois du Frou en 2022

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation	
		Communautaire	National	National	Régional
		<i>Directive « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE)</i>	<i>Arrêté du 23 avril 2007</i>	<i>Liste rouge des espèces menacées en France (UICN France et al., 2017)</i>	<i>Livre Rouge de la région Centre (NATURE CENTRE &amp; CBNBP, 2014)</i>
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Annexe IV	Art.2	NT	NT
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Annexe IV	Art.2	VU	NT
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Annexe IV	Art.2	NT	NT
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Annexe IV	Art.2	LC	LC
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe IV	Art.2	NT	LC
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Annexe IV	Art.2	NT	LC

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

### 1.3 Abondance relative des chiroptères

Le tableau ci-après présente les nombres de contacts obtenus par espèce pour les enregistrements de l'année 2022.

#### Synthèse des observations en 2022

Tableau 5 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude au niveau du parc éolien du Bois du Frou en 2022

Nom vernaculaire Nom scientifique	Nombre total de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Nombre total de minutes positives	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)
Sérotules <i>Vespertilio sp., Nyctalus sp., Eptesicus sp.</i>	69	5,74	42	8,38
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	5	0,42	4	0,80
Murins sp. <i>Myotis sp.</i>	1	0,08	1	0,20
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	208	17,29	115	22,95
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	509	42,31	178	35,53
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	85	7,07	24	4,79

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Nom vernaculaire Nom scientifique	Nombre total de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Nombre total de minutes positives	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	68	5,65	42	8,38
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	22	1,83	18	3,59
<b>Pipistrelle commune</b> <b><i>Pipistrellus pipistrellus</i></b>	<b>229</b>	<b>19,04</b>	<b>73</b>	<b>14,57</b>
Oreillard sp. <i>Plecotus sp.</i>	7	0,58	4	0,80
<b>Nombre total</b>	<b>1203</b>	<b>100,00%</b>	<b>501</b>	<b>100,00%</b>

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

- **Les Noctules commune et de Leisler sont très présentes sur le site**, avec autour de 40% de l'activité totale pour la Noctule commune et autour de 20% pour la Noctule de Leisler. **Plus de la moitié de l'activité (autour de 65%) est liée à l'activité des noctules** (espèces identifiées avec certitude et groupe d'espèces indéterminées (sérotules)). Cette activité est jugée forte. Ces deux espèces sont classiquement très fortement représentées en altitude.
- **La Pipistrelle commune est bien présente, avec près de 20% du total des contacts obtenus**. Son activité est jugée modérée. Cette espèce à une propension à voler en altitude sur ce site équivalente à ce qui est observé habituellement (de l'ordre de 15 à 20 % sur ce site, pour environ 15% habituellement).
- La paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius est assez peu représentée, avec environ 15% du total des contacts obtenus ; elle présente une activité modérée au regard des taux d'activité constatés de cette paire d'espèces dans l'ouest de la France. Cette paire à une propension à voler en altitude sur ce site, équivalente à ce qui est observé habituellement (de l'ordre de 15% sur ce site, pour 15% habituellement).
- La Sérotine commune représente moins de 1% de l'activité globale. Son activité est jugée faible.
- Le groupe des Murins, avec moins de 1% des contacts pour un seul contact, est très peu contacté sur cette étude.
- Le groupe des Oreillards tout comme le groupe des *petits Myotis* possèdent des activités classiquement peu marquées en altitude.

En 2022, ce sont 501 contacts de chiroptères (en « minutes positives ») ont été enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne E04 du parc du Bois du Frou sur un total de 214 nuits d'écoutes, fournissant **une moyenne de 2,3 minutes positives par nuit**.

Au regard du retour d'expérience de 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 faible sur la période 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, soit donc moitié moins au niveau du parc du Bois du Frou en 2022.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### 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.

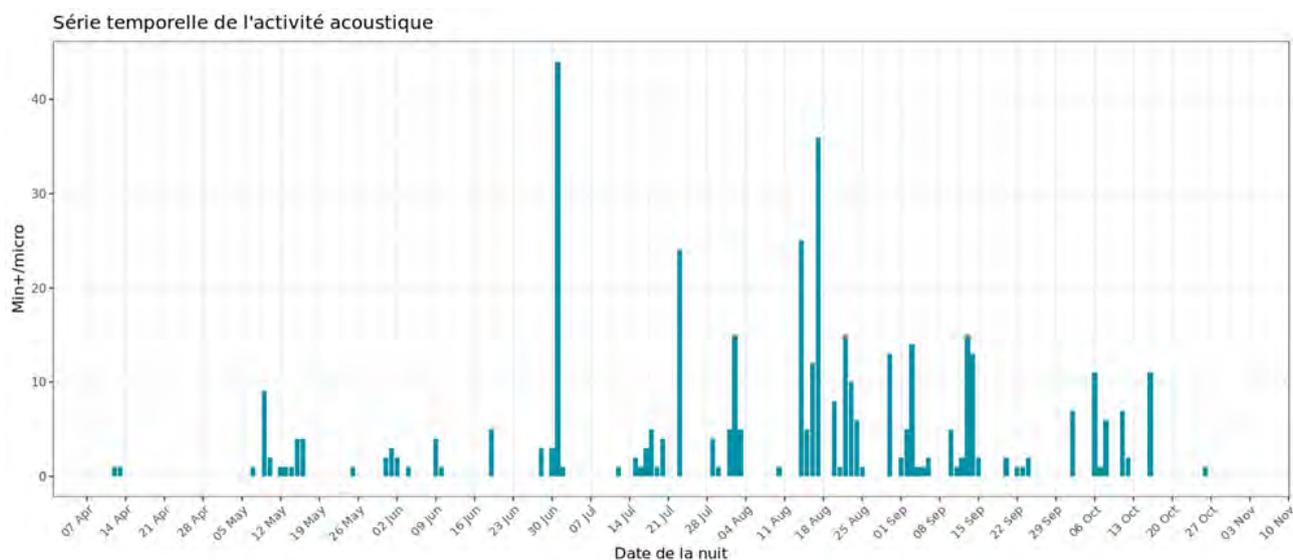


Figure 10 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

#### 1.4.2 Activité mensuelle

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

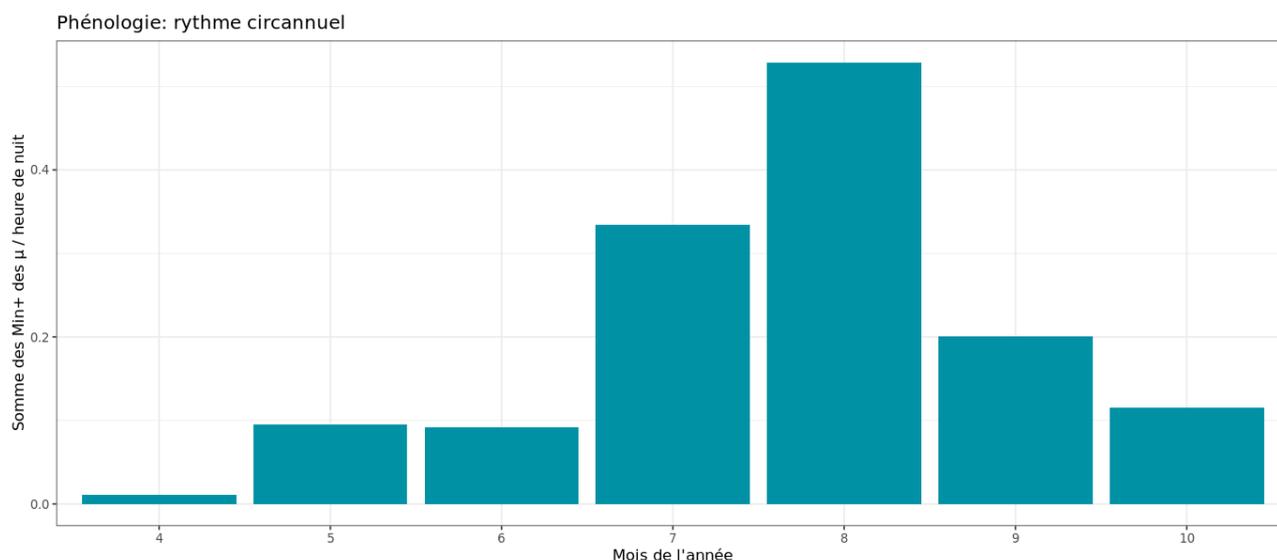


Figure 11 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

## 2 Synthèse et analyse des résultats

---

L'activité la plus importante est typiquement observée au mois d'août. On note une augmentation exponentielle depuis juin, culminant en août (période de transit, dispersion des colonies et de migration) puis décroissant rapidement en septembre puis octobre.

---

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

- Noctule commune (*Nyctalus nyctalus*)

Pour rappel, **la Noctule commune représente environ 35 à 42% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**. Cette espèce de haut vol est bien présente. Son activité connaît son plus gros pic d'activité en août, ce qui correspond au début de la période de migration de l'espèce, avec une présence plus faible en septembre, et plus discrète en juillet. Elle est peu présente en juin et octobre et n'est pas contactée en avril/mai.

- Noctule de Leisler (*N. leisleri*)

Pour rappel, **la Noctule de Leisler représente 17 à 23% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**. Cette espèce de haut vol est présente majoritairement d'août à octobre et ponctuellement d'avril à juin. On note **des pics d'activité marqués en période de transition automnale**, notamment en août.

- Sérotine commune (*E. serotinus*)

Pour rappel, **la Sérotine commune représente moins de 1% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**. Cette espèce a été contactée en juillet, août et octobre, mais pas plus d'une ou deux fois sur chaque mois. Les maximums d'activités centrés sur la période estivale sont classiques pour cette espèce.

- Groupe des Sérotines/Noctules

Pour rappel, **le groupe des sérotine/noctules représente environ 5 à 8% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**. Il est difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des sérotules (groupe comprenant les signaux non identifiés de la Sérotine commune, de la Noctule de Leisler et de la Noctule commune). L'activité est plus marquée en août.

---

Ces espèces de haut vol sont présentes de manière quasi constante sur l'ensemble de la période d'enregistrement (hormis d'avril à juin). On note une explosion de l'activité sur le mois d'août, en période de migration des noctules.

---

## 2 Synthèse et analyse des résultats

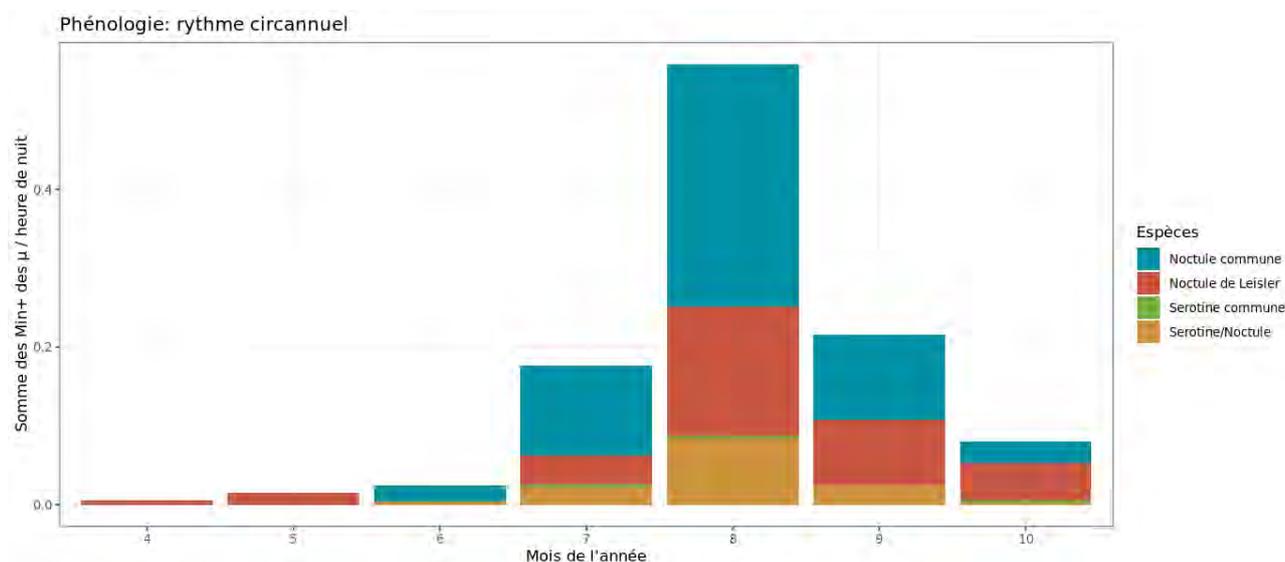


Figure 12 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour le groupe Sérotine commune et Noctules, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

- *Pipistrelle commune* (*Pipistrellus pipistrellus*)

Pour rappel, la *Pipistrelle commune* représente environ 15 à 20% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, en fonction de la méthode de calcul. La *Pipistrelle commune* montre un fort pic d'activité en juillet. **L'activité est beaucoup plus forte en période transitoire, essentiellement en été. C'est particulièrement visible au mois de juin. Il est à noter l'absence de contacts de l'espèce en avril et septembre.**

- *Pipistrelle de Kuhl* (*P. kuhlii*)

La *Pipistrelle de Kuhl* est une espèce identifiée avec certitude toute l'année à l'exception de juin mais qui peut probablement représenter une part non négligeable des individus indéterminés du groupe *Pipistrelle Kuhl* / *Nathusius*. Dans ce cas, l'espèce montrerait une activité particulièrement intense en juillet et août.

- *Pipistrelle de Nathusius* (*P. nathusii*)

La *Pipistrelle de Nathusius* est une espèce migratrice identifiée avec certitude de mai à octobre et qui peut probablement représenter une part non négligeable des individus indéterminés du groupe *Pipistrelle Kuhl* / *Nathusius*. Dans ce cas, l'espèce montrerait une activité particulièrement intense en juillet et août. Son activité est sinon assez constante durant l'année sur le site.

---

L'activité des pipistrelles en altitude est dominée par la *Pipistrelle commune* de mai à juillet, mais tout particulièrement en juillet.

La *Pipistrelle de Nathusius*, est, quant à elle, active aux mêmes niveau de mai à octobre, avec une légère augmentation en juillet.

---

## 2 Synthèse et analyse des résultats

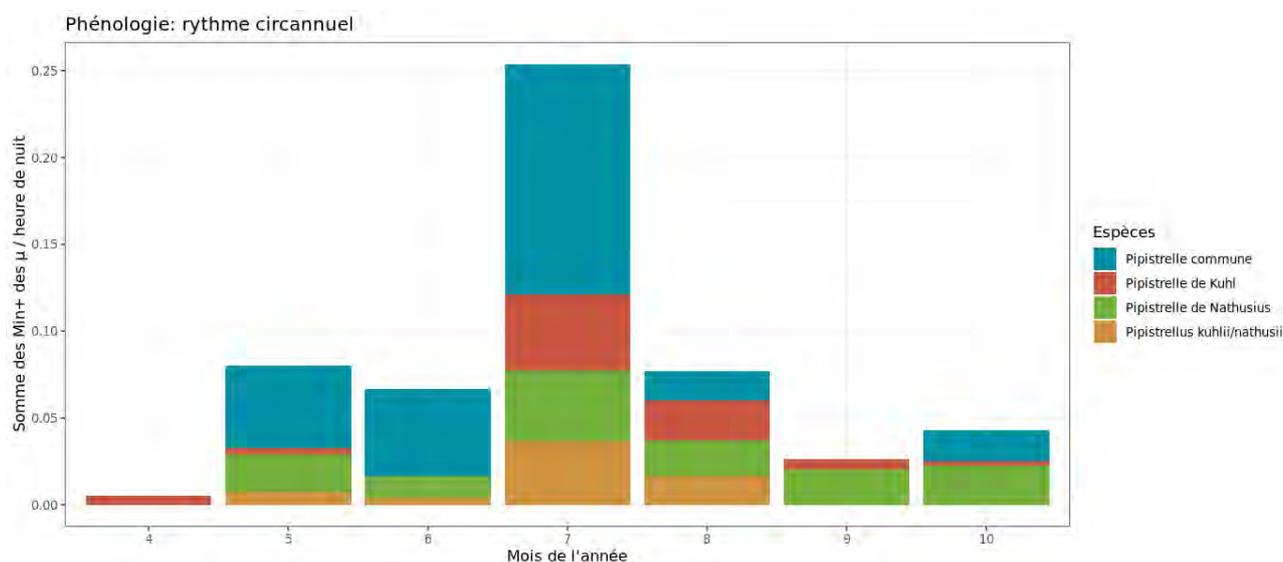


Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour les Pipistrelles, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

### Synthèse de l'activité mensuelle

L'analyse de la phénologie en 2022 met en évidence une activité plus importante en altitude en juillet et en août des différentes espèces. L'activité est la plus importante au moins d'août avec le début de la migration des Noctules. On remarque toutefois une activité notable en juillet et septembre, marquée par la Pipistrelle commune pour juillet et les Noctules en septembre.

### 1.5 Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure

En 2022, 501 « minutes-positives » exploitables sur l'ensemble de la période d'enregistrement d'avril à octobre ont été comptabilisées.

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 quatre premières heures de la nuit, avec une très large majorité d'activité durant la deuxième heure, ce qui est dû au pic d'activité de Pipistrelle commune début juillet. Elle diminue ensuite mais sans jamais disparaître totalement ; on observe même ponctuellement des sursauts d'activité.

Si l'on s'attarde sur des périodes particulières, on remarque une hétérogénéité au fil des mois. Ainsi, en juin-juillet, l'activité de nuit est très largement concentrée à h+2 (l'activité y était faible, à part pour le pic de Pipistrelles de début juillet) alors que d'août à octobre on retrouve cette tendance générale de concentration de l'activité de h+0 à h+4 avec un pic à h+1. Sur avril-mai, l'activité est plutôt faible mais répartie entre le début de la nuit et 2h du matin.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

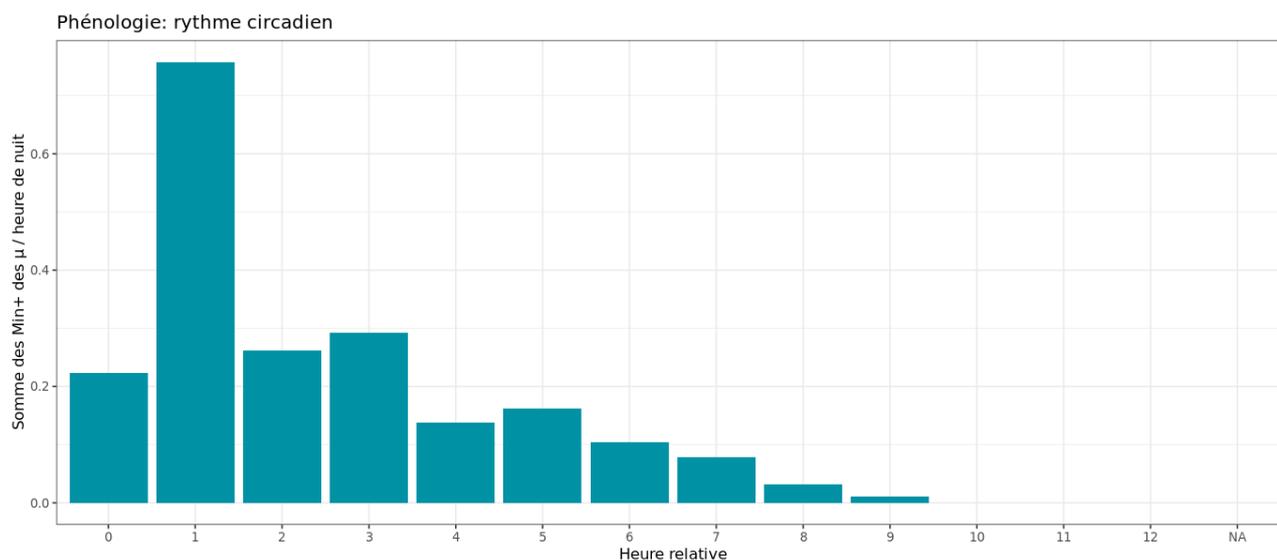


Figure 14 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

*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.*

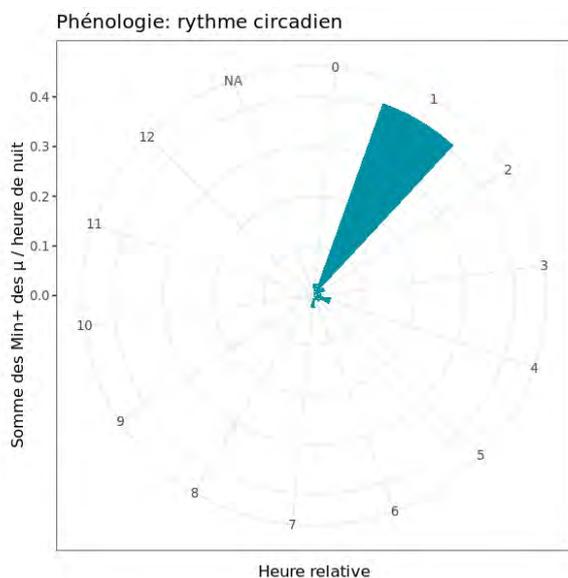


Figure 15 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre juin et juillet 2022

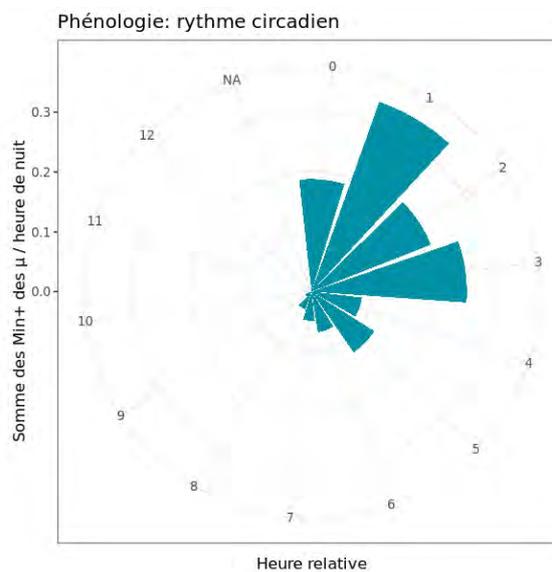


Figure 16 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E04 du Bois du Frou entre août et octobre 2022

## 2 Synthèse et analyse des résultats

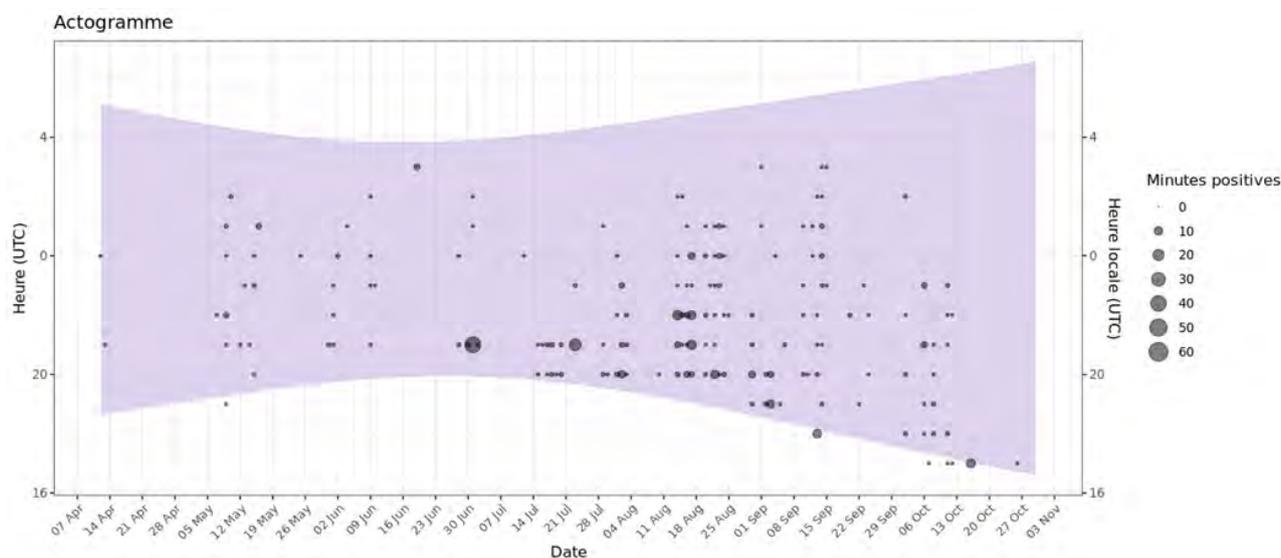


Figure 17 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

Dans l'actogramme, la zone colorée en violet correspond à la nuit.

L'activité globale en altitude est fluctuante mais ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. Elle se concentre généralement en début de nuit (0 à h+4) mais ponctuellement, quelques pics d'activités en milieu de nuit, toutes espèces confondues, sont constatés.

## 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).

### 2.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s)

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 niveau de la nacelle (91 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).

En 2022, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0,13 à 17,46 m/s.

L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 0,21 à 13,38 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité

## 2 Synthèse et analyse des résultats

des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

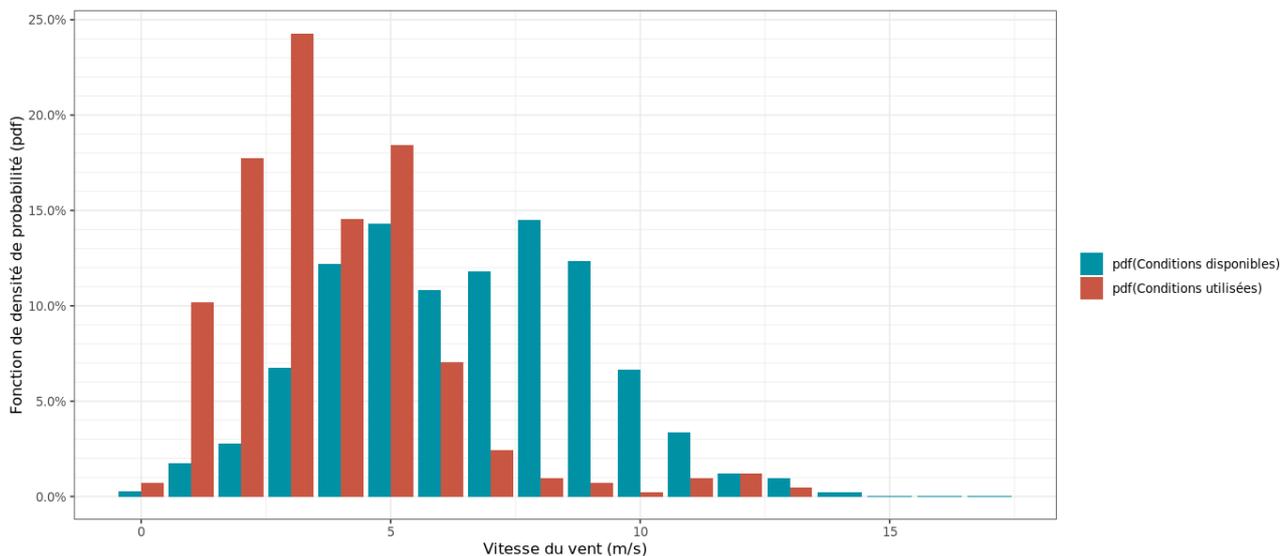


Figure 18 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

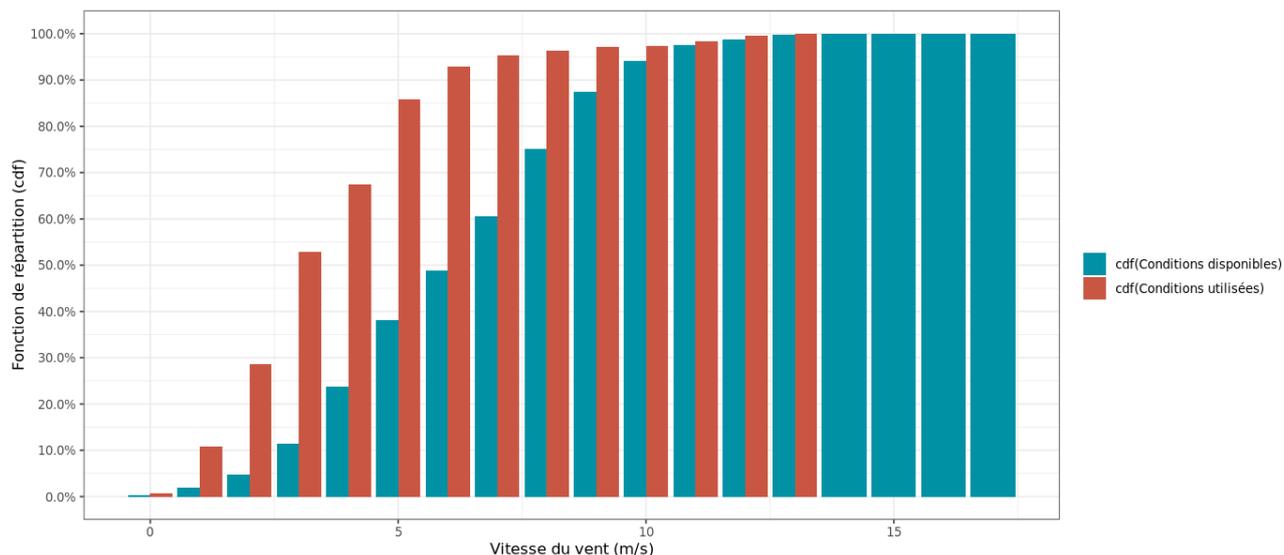


Figure 19 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

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

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

Au-delà de 13 m/s, les chauves-souris ne sont plus actives.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### 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 de nacelle en 2022.

Tableau 6 : Proportion de l'activité des chauves-souris en fonction des vitesses de vent en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

Vitesse de vent (en m/s à 91 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Limite de vent	3,4 m/s	5 m/s	5,4 m/s	5,9 m/s	7,2 m/s	11,9 m/s

L'analyse de l'affinité<sup>1</sup> 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. 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 montre une nette préférence des chauves-souris pour des vents nocturnes inférieurs à 6 m/s.

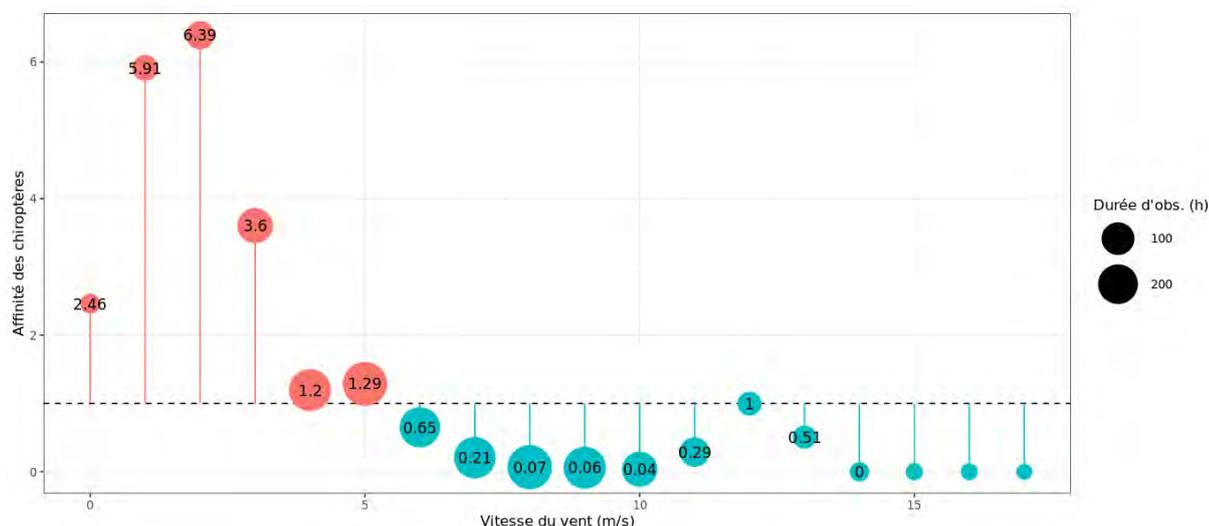


Figure 20 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

L'ensemble des activités des chauves-souris en altitude recensées en fonction de la vitesse du vent mesurée à hauteur de nacelle (91 m), permet de souligner les informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,9 ms ;

<sup>1</sup> L'affinité des chiroptères correspond au rapport entre les conditions utilisées par les chiroptères et les conditions disponibles pour ce groupe.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

- 75 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 5 m/s ;
- 50 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 3,4 m/s.

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

### 2.2 Activité en fonction de la température

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 (91 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).

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 7,24°C à 33,88°C.

L'échantillonnage est significatif pour les températures comprises entre 13,39°C et 33,88°C. En dehors 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).

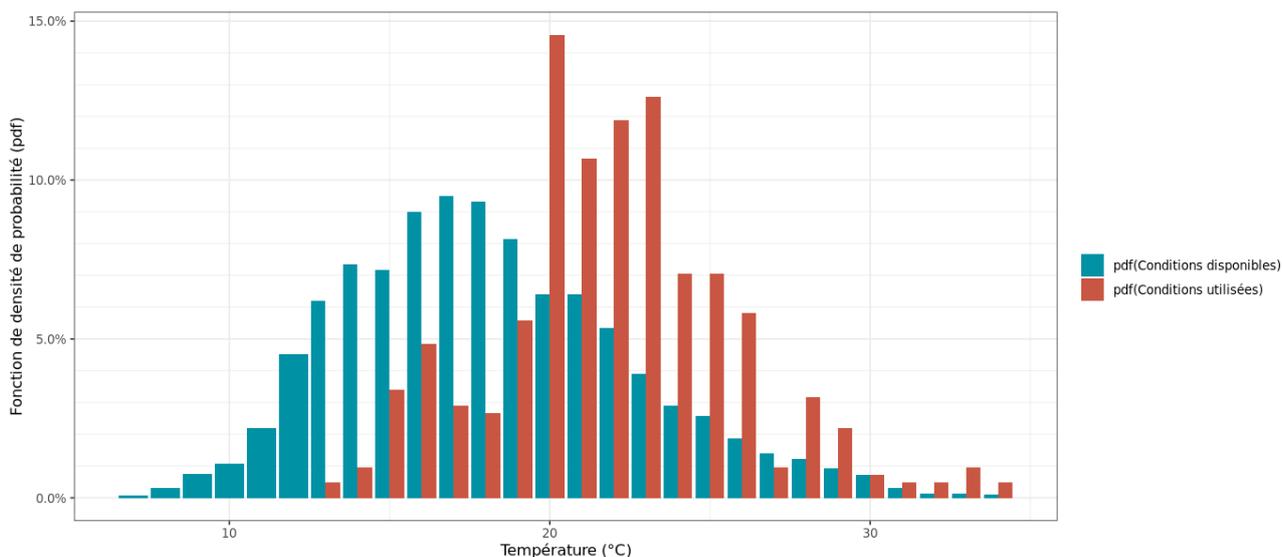


Figure 21 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

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

## 2 Synthèse et analyse des résultats

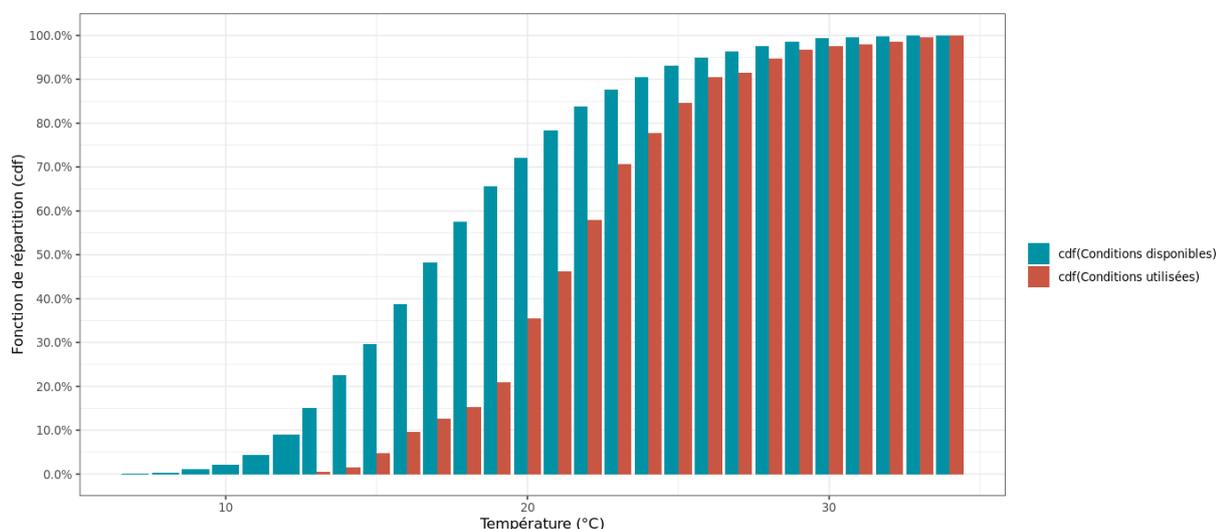


Figure 22 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

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

Les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 14°C. Sous cette température et malgré la disponibilité en plages temporelles, l'activité n'est pas significative (contacts à partir de 13°C). L'activité en altitude des chauves-souris sur le site semble optimale entre 20 et 26°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 7 : Proportion de l'activité des chauves-souris en fonction des températures en altitude sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

Température (en °C à 91 m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
<b>Limite de température</b>	21,9°C	19,7°C	18,3°C	16,6°C	15,4°C	14°C

L'analyse de l'affinité<sup>2</sup> 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. 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).

<sup>2</sup> L'affinité des chiroptères correspond au rapport entre les conditions utilisées par les chiroptères et les conditions disponibles pour ce groupe

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Dans le cadre du suivi, l'analyse des résultats montrent une nette préférence des chauves-souris (affinité) pour des températures nocturnes supérieures à 19°C (jusque 34°C).

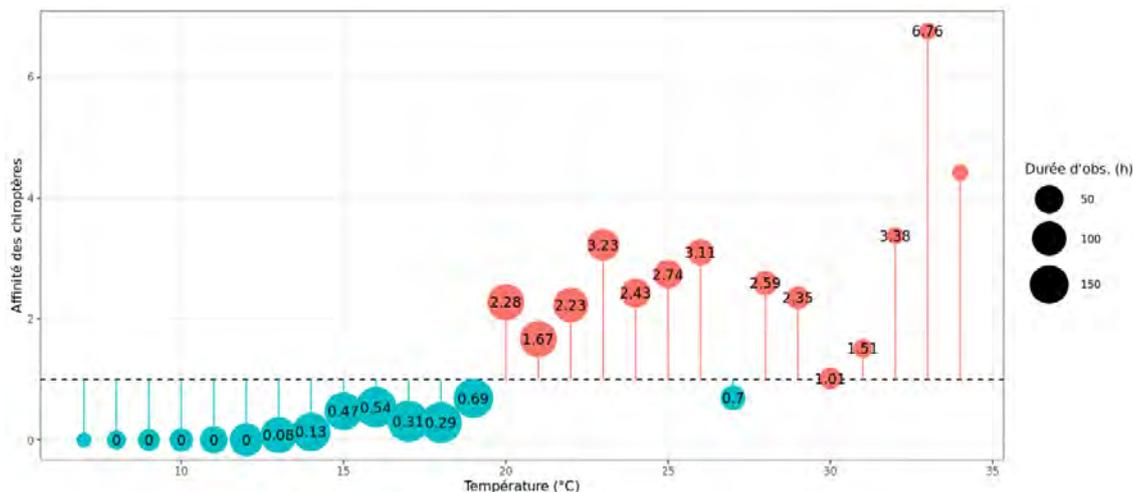


Figure 23 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E04 du Bois du Frou en 2022

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

L'ensemble des activités des chauves-souris en altitude recensées en fonction de la température mesurée à hauteur de nacelle (91 m), permet de souligner les informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 16,6°C ;
- 75 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 19,7°C ;
- 50 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 21,9°C.

L'analyse des résultats montrent une préférence des chauves-souris pour des températures supérieures à 19°C.

## 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.

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

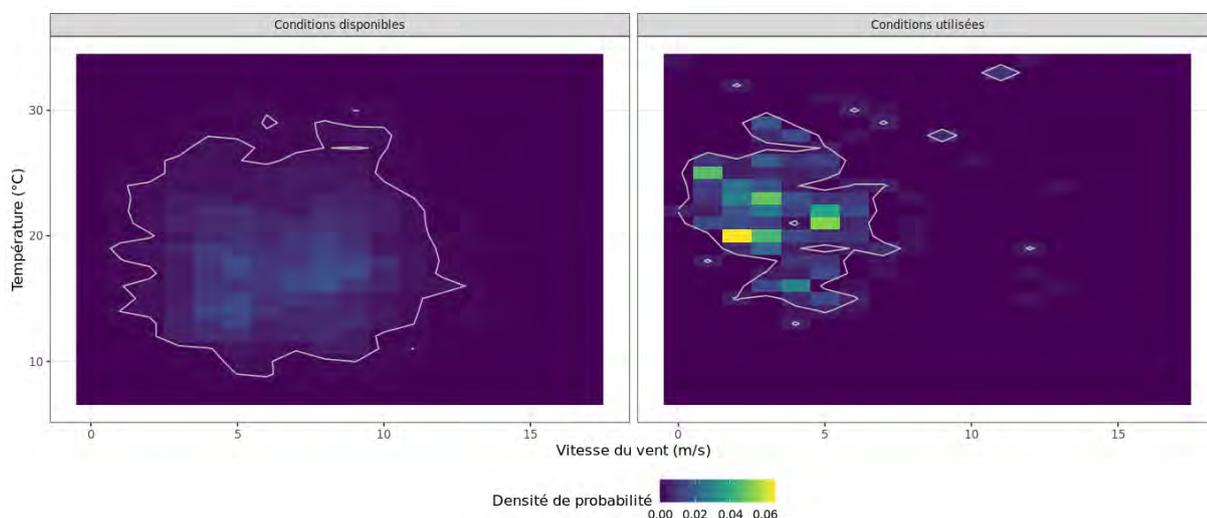


Figure 24 : Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2022 (l'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions)

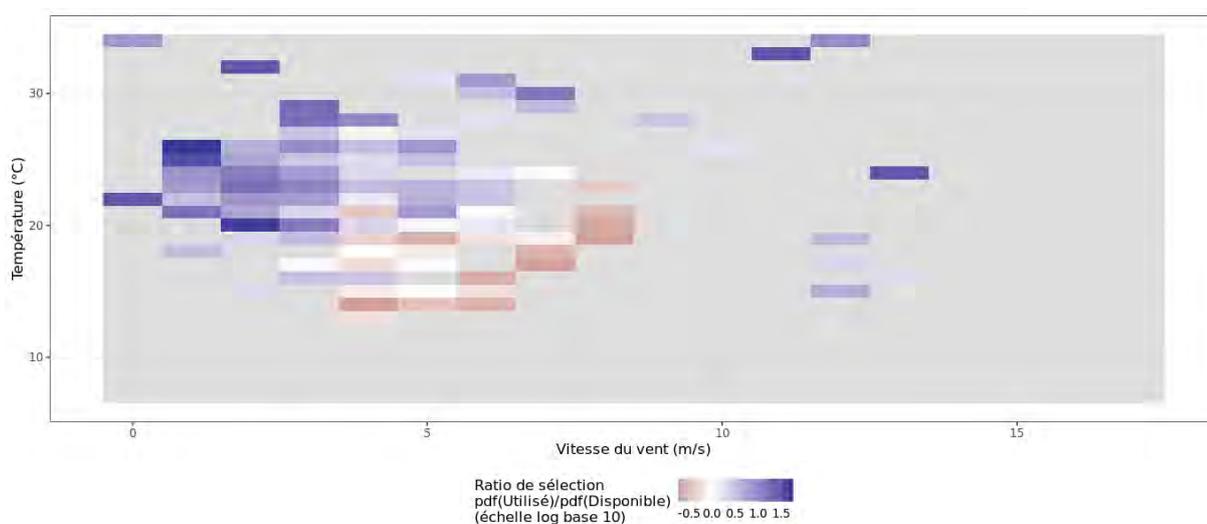


Figure 25 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2022 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc du Bois du Frou en 2022 et de l'activité des chiroptères associée, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris (en bleu) est majoritaire dans des gammes de température comprise dans un nuage de 20°C à 30°C et dans des vitesses de vent comprises entre 0 et 7 m/s. Cependant, on observe également un peu d'utilisation du site à des vitesses de vent plus élevées (11 à 13 m/s) et des températures plus faibles (descendant jusqu'à 15°C).

Il convient de noter que pour des conditions météorologiques rares (températures supérieures à 30°C), les chances d'utilisation du site par les chauves-souris, et ce malgré des vitesses de vent plus fortes, sont non négligeables. Elles peuvent être associées avec les très fortes chaleurs ayant touché la région durant l'été 2022.

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.

Un dispositif d'enregistrement automatique (SM4BAT) équipé d'un micro a été placé à 91 m au sein de la nacelle de l'éolienne E04 du parc éolien du Bois du Frou à Toury dans le l'Eure-et-Loir (28) en 2022.

Le dispositif a permis de suivre l'activité des chauves-souris entre le 1<sup>er</sup> avril et le 31 octobre 2022, soit durant **214 nuits complètes, continues et exploitables**.

Les enregistrements ont permis l'identification de **6 espèces** avec certitude, composant le cortège d'espèces **les plus fréquemment contactées en altitude**. Cela représente plus de 25 % des 24 espèces répertoriées en région Centre-Val de Loire, correspondant à une diversité moyenne considérant que les enregistrements ont été réalisés en altitude.

Sur la période d'enregistrement de l'activité des chauves-souris en 2022, l'activité en altitude peut être considérée comme faible 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 commune** domine largement le peuplement de chiroptères en altitude sur le site en 2022. Il s'agit de l'**espèce la plus abondante** avec 35% des contacts en « minutes positives ». Cette espèce est typiquement très représentée en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités ;
- La Noctule de Leisler est la seconde espèce la plus représentée, avec 23% des contacts en « minutes positives » et est également très représentée en altitude et impactée par l'activité éolienne ;
- La Pipistrelle commune qui occupe d'ordinaire les premières places en termes d'abondance en altitude est ici relayée en 3<sup>ème</sup> position (15% des « minutes positives » seulement) ;
- En 4<sup>ème</sup> se trouve le groupe d'espèces Sérotine commune / Noctules indéterminées (8% des « minutes positives »), ex-aequo avec la Pipistrelle de Nathusius (8% des « minutes positives ») qui est présente régulièrement sur l'année ;
- On trouve ensuite la Pipistrelle de Kuhl (5% des « minutes positives ») et le groupe des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius indéterminées (4% des « minutes positives ») ;
- Avec moins de 1% des « minutes positives » pour chacun, on trouve enfin la Sérotine commune, le groupe des Oreillards indéterminés et le groupe des Murins indéterminés.

---

En 2022, la phénologie mensuelle relevée montre une **activité assez faible qui augmente progressivement au cours du suivi réalisé à partir du mois d'avril, augmentant sensiblement à partir de juin/juillet pour culminer au mois d'août correspondant essentiellement à la phase de migration des Noctules**.

La Pipistrelle commune est très active en juillet (période de mise-bas et d'élevage des jeunes) avec un très fort pic d'activité dû quasiment à elle seule.

---

L'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit avec ponctuellement des regains en milieu de nuit en période intense de migration.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris en altitude, les vitesses de vent et la température a été mise en évidence. Ainsi, 90 % de l'activité totale a été enregistré à :

- À des vitesses de vent inférieures 5,9 m/s ;
- À des températures supérieures à 16,6°C.

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

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

L'arrêté d'autorisation du parc (18/07/2019) considère qu'il convient d'appliquer le bridage automnal suivant sur les 4 éoliennes :

Tableau 8 : Evaluation du bridage recommandé par l'arrêté d'autorisation du parc du Bois du Frou

Evaluation du bridage recommandé par l'arrêté d'autorisation du parc du Bois du Frou	
Période de mise en service du bridage	Du 1 <sup>er</sup> août au 31 octobre, correspondant à la période de migration automnale et de <i>swarming</i> des chiroptères
Seuil de température	Par des températures supérieures à 10°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures à 6 m/s
Nombre d'heures durant la nuit	L'ensemble de la nuit

Le bridage actuellement en place couvre une partie significative de l'activité chiroptérologique enregistrée en 2022 sur la période août-octobre, notamment la période de migration automnale des Noctules. En effet, ce bridage couvre l'activité de 96,8% des chiroptères enregistrés en 2022 à cette période (soit 96,7% des Noctules et 97,1% des Pipistrelles), ce qui est considéré comme satisfaisant. On notera néanmoins que ce bridage ne prend pas en compte le pic constaté au mois de juillet des pipistrelles.

Sur l'ensemble de la période de suivi 2022 (1<sup>er</sup> avril – 31 octobre 2022), le bridage en place permet de couvrir 60,5% de l'activité générale des chauves-souris sur cette période (25,65% des Pipistrelles et 78,18% des Noctules). L'exploitant souhaite renforcer et optimiser son bridage pour mieux prendre en compte l'activité globale des chauves-souris dans le but d'atteindre une couverture d'environ 90% de l'activité globale. Une nouvelle proposition de bridage est ainsi proposée en ce sens.

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

Tableau 9 : Proposition d'un nouveau scénario de bridage des éoliennes pour le parc éolien du Bois du Frou

Scénarios de bridage spécifique proposés									
Mois	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Total sur les données enregistrées sur la période avril à octobre	Total sur les données enregistrées sur la période de bridage actif (juin à octobre)
Seuil de température	-	-	15	15	15	13	13	-	-
Seuil de vent	-	-	5,5	5,5	6	5,5	5,5	-	-
Nombre d'heures durant la nuit	-	-	L'ensemble de la nuit	Du coucher du soleil à 2h avant le lever du soleil	Du coucher du soleil à 2h avant le lever du soleil	Du coucher du soleil à 2h avant le lever du soleil	Du coucher du soleil à 2h avant le lever du soleil	-	-
Nombre de contact restant / pourcentage protégé toutes espèces confondues	2 contacts restant sur 2 – 0 %	52 contacts restant sur 52 – 0 %	9 contacts restant sur 55 – 83 % chauves-souris protégées	28 contacts restant sur 344 – 92% chauves-souris protégées	8 contacts restant sur 492 – 98% chauves-souris protégées	25 contacts restant sur 157 – 84% chauves-souris protégées	7 contacts restant sur 93 – 92% chauves-souris protégées	131 contacts restant sur 1 195 – 89% chauves-souris protégées	77 contacts restant sur 1 141 – 93% chauves-souris protégées
Nombre de contact restant / pourcentage protégé de Noctule commune	NA	NA	0 contact restant sur 25 – 100% des Noctules commune protégées	13 contacts restant sur 90 – 85% des Noctules commune protégées	4 contacts restant sur 275 – 98% des Noctules commune protégées	9 contacts restant sur 90 – 90% des Noctules commune protégées	4 contacts restant sur 29 – 86% des Noctules commune protégées	30 contacts restant sur 509 – 94% des Noctules communes protégées	30 contacts restant sur 509 – 94% des Noctules communes protégées

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

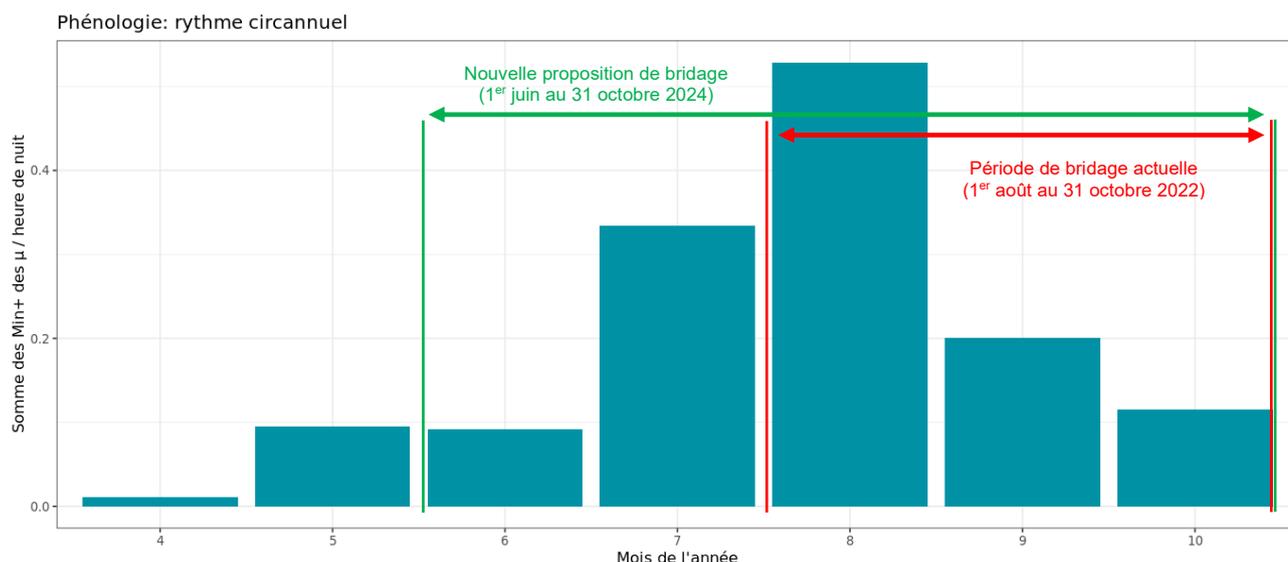


Figure 26 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, en altitude au niveau de l'éolienne E04 du parc du Bois du Frou sur la période d'enregistrement réalisée en 2022

Avec ce nouveau bridage, intégrant les mois de juin et juillet notamment, sur l'ensemble de la période de suivi 2022 (1<sup>er</sup> avril – 31 octobre 2022), cette proposition de bridage aurait permis de couvrir près de 90% de l'activité générale des chauves-souris sur cette période et 94% de l'activité des Noctules communes.

La mise en place de ce nouveau bridage pourrait être effective au 1<sup>er</sup> juin 2024. Il n'apparaît pas nécessaire de renouveler un suivi ICPE dans le but de vérifier ce nouveau bridage dans la mesure où l'impact du parc a été non significatif et que le nouveau bridage est plus conservateur que l'existant. Toutefois, l'exploitant propose la mise en place d'un suivi acoustique des chiroptères en altitude en 2024 afin de vérifier la bonne couverture de l'activité chiroptérologique de ce nouveau bridage.

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>.

DREAL CENTRE-VAL DE LOIRE, 2015. Listes des espèces de mammifères déterminantes : les chiroptères - liste actualisée et validée en CSRPN du 15 Décembre 2015. 3 p.

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.

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.

NATURE CENTRE, CBNBP, 2014. Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacés de la région Centre. Nature Centre ed., Orléans. 504 p.

ROEMER, C., 2018. Bat movement ecology at the local scale and anthropogenic collision risks. Thèse. 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.

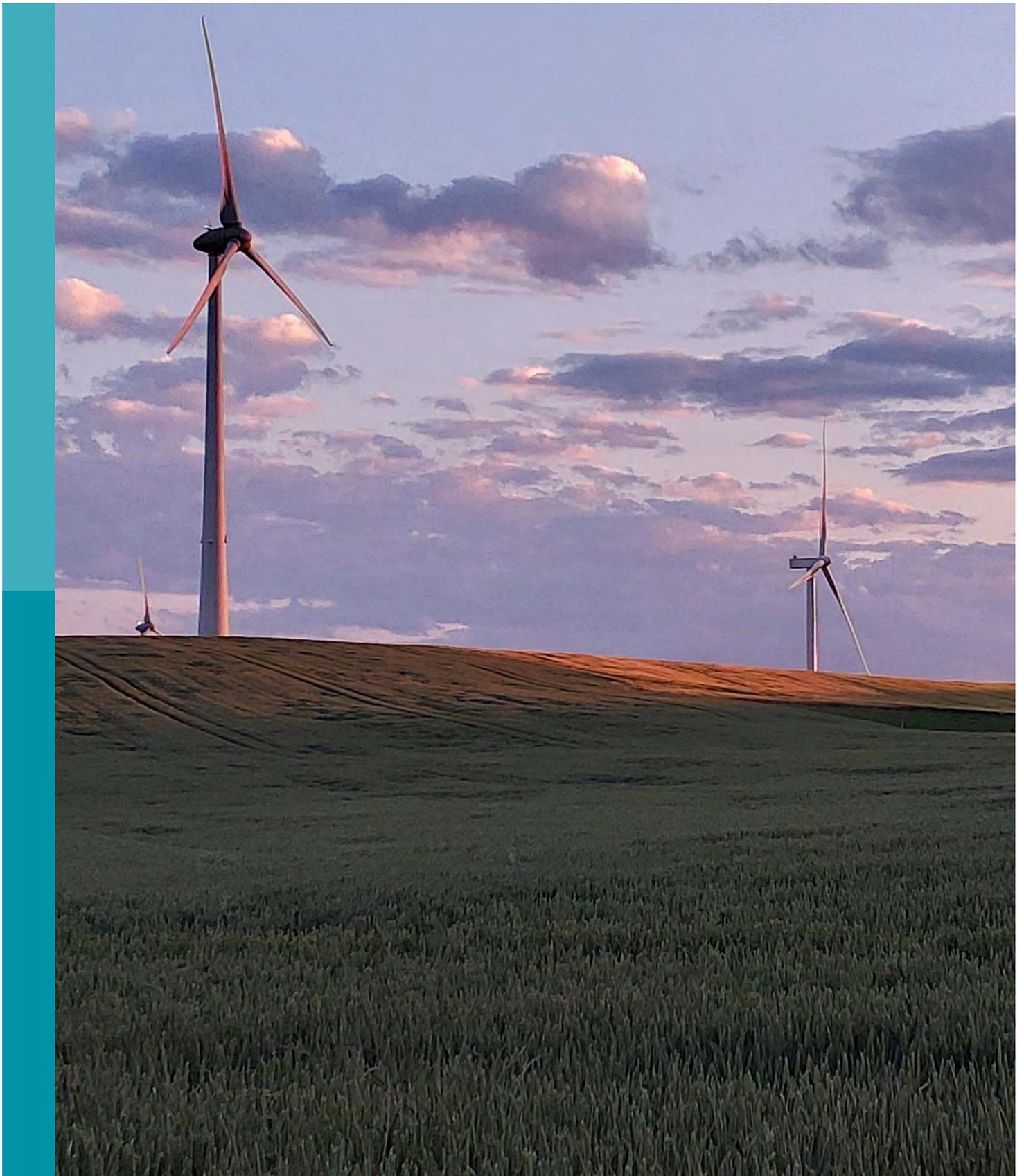
SOLOGNE NATURE ENVIRONNEMENT - DREAL CENTRE, 2009. Les chiroptères. Plan régional d'actions 2009-2013. Région centre. 67 p.

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

Site internet :

DURR, 2022 :

<https://fu.brandenburg.de/fu/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)