



Parc éolien de Lion-en-Beauce, commune de Lion-en-Beauce (45)

SAS LHI SolarWind WP Lion
2570
mars 2023

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

Citation recommandée	Biotope, 2022, Parc éolien de Lion-en-Beauce, commune de Lion-en-Beauce (45), Suivi de l'activité des chiroptères en altitude. SAS LHI SolarWind WP Lion 2570. 36 p.	
Version/Indice	V2	
Date	mars 2023	
Nom de fichier	Lion-en-Beauce_SAS LHI SolarWind WP Lion 2570_SuiviAltiChiro2022_Biotope_V2	
Référence dossier	2022140	
Maître d'ouvrage	SAS LHI SolarWind WP Lion 2570	
Interlocuteurs	Aurélien SAULIERES	Contact : aurelien.saulieres@abo-wind.fr Tél : 07 86 08 90 74
Biotope, Rédaction de l'étude	Franck LETERME	Contact : fleterme@biotope.fr Tél : 06 35 46 29 06
Biotope Contrôleur qualité	Ludivine DOYEN	Contact : ldoyen@biotope.fr Tél : 02 38 61 07 94

Avant-propos

Le parc éolien de Lion-en-Beauce (Loiret) a été mis en service en 2021.

La société SAS LHI SolarWind WP Lion 2570 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 habitats naturels.

A noter qu'en dehors de l'étude d'impact datant de 2019 (inventaires de terrain en 2016 et enregistrement continu en altitude du 28 mars 2018 au 31 octobre 2018), aucun suivi n'a jusqu'alors été réalisé pour ce parc mis en service très récemment.

Pour la présente étude, une éolienne (E1) a été équipée d'un enregistreur automatique pendant la période d'activité des chauves-souris entre le 20 mai et le 31 octobre 2022 (semaine 20 à 44).

La méthode proposée est basée sur des enregistrements automatiques en continu et en altitude (80 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

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	7
1	Contexte - Présentation du parc éolien et données historiques	8
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
2	Synthèse et analyse des résultats	15
1	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères contactés en altitude	16
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	18
1.5	Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure	21
2	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	23
2.1	Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s)	23
2.2	Activité en fonction de la température	26
2.3	Combinaison des facteurs température et vitesse de vent	28
3	Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères	30
4	Bibliographie	33

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 de Lion-en-Beauce en 2022	17

Tableau 5 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude au niveau du parc éolien de Lion-en-Beauce en 2022	17
Tableau 6 : Proportion de l'activité des chauves-souris en fonction des vitesses de vent en altitude sur l'éolienne E1 Lion-en-Beauce en 2022	25
Tableau 7 : Proportion de l'activité des chauves-souris en fonction des températures en altitude sur l'éolienne E1 Lion-en-Beauce en 2022	27
Tableau 8 : Evaluation du bridage recommandé par l'arrêté d'autorisation du parc de Lion-en-Beauce (2019)	32

Liste des illustrations

Figure 1 : Disposition des éoliennes du parc de Lion-en-Beauce	8
Figure 2 : Type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E1 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 de Lion-en-Beauce en 2022	12
Figure 8 : Schéma temporelle de la vitesse du vent à 80 m sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre mai et octobre 2022	13
Figure 9 : Schéma temporelle de la température à 80 m sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre mai et octobre 2022	13
Figure 10 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	18
Figure 11 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce 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 E1 de Lion-en-Beauce en 2022	20
Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour les Pipistrelles, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	21
Figure 14 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	22
Figure 15 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre juin et juillet 2022	22

Figure 16 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre août et octobre 2022	22
Figure 17 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	23
Figure 18 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	24
Figure 19 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	24
Figure 20 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	25
Figure 21 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	26
Figure 22 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	27
Figure 23 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022	28
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)	29
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	29

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 de Lion-en-Beauce se situe dans le département du Loiret (45), en région Centre – Val de Loire. Il est localisé à environ 34 km au nord d'Orléans et à 54 km au sud-est de Chartres.

Le parc, mis en service fin 2021, comprend 3 éoliennes modèle GAMESA G114 de 2,625 MW de puissance unitaire. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 80 m et disposent d'un rotor de 114 m de diamètre impliquant une faible garde au sol (23 m).

Les machines ont été soumises à un bridage pour la première fois depuis le 15 juillet 2022, selon les modalités de l'arrêté d'autorisation.

Le parc de Lion-en-Beauce est implanté au sein d'une plaine agricole présentant de vastes étendues de cultures céréalières, oléagineuses (colza), protéagineuses (pois, féverolle, lupin), de betterave sucrière et de pomme de terre.



Figure 1 : Disposition des éoliennes du parc de Lion-en-Beauce

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 E1, en nacelle, à 80 m d'altitude.



Figure 2 : Type de boîtier positionné au sein de l'éolienne E1 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 20 mai 2022 au 31 octobre 2022.

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

Sur la période de suivi 2022, 165 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
Mai	12
Juin	30
Juillet	31
Août	31
Septembre	30
Octobre	31
TOTAL	165

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



Figure 5 : Interface du logiciel SonoChiro®

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

d'activité (évolution du nombre de contacts par heure au cours d'une nuit).

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 (165 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).

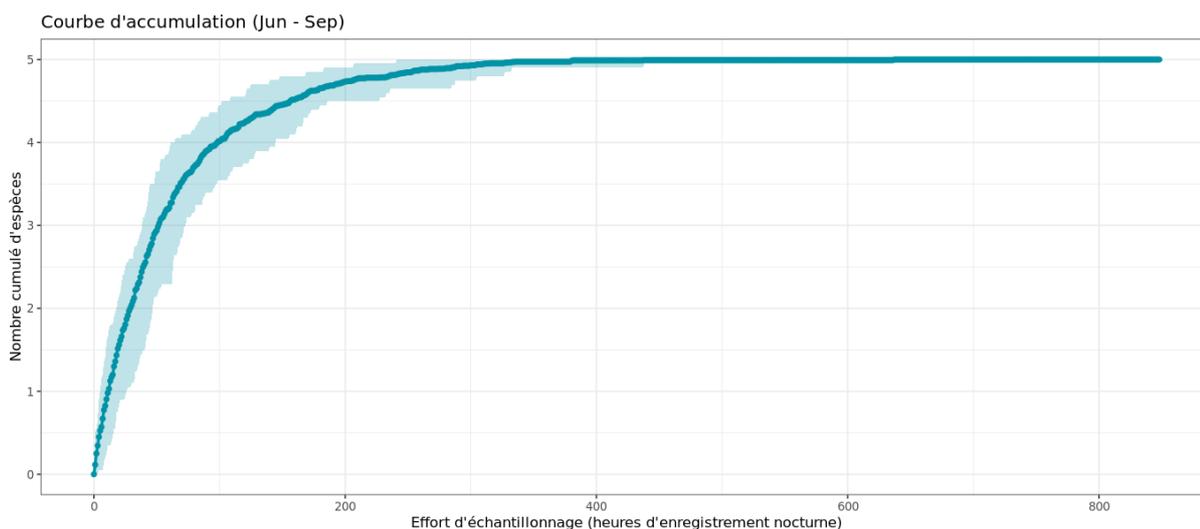


Figure 7 : Accumulation des espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude du parc de Lion-en-Beauce en 2022

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.6 Acquisition des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par SAS LHI SolarWind WP Lion 2570 et ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne E1 (vitesse de vent et température sont mesurées à 80 m de haut). Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

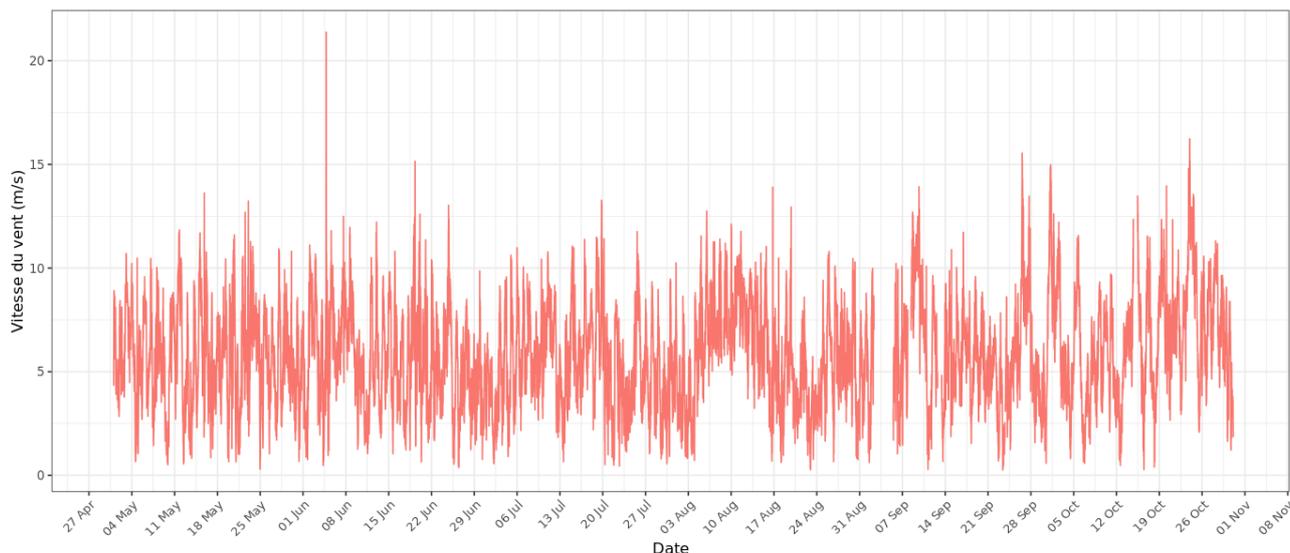


Figure 8 : Schéma temporel de la vitesse du vent à 80 m sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre mai et octobre 2022

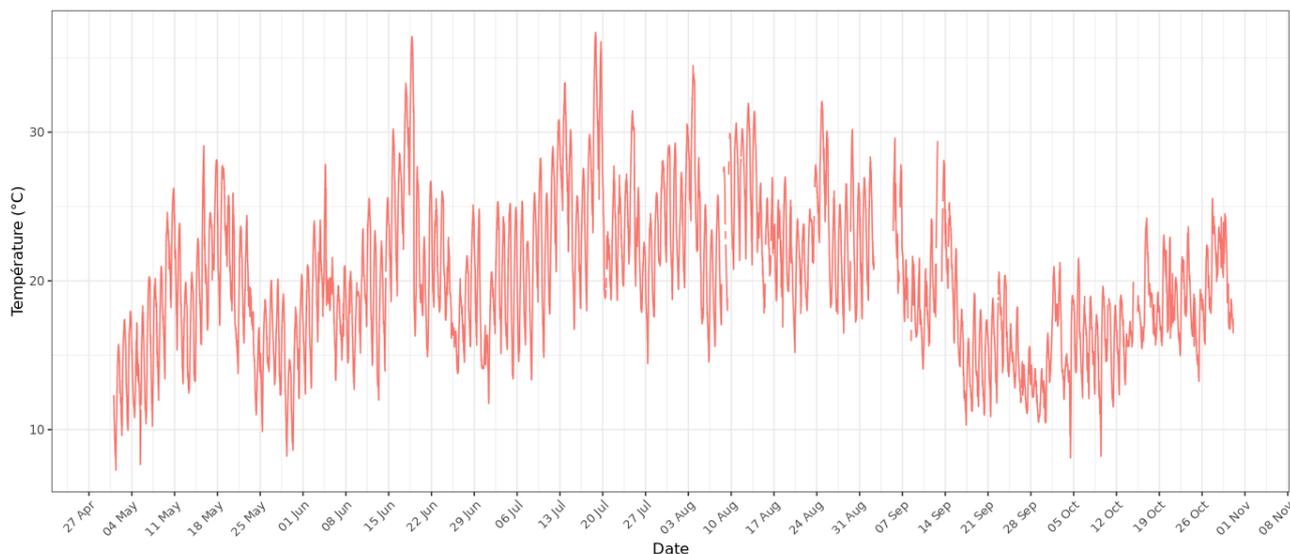


Figure 9 : Schéma temporel de la température à 80 m sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre mai et octobre 2022

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 80 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.

1.8 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	Qualité et qualification
Contrôle qualité	Ludivine DOYEN	Directrice d'étude, coordinatrice nationale pour les écoutes en altitude et les suivis mortalités DESS Gestion, contrôle et conservation des populations d'insectes – 17 ans d'expérience
Chef de projet Responsable du projet	Franck LETERME	Expert fauniste pluridisciplinaire Master 2 « Gestion de la biodiversité et des écosystèmes continentaux et côtiers » – 15 années d'expérience
Chargé d'étude Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction	Antonin DHELLEME	Expert chiroptérologue Master 2 « Expertise Faune Flore, inventaires et indicateurs de biodiversité » – 14 ans d'expérience
Chargé d'étude Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction	Julien TRANCHARD	Expert chiroptérologue Maîtrise de Biologie des populations et des écosystèmes – 20 ans d'expérience

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, la période de suivi (165 nuits exploitables entre le 20 mai et le 31 octobre 2022), 1 106 contacts de « 5 secondes » ou 605 « minutes positives » (minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris) ont été obtenus.

1.1 Bibliographie

L'inventaire initial réalisé par l'IEA dans le cadre de l'étude d'impact a permis de révéler la présence de 15 espèces dont 6 en altitude :

- Barbastelle d'Europe - *Barbastella barbastellus* ;
- Grand Murin - *Myotis myotis* ;
- Murin à moustaches - *Myotis mystacinus* ;
- Murin à oreilles échancrées - *Myotis emarginatus* ;
- Murin de Bechstein - *Myotis bechsteinii* ;
- Murin de Daubenton - *Myotis daubentonii* ;
- Murin de Natterer - *Myotis natterii* ;
- Noctule commune - *Nyctalus noctula* (contacté en altitude) ;
- Noctule de Leisler - *Nyctalus leisleri* (contacté en altitude) ;
- Oreillard gris - *Plecotus austriacus* ;
- Pipistrelle commune - *Pipistrellus pipistrellus* (contacté en altitude) ;
- Pipistrelle de Kuhl - *Pipistrellus kuhlii* (contacté en altitude) ;
- Pipistrelle de Nathusius - *Pipistrellus nathusii* (contacté en altitude) ;
- Pipistrelle pygmée - *Pipistrellus pygmaeus* ;
- Sérotine commune – *Eptesicus serotinus* (contacté en altitude).

Cet inventaire a été mené au niveau du sol et en altitude au cours de 6 sessions entre juin et octobre 2016 complétées par 7 mois d'écoute en altitude sur mât de mesures du 28 mars au 30 octobre 2018 :

- 6 sessions au sol (6 et 23 juin, 21 juillet, 16 août, 26 septembre et 11 octobre 2016) à partir de 8 points d'écoutes fixes (4 à 5h de nuit) et de transects ;
- 3 de ces sessions ont été accompagnés d'écoutes en altitude (1 nuit à chaque session : 6 juin, 26 septembre et 11 octobre 2016) à l'aide d'un ballon captif (80 m d'altitude) ;
- Mise en place de 2 micros (10 et 80 m) sur le mât de mesures pendant 7 mois d'activité (217 nuits).

1.2 Espèces contactées

4 espèces et 2 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 commune - *Pipistrellus pipistrellus* ;
- Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées - *Eptesicus serotinus* / *Nyctalus* sp. ;
- Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius - *Pipistrellus kuhlii* / *P. nathusii*.

2 Synthèse et analyse des résultats

Au cours de l'année 2022, 4 espèces et 2 groupes d'espèces de chauves-souris ont été contactées en altitude au niveau de l'éolienne E1, ce qui représente plus de 16% des 24 espèces présentes en région Centre-Val de Loire.

La richesse spécifique contactée lors de l'étude en altitude (4 espèces avérées) est jugée moyenne. Il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en altitude regroupant les espèces contactées le plus fréquemment en altitude.

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

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut de protection		Statut de conservation	
		Communautaire	National	National	Régional
		Directive « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE)	Arrêté du 23 avril 2007	Liste rouge des espèces menacées en France (UICN France et al., 2017)	Livre Rouge de la région Centre (NATURE CENTRE & CBNBP, 2014)
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 commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe IV	Art.2	NT	LC

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

1.3 Abondance relative des chiroptères

Les tableaux ci-après présente les nombres de contacts obtenus par espèce lors des expertises en fonction des années d'enregistrements.

Synthèse des observations en 2022

Tableau 5 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude au niveau du parc éolien de Lion-en-Beauce 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 (%)
Noctule commune	528	47,74%	259	42,81%
Groupe Sérotines / Noctules indéterminées	245	22,15%	157	25,95%
Noctule de Leisler	252	22,78%	129	21,32%
Pipistrelle commune	43	3,89%	37	6,12%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	36	3,25%	21	3,47%
Pipistrelle de Nathusius	2	0,18%	2	0,33%
Total	1 106	100%	605	100%

2 Synthèse et analyse des résultats

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

- La **Noctule commune** est l'**espèce la plus abondante en altitude sur le site** avec 43% des contacts en « minutes positives » enregistrés en altitude. Cette espèce est typiquement très représentée en altitude ;
- Elle est suivie par le groupe d'espèces Séroline commune / Noctules indéterminées (26 % des « minutes positives ») et la Noctule de Leisler (21% des « minutes positives ») ;
- La Pipistrelle commune qui occupe d'ordinaire la première ou seconde place en termes d'abondance en altitude est ici relayée en 4^{ème} position (6% des « minutes positives » seulement), accompagnée du groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius (environ 3% des « minutes positive ») ;
- La Pipistrelle de Nathusius est anecdotique avec moins de 1% des contacts.

En 2022, ce sont 605 contacts de chiroptères (en « minutes positives ») qui ont été enregistrés au niveau de la nacelle de l'éolienne E1 du parc de Lion-en-Beauce sur un total de 165 nuits d'écoutes, fournissant **une moyenne de 3,7 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 moyenne 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.

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.

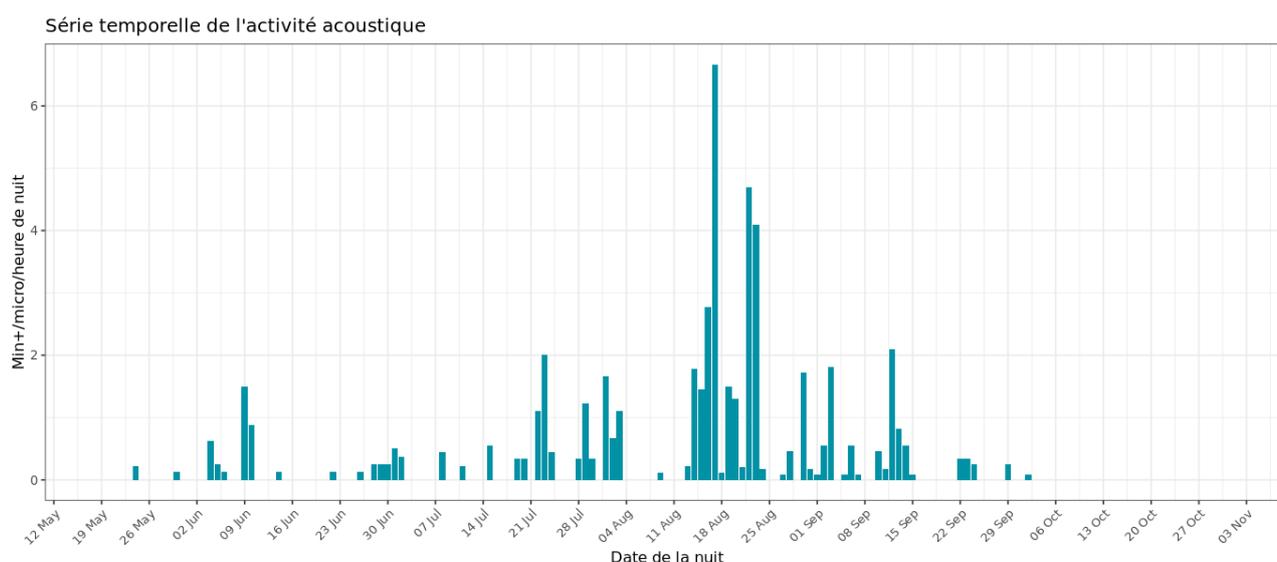


Figure 10 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

2 Synthèse et analyse des résultats

1.4.2 Activité mensuelle

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

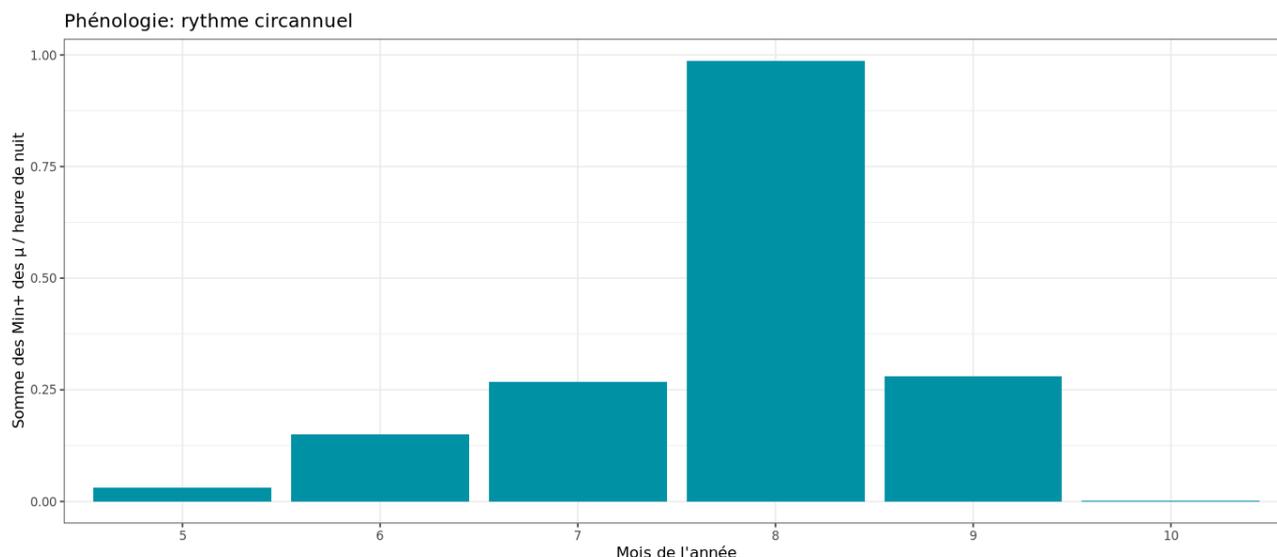


Figure 11 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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

Groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune

- Noctule commune (*Nyctalus nyctalus*)

La Noctule commune imprime la tendance avec 43 % des contacts en altitude. L'espèce apparaît sur le site en juin, présente un pic d'activité courant août (migration) et régresse rapidement sur septembre 2022.

- Noctule de Leisler (*N. leisleri*)

La Noctule de Leisler est particulièrement présente en altitude sur ce site. Bien qu'elle ne soit identifiée avec certitude qu'en août et septembre, on présume qu'elle s'inscrit dans le groupe des individus indéterminés et suit la même courbe que la Noctule commune avec un pic d'activité également en août.

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

2 Synthèse et analyse des résultats

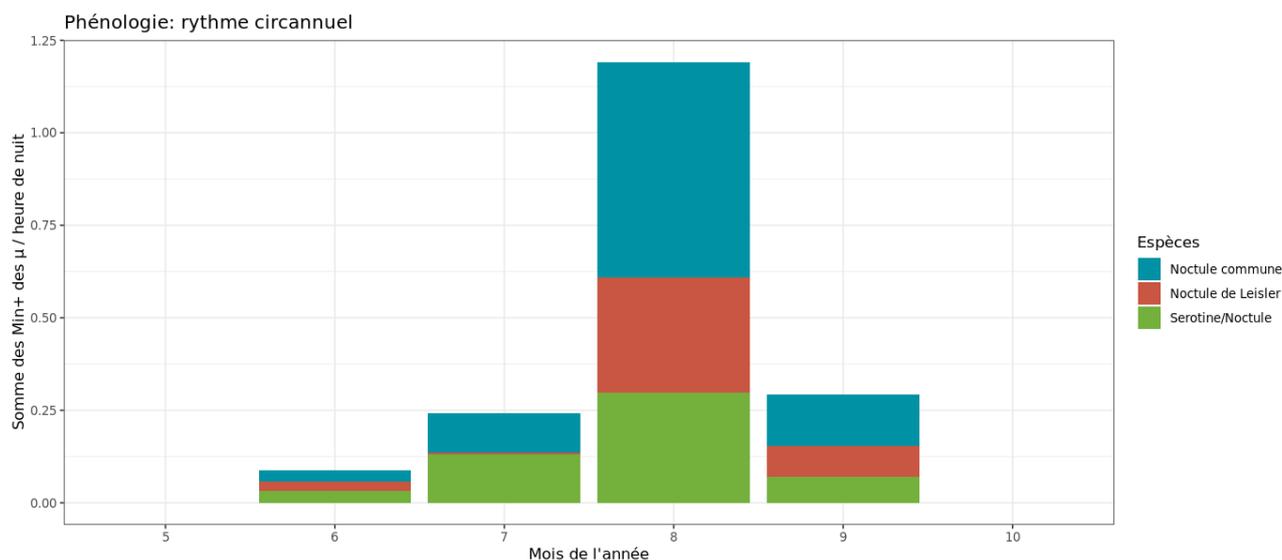


Figure 12 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour le groupe Sérotine commune et Noctules, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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

- *Pipistrelle commune* (*Pipistrellus pipistrellus*)

De manière inhabituelle, la *Pipistrelle commune* est peu présente en altitude sur le site en 2022. Elle est contactée de juin à octobre avec une activité intense entre juin et juillet (pic) pouvant correspondre à la période de mise-bas et d'élevage des jeunes.

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

La *Pipistrelle de Nathusius* est une espèce migratrice identifiée avec certitude en mai uniquement 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 mai et août, période de migration.

L'activité des pipistrelles en altitude est dominée par la *Pipistrelle commune* en juin et juillet.

La *Pipistrelle de Nathusius*, à l'inverse, est plutôt active en mai et août (migrations).

2 Synthèse et analyse des résultats

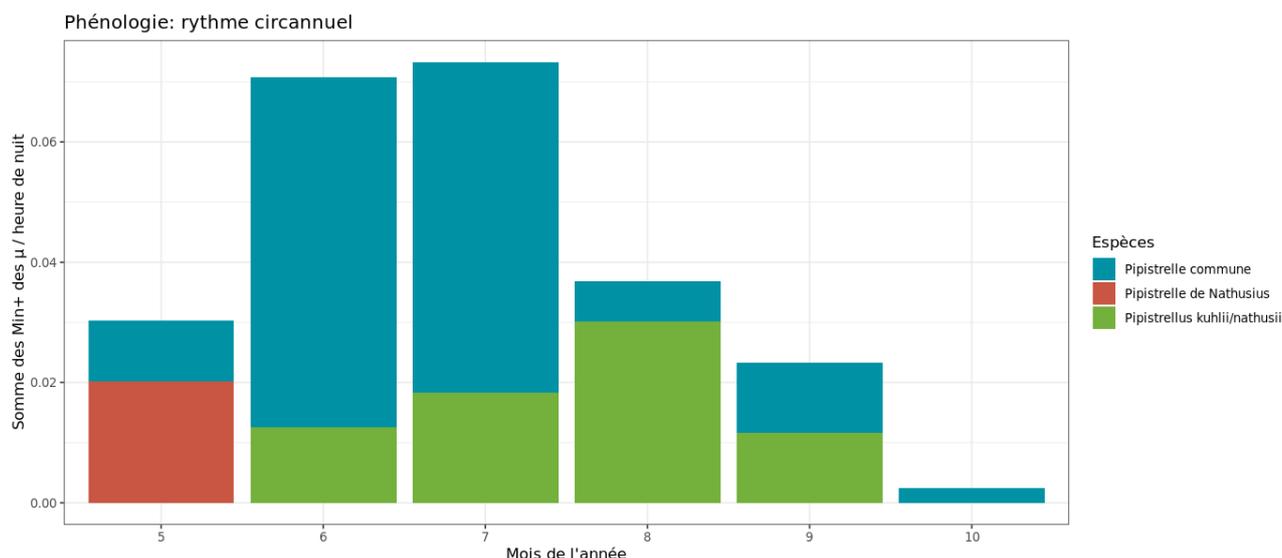


Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure, pour les Pipistrelles, en altitude sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

Synthèse de l'activité mensuelle

L'analyse de la phénologie en 2022 met en évidence une activité plus importante en altitude en période de transit et de migration automnale des différentes espèces. L'activité est la plus importante au mois d'août. On remarque toutefois une activité notable équivalente en juillet et septembre, marquée par la Pipistrelle commune pour l'été et la Noctule commune pour l'automne.

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

En 2022, 605 « minutes-positives » exploitables sur l'ensemble de la période d'enregistrement de mai 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 trois premières heures de la nuit. Elle diminue ensuite mais sans jamais disparaître totalement ; on observe même ponctuellement des sursauts d'activité, notamment en période de migration automnale.

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 peut disparaître à h+5 pour revenir discrètement à h+6/+7 alors qu'au mois de mai l'activité est concentrée à h+1 et h+4/+5 (à relativiser toutefois sur 10j d'enregistrement seulement).

2 Synthèse et analyse des résultats

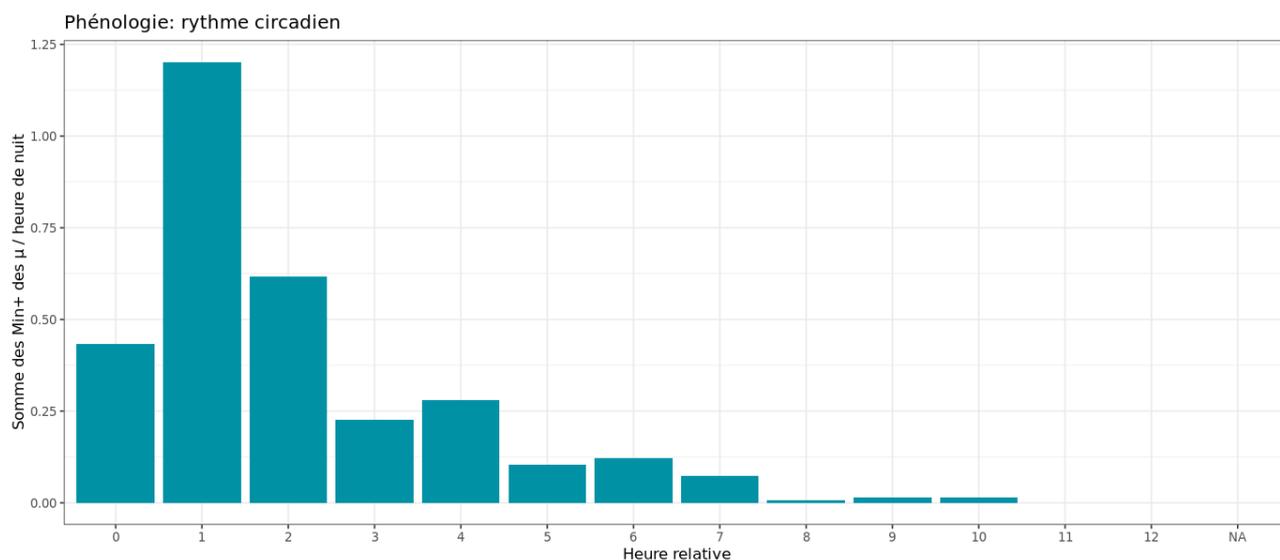


Figure 14 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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.

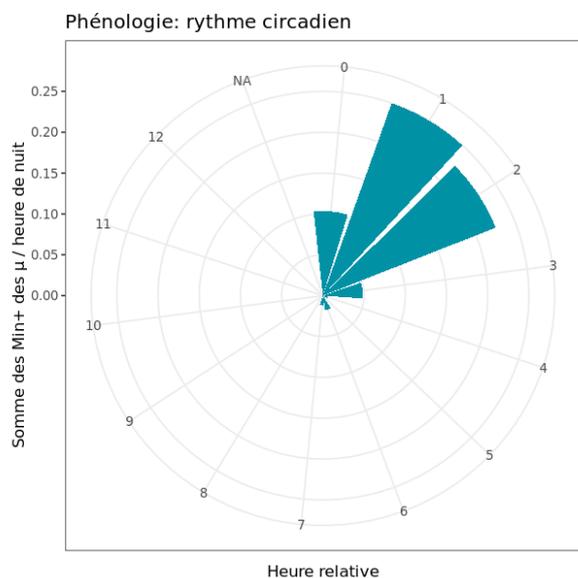


Figure 15 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre juin et juillet 2022

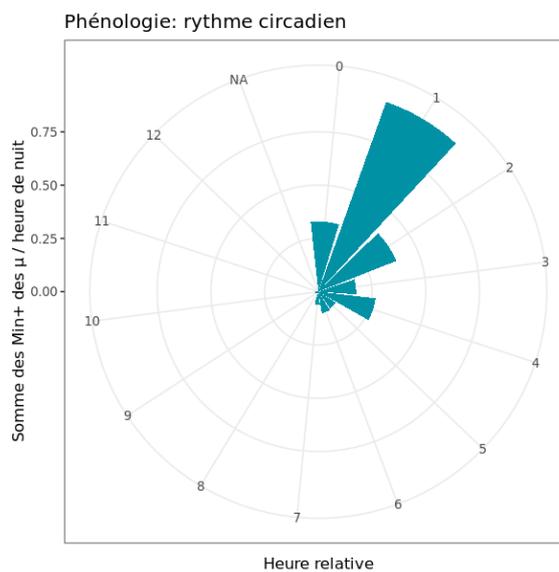


Figure 16 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce entre août et octobre 2022

2 Synthèse et analyse des résultats

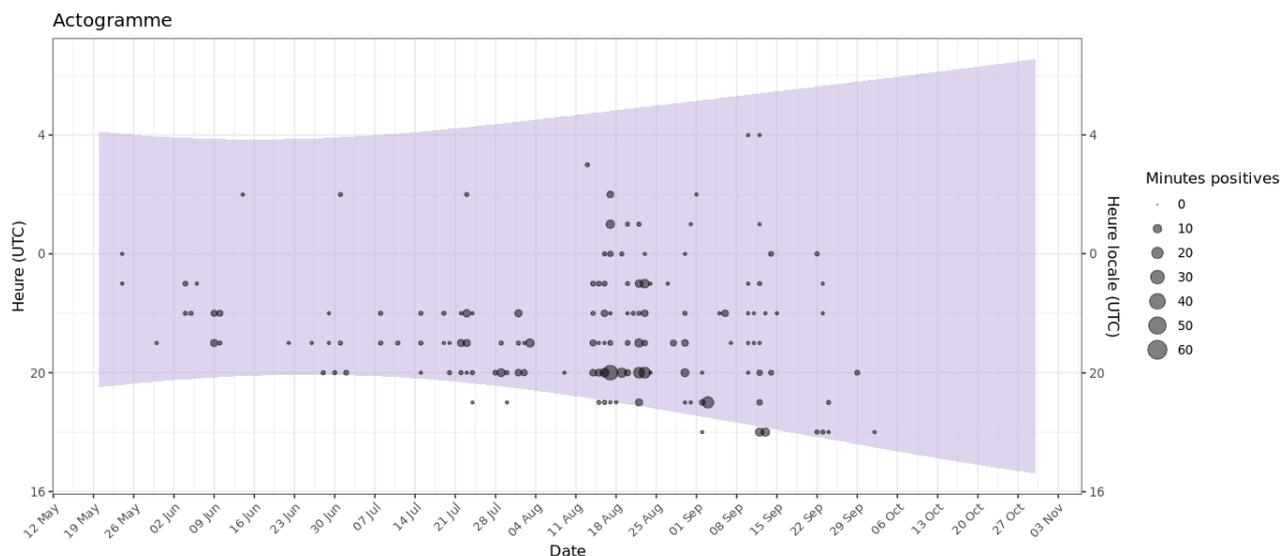


Figure 17 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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+2) mais ponctuellement, des pics d'activités en milieu de nuit, toutes espèces confondues, sont constatés (août notamment).

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-dessus et au niveau de la nacelle (80 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 0,27 à 16,23 m/s.

L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 1,5 et 11 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des

2 Synthèse et analyse des résultats

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

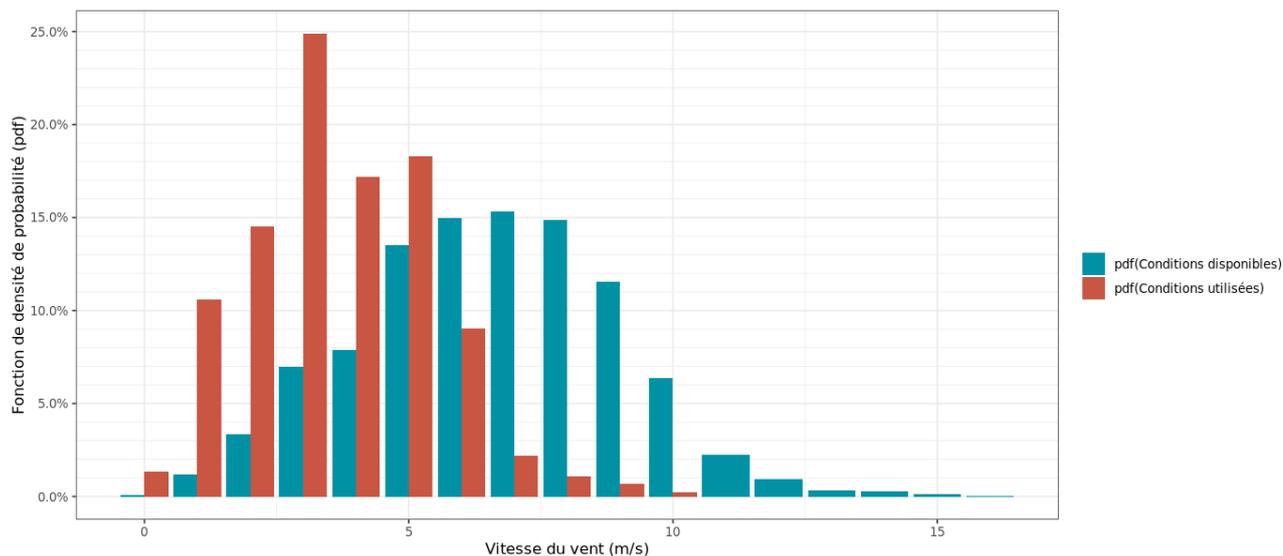


Figure 18 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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

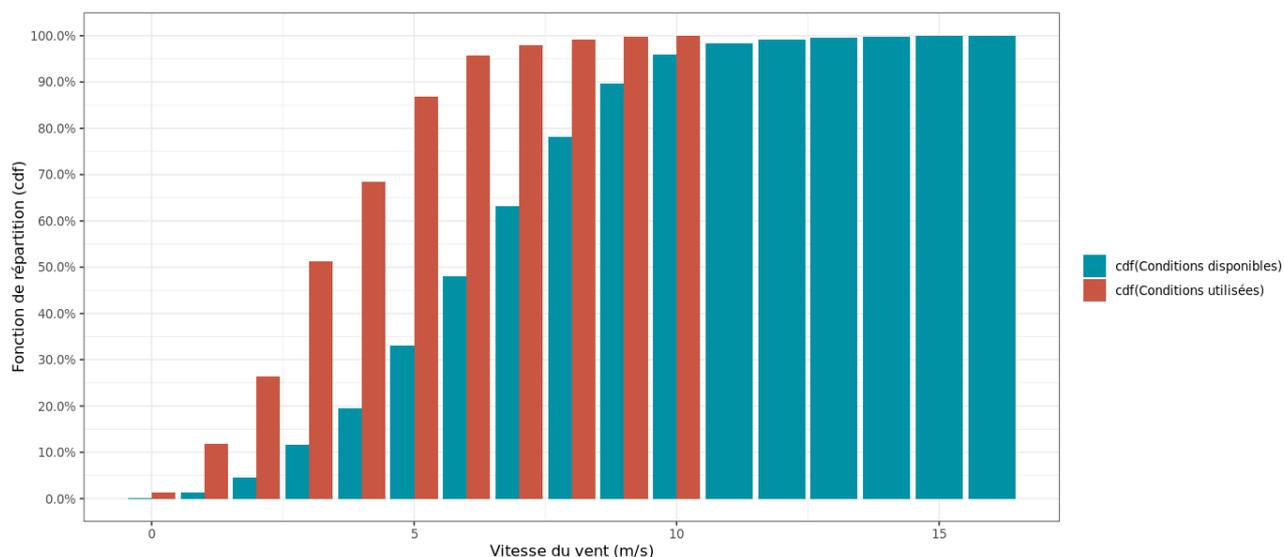


Figure 19 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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 10 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 E1 Lion-en-Beauce en 2022

Vitesse de vent (en m/s à 80 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Limite de vent	3,38 m/s	4,92 m/s	5,36 m/s	5,8 m/s	6,2 m/s	8,03 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. 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 ou égaux à 5 m/s.

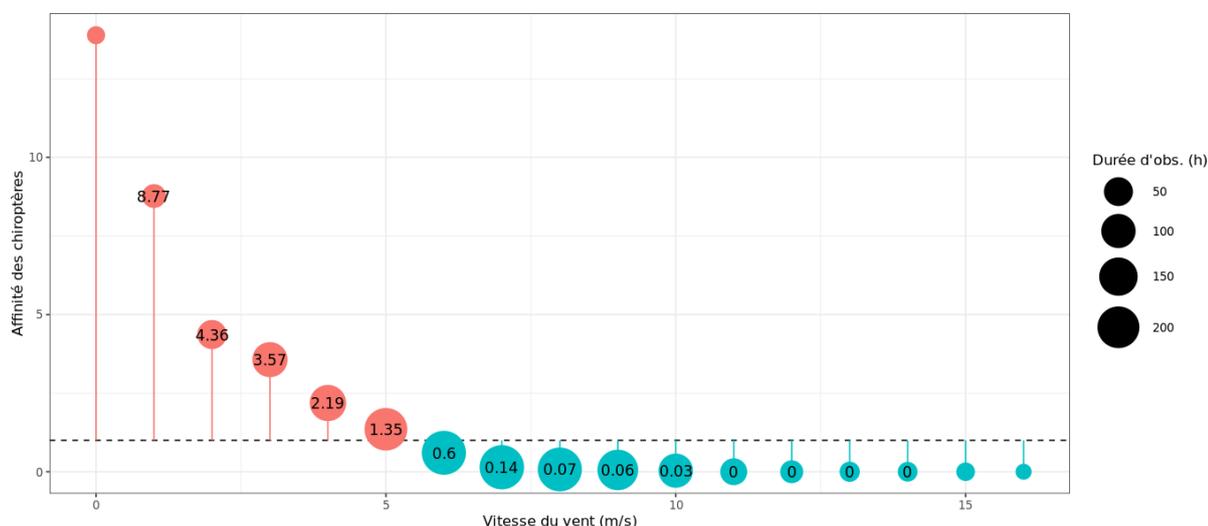


Figure 20 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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 (80 m), permet de souligner les informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 5,8 ms ;
- 75 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 4,92 m/s ;
- 50 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 3,38 m/s.

2 Synthèse et analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des résultats montre une préférence des chauves-souris pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5 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-dessus et au niveau de la nacelle (80 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 8,22°C à 36,71°C.

L'échantillonnage est significatif pour les températures comprises entre 12,5°C et 27°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).

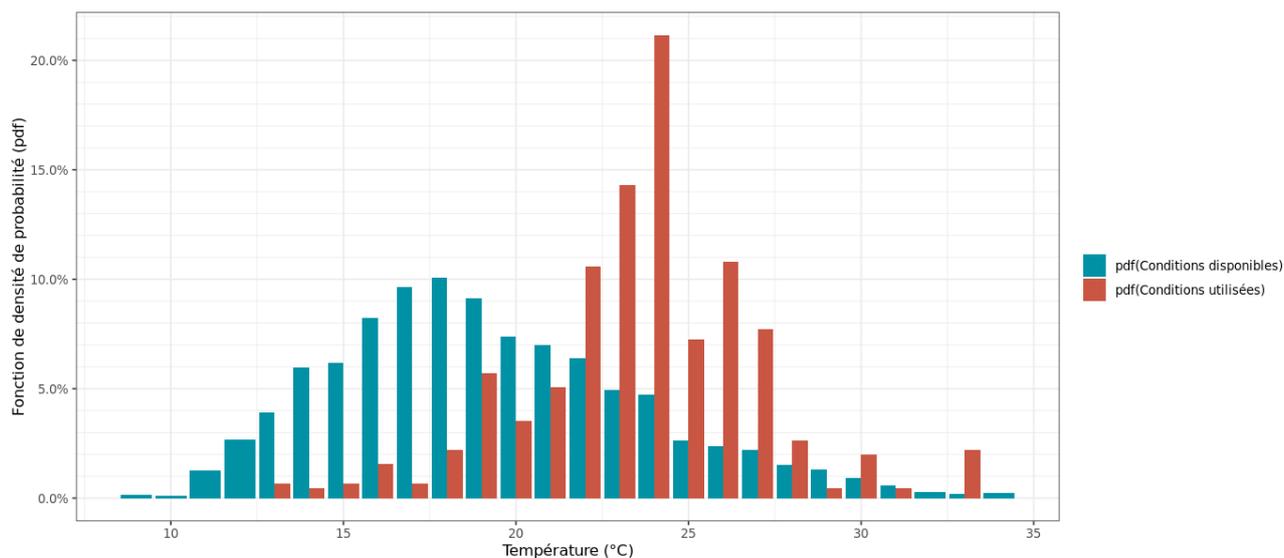


Figure 21 : Densité des observations de chauves-souris par classe de température (°C) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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

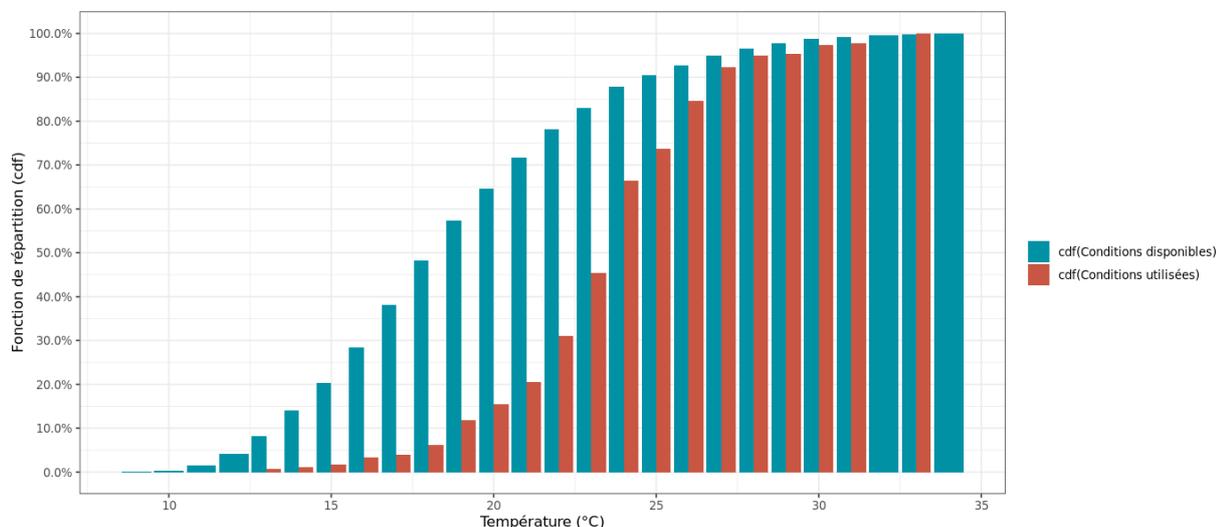


Figure 22 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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 16°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 19 et 27°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 E1 Lion-en-Beauce en 2022

Température (en °C à 80 m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
Limite de température	23,61°C	21,93°C	20,45°C	19,29°C	18,22°C	14,28°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. 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 21°C (jusqu'à 33°C).

2 Synthèse et analyse des résultats

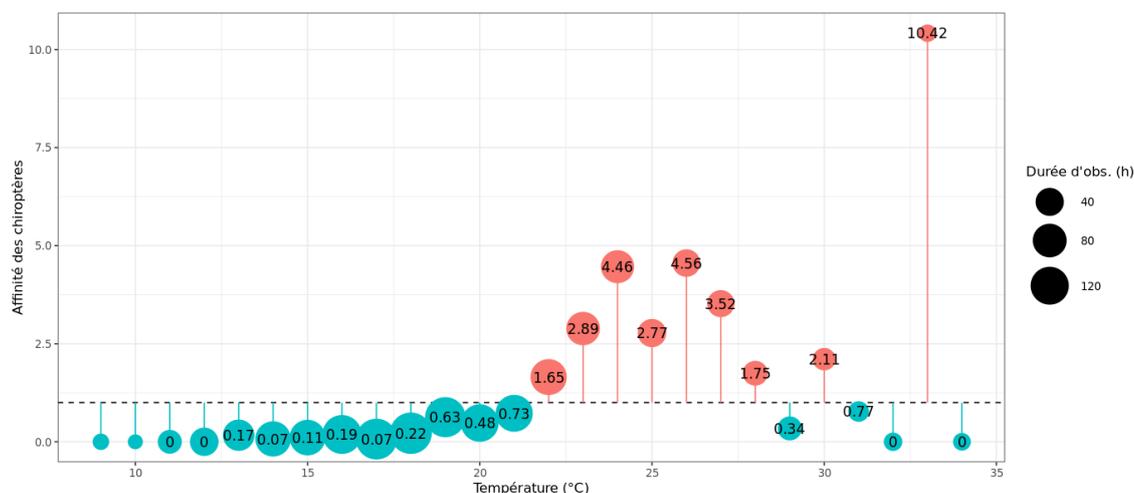


Figure 23 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E1 de Lion-en-Beauce en 2022

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 (80 m), permet de souligner les informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 19,29°C ;
- 75 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 21,93°C ;
- 50 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 23,61°C.

L'analyse des résultats montrent une préférence des chauves-souris pour des températures supérieures à 21°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

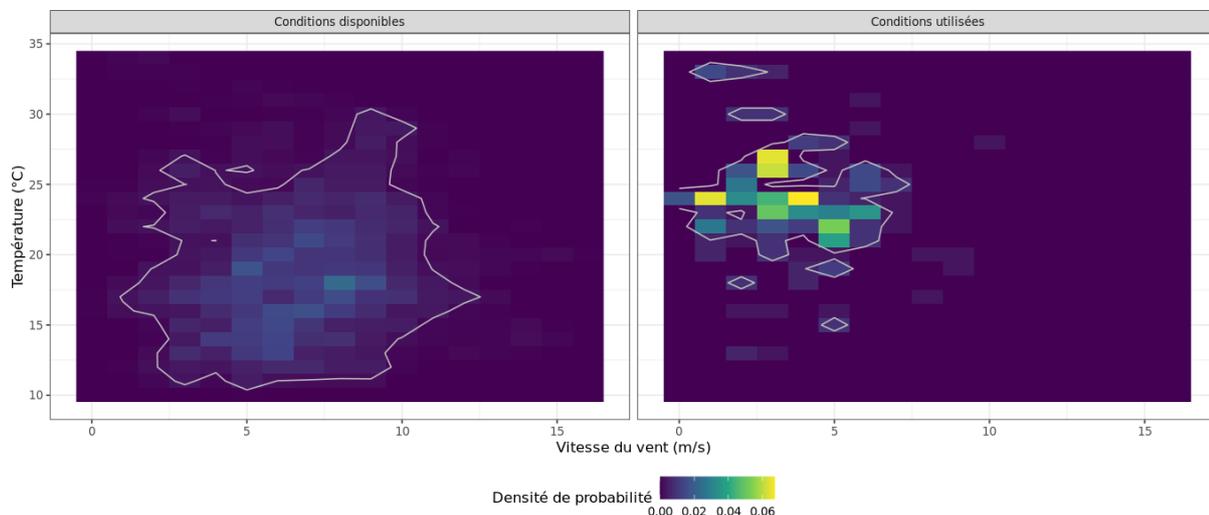


Figure 24 : Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2022 (l'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions)

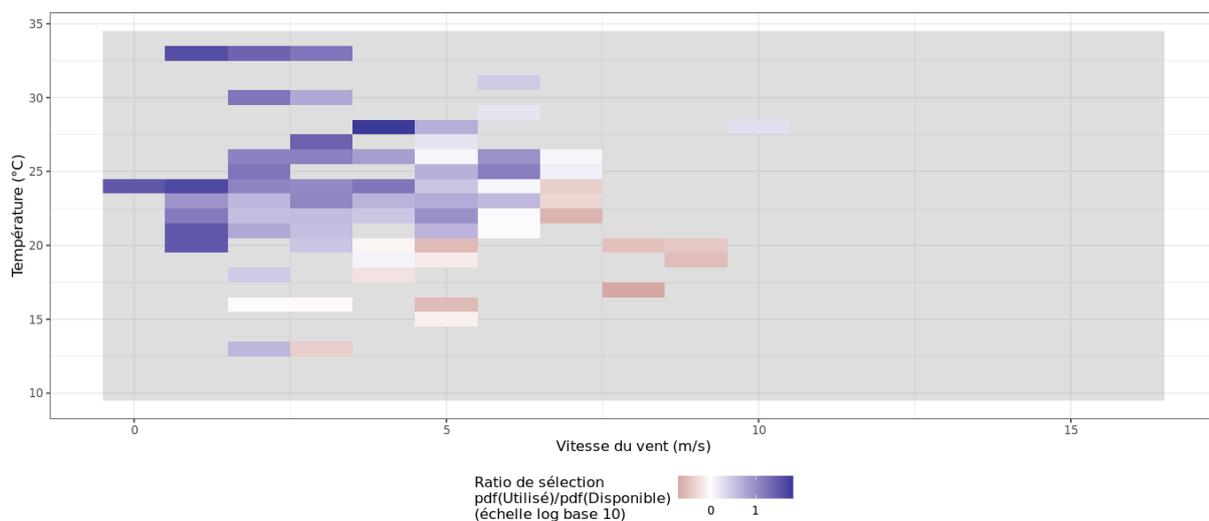


Figure 25 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2022 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc de Lion-en-Beauce en 2022 et de l'activité des chiroptères associée, il ressort que l'utilisation du site (en bleu) est majoritaire dans des gammes de vitesse de vent comprises entre 0 et 6 m/s et de températures comprises entre 20 à 28°C.

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 ne sont pas négligeables (exemple : contacts à 33°C par une vitesse de vent de 1 à 3 m/s mais également 28°C à 10 m/s).

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 80 m au sein de la nacelle de l'éolienne E1 du parc éolien du Lion-en-Beauce dans le Loiret (45) en 2022.

Le dispositif a permis de suivre l'activité des chauves-souris entre le 20 mai et le 31 octobre 2022, soit durant **165 nuits complètes, continues et exploitables**.

Les enregistrements ont permis l'identification de **4 espèces** avec certitude, composant le cortège d'espèces **les plus fréquemment contactées en altitude**. Cela représente un peu plus de 16 % 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 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 commune** domine largement le peuplement de chiroptères en altitude sur le site en 2022. Il s'agit de l'**espèce la plus abondante** avec 43% des contacts en « minutes positives ». Cette espèce est typiquement très représentée en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découvertes au cours des suivis mortalités ;
- Elle est suivie par le groupe d'espèces Séroline commune / Noctules indéterminées (26% des « minutes positives ») et la Noctule de Leisler (21% des « minutes positives ») ;
- La Pipistrelle commune qui occupe d'ordinaire les premières places en termes d'abondance en altitude est ici relayée en 4ème position (6% des « minutes positives » seulement), accompagnée groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius (environ 3% des « minutes positive ») ;
- La Pipistrelle de Nathusius est anecdotique avec moins de 1% des contacts.

En 2022, la phénologie mensuelle relevée montre une **activité augmentant progressivement au cours de l'année à partir du mois de mai pour culminer au mois d'août** (3 à 4 fois l'activité du mois précédent !) **correspondant essentiellement à la phase de migration des Noctules et du groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius**.

Bien que faiblement représenté en termes d'abondance, la Pipistrelle commune est très active entre juin et juillet (période de mise-bas et d'élevage des jeunes).

L'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit avec ponctuellement des gains 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 5,8 m/s ;
- À des températures supérieures à 19,29 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 (04/10/2019) considère qu'il convient d'appliquer le bridage automnal suivant sur les 3 éoliennes :

Tableau 8 : Evaluation du bridage recommandé par l'arrêté d'autorisation du parc de Lion-en-Beauce (2019)

Evaluation du bridage recommandé par l'arrêté d'autorisation du parc de Lion-en-Beauce (2019)	
Période de mise en service du bridage	Du 15 juillet au 31 octobre
Seuil de température	Par des températures supérieures à 13°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures à 6 m/s
Durée du bridage	30 min avant le coucher du soleil jusqu'à 2 heures du matin
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par les arrêts machines en 2022	69,09 %
Nombre de minute positive restant à risque	187 minutes positives sur 605, toutes espèces confondues
Proportion d'activité de Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période de suivi	72,48 %
Nombre de minute positive restant à risque pour les noctules	150 minutes sur 545 minutes positives de présence de noctules
Proportion d'activité de Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période de suivi	38,33 %
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	37 minutes sur les 60 minutes de présence des pipistrelles

Le bridage actuellement en place couvre une partie significative de l'activité chiroptérologique enregistrée en 2022, notamment la période de migration automnale des Noctules.

Cependant, au regard des résultats bruts observés, des estimations faites, de la découverte de plusieurs cas de mortalité, **il est fortement recommandé de mettre en œuvre le bridage de nuit dès le mois de mai voire avril et pendant toute la nuit (estimation d'au moins 84 % de l'activité chiroptérologique couverte). La garde au sol basse est également un facteur aggravant impactant les individus volant à faible altitude, non pris en compte dans la présente étude.**

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, SFEPM & 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