



Suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur le parc éolien des Champarts — Aschères-le- Marché et Neuville-aux- Bois (45)

CPENR LES CHAMPARTS
mars 2024

Activité des chiroptères en
nacelle en 2023

Citation recommandée	Biotope, 2023, Suivi de l'activité des chiroptères en altitude sur le parc éolien des Champarts – Aschères-le-Marché et Neuville-aux-Bois (45), CPENR Les Champarts 58 p.	
Version/Indice	V5	
Date	mars 2024	
Nom de fichier	Champarts_SuiviAltitude2023_Biotope_V5.docx	
N° de contrat	2023132	
Maître d'ouvrage	CPENR Les Champarts	
Interlocuteur	Quentin RIAND	Contact : quentin.riand@abo-wind.fr Tél : 06 75 68 59 10
Biotope Rédaction de l'étude	Pierre DELESSARD	Contact : pdelessard@biotope.fr Tél : 07 48 83 71 96
Biotope Responsable du projet	Franck LETERME	Contact : fleterme@biotope.fr Tél : 02 38 61 07 94
Biotope Responsable de qualité	Nicolas CARENTON	Contact : ncarenton@biotope.fr Tél : 04 67 18 67 77

Introduction

Conformément au protocole de suivi environnemental, une éolienne a été équipée d'un enregistreur automatique pendant toute la période d'activité des chauves-souris soit de fin-mars à fin octobre.

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

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

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

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	8
1	Contexte - Présentation du parc éolien et méthodologie	9
1.1	Présentation du parc	9
1.2	Collecte des données	11
1.3	Analyse des sons et identification des espèces	12
1.4	Évaluation du niveau d'activité chiroptérologique en hauteur	13
1.5	Limites méthodologiques	19
1.6	Acquisition des données météorologiques	20
1.7	Croisement des données	21
1.8	Équipe de travail	22
2	Synthèse et analyse des résultats	23
1	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères contactés en altitude	24
1.1	Bibliographie	24
1.2	Espèces contactées	24
1.3	Analyse générale de l'activité des chiroptères	26
1.4	Analyse détaillée de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur	31
1.5	Analyse de l'activité des chiroptères en fonction de l'heure	35
2	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	38
2.1	Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 114 m	38
2.2	Activité en fonction de la température mesurée à 114 m	41
2.3	Activité en fonction de l'hygrométrie mesurée à 84 m	44
2.4	Combinaison des facteurs température et vitesse de vent	47
3	Synthèse de l'écoute de l'activité des chiroptères	50
4	Bibliographie	55

Liste des tableaux

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrement du SM4BAT.	11
Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois en 2023.	11
Tableau 3 : Référentiel Altichiro-Altitude utilisé pour l'étude des Champarts, sont indiquées la sélection spatiale ainsi que les sélections temporelles correspondant à l'ensemble de la période d'écoute des chiroptères et les trois périodes d'activité séparément.	15

Tableau 4 : Équipe de travail.	22
Tableau 5 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en altitude sur le parc des Champarts au cours du suivi 2023.	25
Tableau 6 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023 et activité pour l'ensemble de la période d'écoute d'après le référentiel Actichiro-Altitude.	26
Tableau 7 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période printanière.	27
Tableau 8 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période estivale.	28
Tableau 9 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période automnale.	29
Tableau 10 : Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées.	38
Tableau 11 : Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	40
Tableau 12 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction de la température en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	43
Tableau 13 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction de l'hygrométrie en altitude sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.	46
Tableau 14 : Evaluation du bridage actuel pour le parc des Champarts à partir des observations réalisées en 2023 sur l'éolienne E03 (nacelle à 114 m).	52
Tableau 15 : Simulation du bridage avec de nouveaux paramètres pour le parc des Champarts à partir des observations réalisées en 2023 sur l'éolienne E03 (nacelle à 114 m).	53

Liste des illustrations

Figure 1 : Dispositif d'écoute en altitude installé en nacelle E03 du parc des Champarts en 2023.	9
Figure 2 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.	10
Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien des Champarts.	10
Figure 4 : Illustration d'un SM4BAT.	11
Figure 5 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope.	12
Figure 6 : Répartition spatiale des points-nuits pour chaque référentiel.	14
Figure 7 : Sélection temporelle du référentiel global (ensemble de la période d'écoute).	16
Figure 8 : Sélection temporelle du référentiel en période de migration printanière (29 mars – 31 mai).	16
Figure 9 : Sélection temporelle du référentiel en période estivale de mise-bas et élevage des jeunes (1er juin – 15 août).	17

Figure 10 : Sélection temporelle du référentiel en période de migration automnale (16 août – 23 octobre).	17
Figure 11 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude.	18
Figure 12 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude du parc éolien des Champarts, en 2023.	20
Figure 13 : Schéma temporel de la vitesse du vent à 114 m sur l'ensemble du suivi du parc éolien des Champarts, en 2023.	20
Figure 14 : Schéma temporel de la température à 114 m sur l'ensemble du suivi du parc éolien des Champarts, en 2023.	21
Figure 15 : Schéma temporel de l'hygrométrie à 84 m sur l'ensemble du suivi du parc éolien des Breuils, en 2023, parc adjacent au parc des Champarts.	21
Figure 16 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	31
Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	32
Figure 18 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	32
Figure 19 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts, en 2023.	33
Figure 20 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Sérotine commune et Noctules, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	34
Figure 21 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de fin mars à mai.	35
Figure 22 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à mi-août.	36
Figure 23 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mi-août à novembre.	36
Figure 24 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre fin mars et novembre.	37
Figure 25 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	39
Figure 26 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	40
Figure 27 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E03 du parc des Champarts en 2023.	41
Figure 28 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	42
Figure 29 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	42

Figure 30 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.	44
Figure 31 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur d'hygrométrie relative (%) sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.	45
Figure 32 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de l'hygrométrie relative (%) sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.	45
Figure 33 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes d'hygrométrie relative sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.	46
Figure 34 : Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2023 (l'enveloppe délimite une proportion de 90 % des conditions).	48
Figure 35 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2023 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.	48

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte - Présentation du parc éolien et méthodologie

1.1 Présentation du parc

Le parc éolien est situé sur les communes d'Aschères-le-Marché et de Neuville-aux-Bois, dans le département du Loiret. L'éolienne dotée de l'enregistreur se situe au sein d'une parcelle agricole directement au nord de l'autoroute A19 et à l'est de la D97.

Le parc est constitué de 2 éoliennes Nordex N117 et 2 éoliennes N131 (dont E03) d'une puissance unitaire de 3 MW. Les 2 éoliennes N117 sont d'une hauteur de nacelle à 84 m (E01 et E02), avec un diamètre des rotors de 116,8 m, une garde au sol de 25,6 m et une tour d'un diamètre de 4,3 m. Les 2 éoliennes N131 sont d'une hauteur de nacelle à 114 m (E03 et E04), avec un diamètre des rotors de 131 m, une garde au sol de 48,5 m et une tour d'un diamètre de 4,3 m.

Les données chiroptérologiques ont été acquises à l'endroit de l'éolienne n°3 avec 1 micro placé en nacelle à la hauteur de 114 m.

L'éolienne équipée du dispositif d'acquisition des données chiroptérologique est située sur l'éolienne n°3, au nord du parc éolien des Champarts.

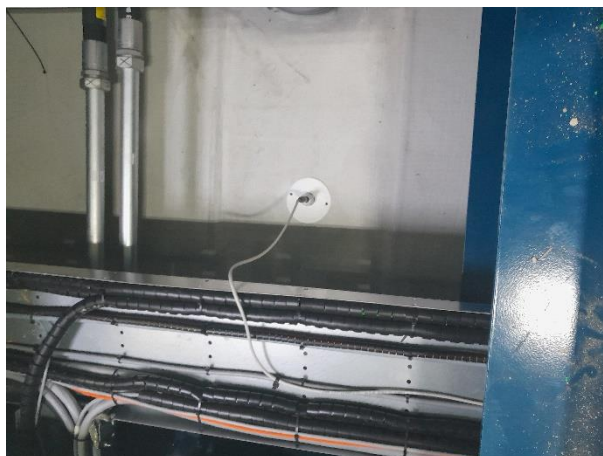


Figure 1 : Dispositif d'écoute en altitude installé en nacelle E03 du parc des Champarts en 2023.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

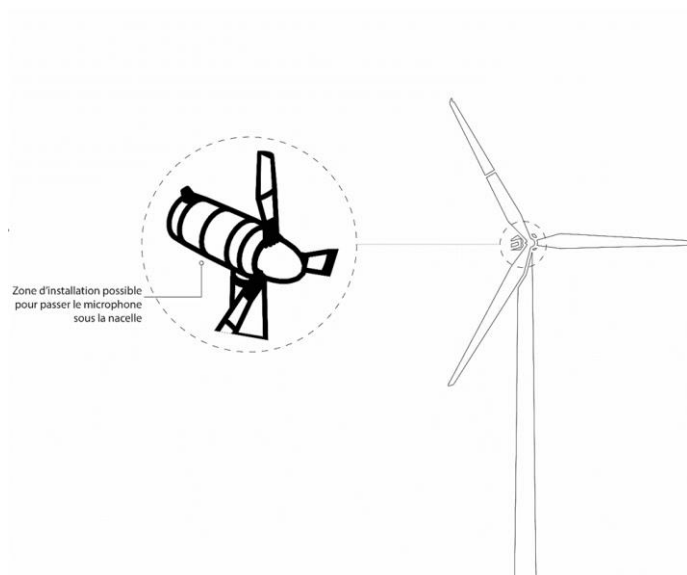


Figure 2 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.

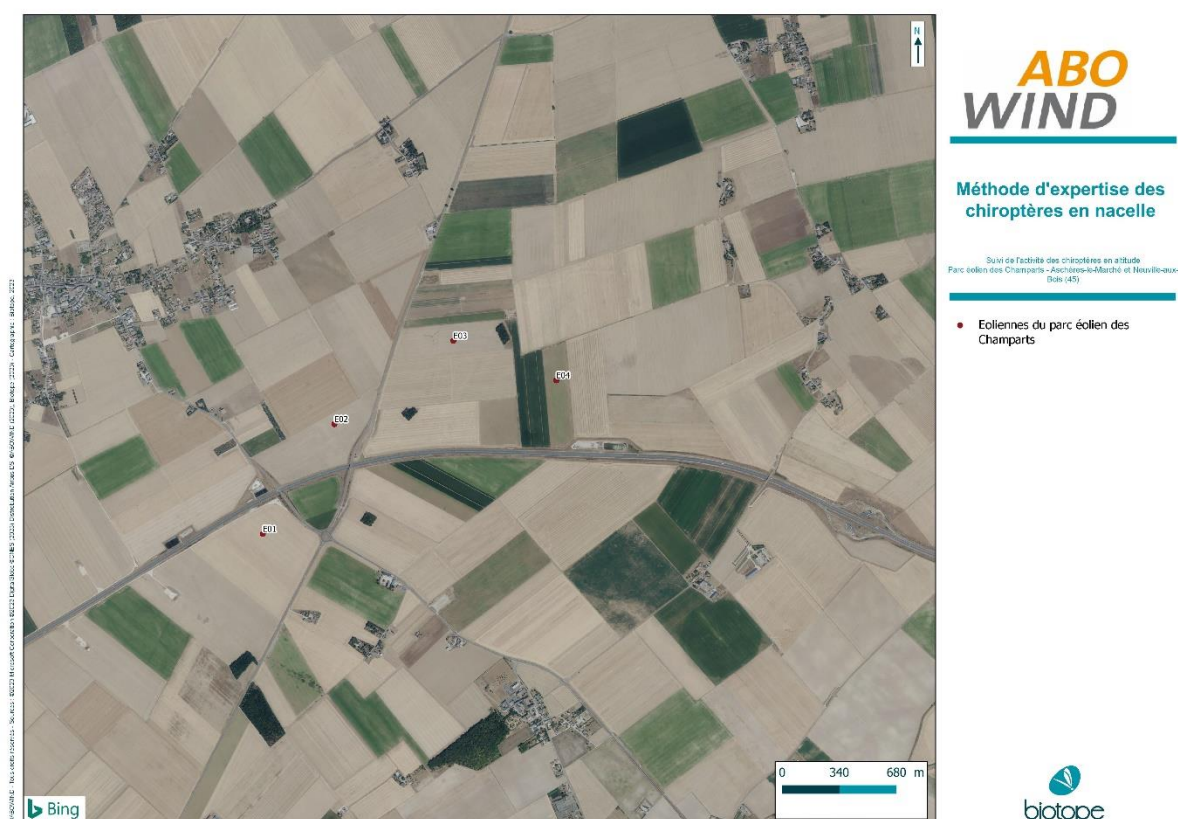


Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien des Champarts.

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 2023, le microphone a été installé sur l'éolienne E03, en nacelle, à 114 m de hauteur.

1.2.1 Paramétrage du SM4BAT

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

Tableau 1 : Paramètres d'enregistrement du SM4BAT.

Paramètres d'enregistrement	
Filtre Pass Haut	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	1 h
Arrêt après le lever du soleil	30 min.



Figure 4 : Illustration d'un SM4BAT.

1.2.2 Efforts d'échantillonnage

Les données analysées en détail concernent la période du 29 mars 2023 au 10 novembre 2023 soit 227 nuits d'enregistrement exploitables. Aucun dysfonctionnement n'a été observé sur l'ensemble de la période d'écoute. Sur l'ensemble de cette période, un total de 120 nuits présentent des contacts de chiroptères, soit 53 % des nuits d'enregistrement.

Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois en 2023.

Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones
Mars	3
Avril	30

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Mois	Nombre de nuits exploitables sur les microphones
Mai	31
Juin	30
Juillet	31
Août	31
Septembre	30
Octobre	31
Novembre	10
TOTAL	227

1.3 Analyse des sons et identification des espèces

Le schéma suivant illustre le type de données recueillies lors des inventaires à l'aide d'enregistreurs et les différentes étapes menant à l'identification des espèces de chiroptères présentes sur l'aire d'étude.

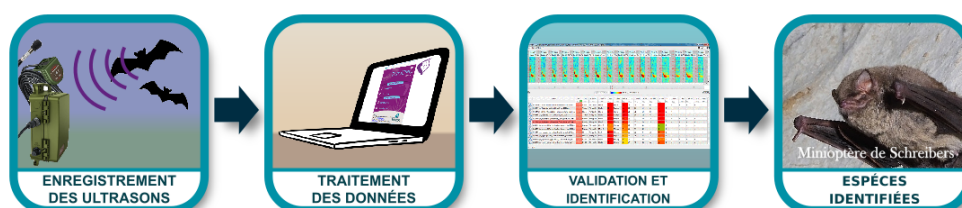


Figure 5 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope.

1.3.1 Détermination automatique du signal

Chaque espèce a des caractéristiques acoustiques qui lui sont propres. L'analyse des signaux qu'elles émettent permet donc de réaliser des inventaires d'espèces.

L'analyse des données issues des enregistreurs (SMBAT) s'appuie sur le programme Sonochiro® développé par le département « Recherche & Innovation » de Biotope. Ce programme permet un traitement automatique et rapide d'importants volumes d'enregistrements.

Le programme Sonochiro inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés.
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme et ratios signal/bruit).
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence.
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées au groupe d'espèces également assorties d'un indice de confiance.
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce passant en arrière-plan.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Ainsi, les enregistrements sont analysés par ordinateur grâce à la suite de logiciel « Sonochiro® », permettant un tri et une pré-identification automatique des contacts réalisés sur la base d'1 contact = 5 secondes de séquence d'une espèce.

1.3.2 Validation et identification des espèces par un chiroptérologue

Les identifications faites par SonoNat© sont ensuite analysées et contrôlées visuellement (SonoView©) et auditivement (BatSound©, Syrinx). Les logiciels SonoView© et BatSound© permettent d'afficher des sonagrammes (= représentation graphique des ultrasons émis par les chiroptères), d'effectuer des mesures et d'écouter les séquences qui sont ensuite attribués à l'espèce ou au groupe d'espèces selon la méthode d'identification acoustique de Michel BARATAUD (Barataud, 2020).

Les critères d'identification sont basés sur les variations de fréquence (entre 10 à 120 kHz), la durée du signal (quelques millisecondes), les variations d'amplitude (puissance du signal) et le rythme.

Dans l'état actuel des connaissances, les méthodes acoustiques permettent d'identifier les 36 espèces françaises. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol, c'est pourquoi les déterminations litigieuses sont rassemblées en groupes d'espèces.

1.4 Évaluation du niveau d'activité chiroptérologique en hauteur

1.4.1 Unité de mesure de l'activité

Dans la majorité des études qui sont pratiquées jusqu'à maintenant, que ce soit avec un détecteur à main ou un enregistreur automatique en point fixe, les résultats des écoutes sont tous exprimés par une mesure de l'activité en nombre de contacts par unité de temps. Selon les opérateurs et l'appareillage, la définition d'un contact n'est pas très claire, mais correspond à une durée de séquence que l'on pense être proche d'un passage d'un chiroptère, soit de 5 secondes dans le cas des détecteurs à main. Néanmoins, **pour pallier les nombreux facteurs de variations de dénombrements liés au matériel** (sensibilité du micro, modèle d'enregistreur, trigger, seuils de déclenchements, paramétrages de séquençage des fichiers...) **l'unité la plus pratique de dénombrement et montrant une meilleure robustesse de comparaison avec des référentiels correspond à la « minute positive »**. Une minute est dite « positive » quand au moins un chiroptère est enregistré au cours de celle-ci. Le nombre de minutes positives peut être considéré globalement ou décliné par espèce.

Dans cette étude, tout contact affiché correspond donc à une minute positive, c'est-à-dire une minute au cours de laquelle une espèce a été contactée. Qu'il y ait un fichier d'enregistrement ou 10 au cours d'une minute, l'incrémentation correspondra à 1.

Les tests statistiques ont montré que les variations liées au matériel étaient moins fortes avec cette méthode. Le dénombrement des « minutes positives » évite des écarts de 1 à 10 en cas de forte activité. En cas de faible activité, les résultats de dénombrement de minutes positives ou de fichiers d'enregistrement sont sensiblement les mêmes. Ce type de dénombrement tend à mesurer une régularité de présence d'une espèce sur un site d'enregistrement et peut donc être formulé en occurrence par heure (rapport du nombre de minutes positives sur la durée totale d'écoute en minute pouvant être exprimé en pourcentage) pour obtenir un indice d'activité. L'intérêt majeur de cette unité de comptage est de pouvoir mêler des données issues de différents matériels et de différents paramétrages de matériel.

Avec cette unité de comptage d'une minute, il n'est pas nécessaire de recourir à des coefficients de correction en lien avec la détectabilité des espèces (cf. Haquart, 2013 et Haquart, 2015).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.4.2 Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®

Avec cette méthodologie de points d'écoute prolongés sur au moins une nuit complète à l'aide d'appareils enregistreurs de type SMBAT, il fallait un référentiel d'estimation des niveaux d'activité plus objectif que le « dire d'expert ». Ainsi, des analyses statistiques basées sur un important pool de données réelles ont été réalisées par Alexandre Haquart (Biotope) dans le cadre d'un diplôme EPHE. Elles ont abouti à établir en 2013 un référentiel appelé **Actichiro®**. Il propose des chiffres objectifs **qui permettent d'évaluer le niveau d'activité d'une espèce ou un groupe d'espèces** sur un point ou un site donné. Ces chiffres de référence sont exprimés en minutes positives par nuit.

En 2023, le référentiel ActiChiro® a été transformé et son fonctionnement a été repensé afin de disposer de deux **référentiels dynamiques**, un pour les points d'écoute au sol (**ActiChiro-Sol**) et un autre pour les suivis en altitudes (**ActiChiro-Altitude**). **Les nouveaux référentiels recueillent, pour Actichiro-Sol, 9 000 points-nuits (un point-nuit correspondant à un point par nuit d'enregistrement) et 2 900 sites et pour Actichiro-Altitude, 111 sites et plus de 35 000 points-nuits**, répartis sur l'ensemble de la France et sur les **10 dernières années** parmi les données récoltées par Biotope.

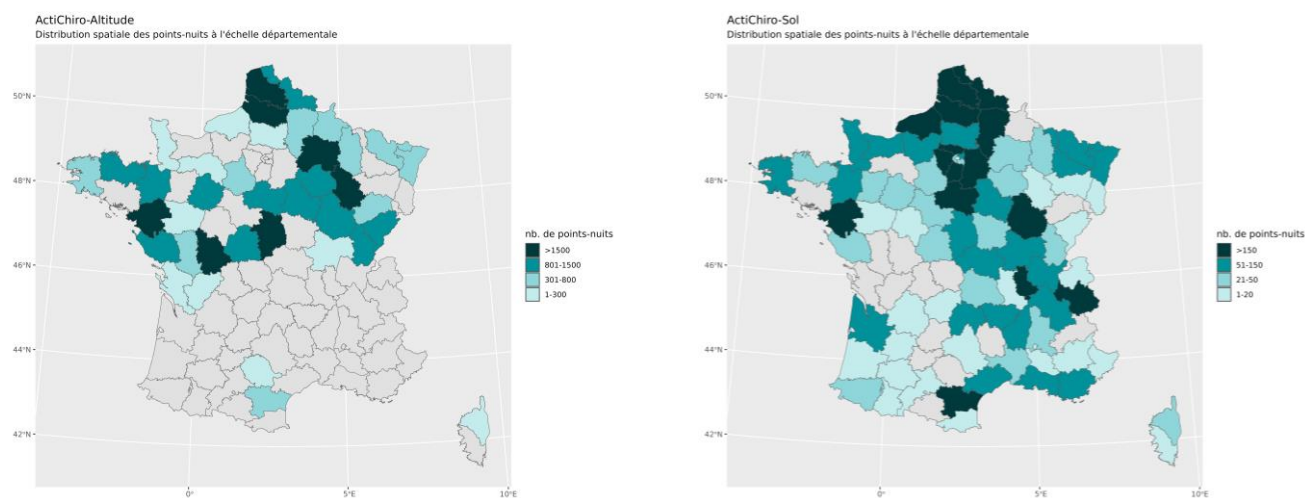


Figure 6 : Répartition spatiale des points-nuits pour chaque référentiel.

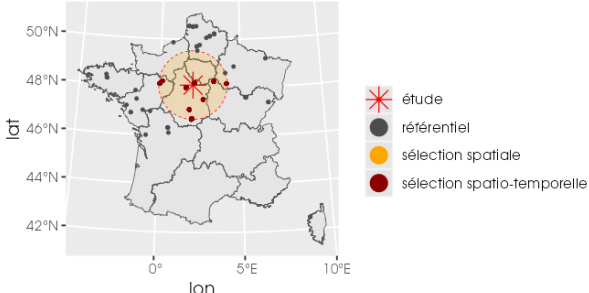
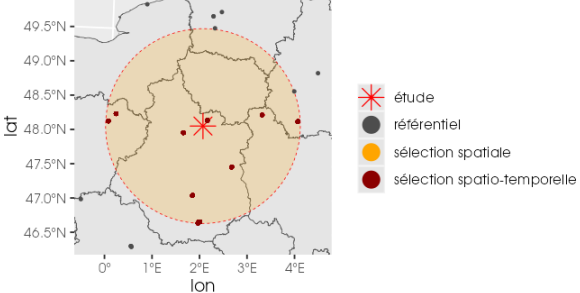
1.4.3 Référentiel Actichiro® dédié à cette étude

Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée aux sites d'étude et aux types d'analyse réalisée, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. **Ce référentiel ActiChiro® produit donc un référentiel dédié pour chaque étude.**

Dans le cadre de cette étude, le **référentiel Altichiro-Altitude** prend en compte les variables spatio-temporelles suivantes :

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Tableau 3 : Référentiel Altichiro-Altitude utilisé pour l'étude des Champarts, sont indiquées la sélection spatiale ainsi que les sélections temporelles correspondant à l'ensemble de la période d'écoute des chiroptères et les trois périodes d'activité séparément.

Référentiel Altichiro-Altitude utilisé pour l'étude 2023132	
Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 158 km autour de l'éolienne E03
Sélection temporelle du référentiel global	Période d'écoute (29 mars - 10 novembre) – Période de migration printanière (5 avril – 31 mai) – Période estivale de mise-bas et d'élevage des jeunes (1 ^{er} juin – 15 août) – Période de migration automnale (16 août – 23 octobre)
Carte du référentiel 	Zoom sur la zone d'étude 

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

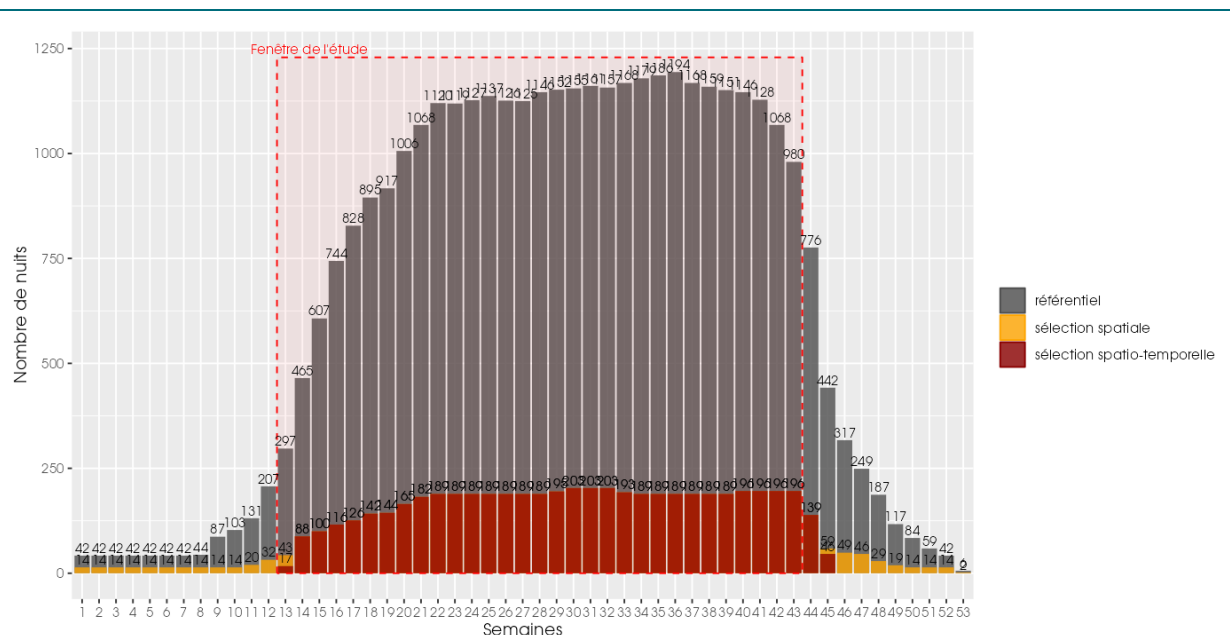


Figure 7 : Sélection temporelle du référentiel global (ensemble de la période d'écoute).

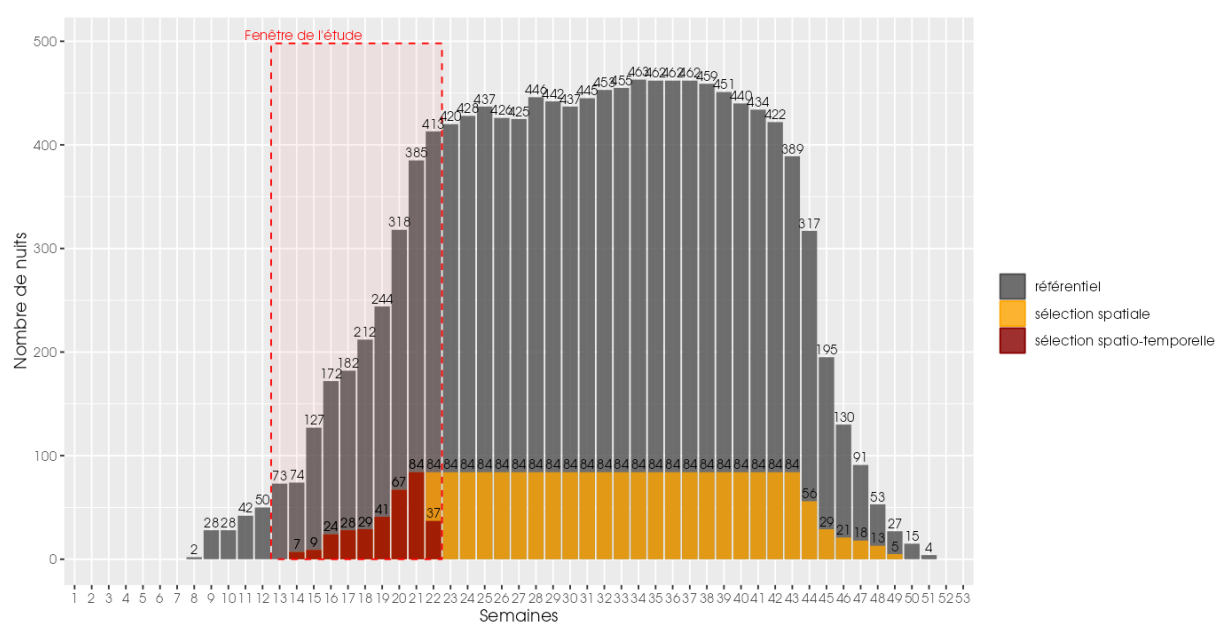


Figure 8 : Sélection temporelle du référentiel en période de migration printanière (29 mars – 31 mai).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

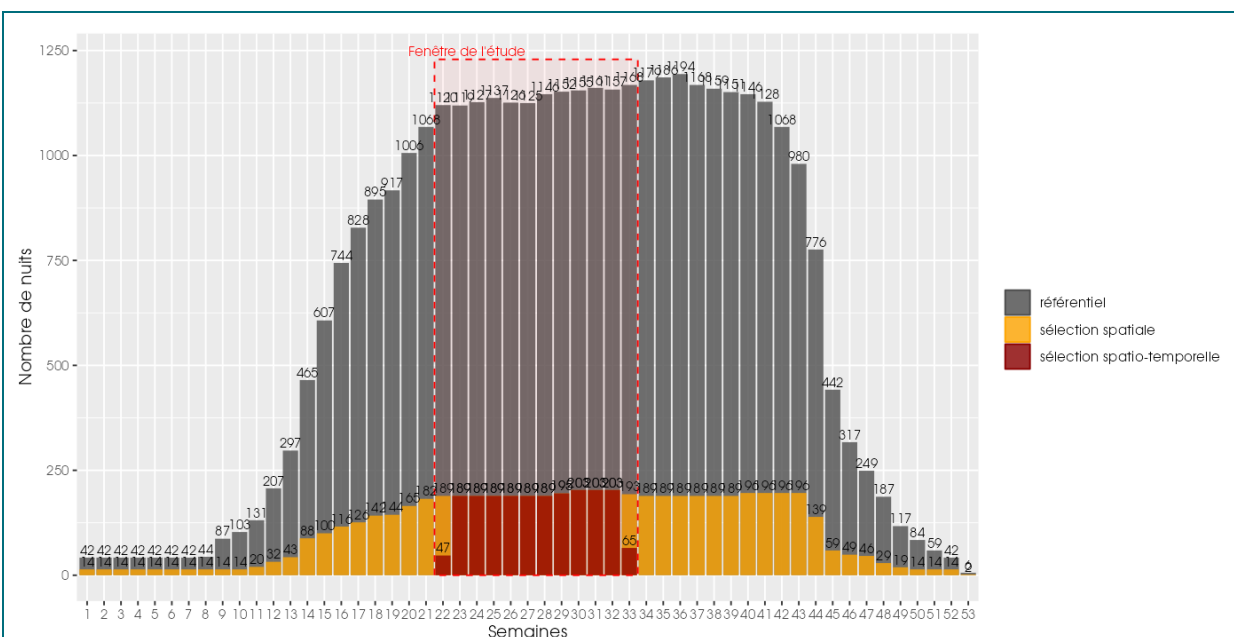


Figure 9 : Sélection temporelle du référentiel en période estivale de mise-bas et élevage des jeunes (1er juin – 15 août).

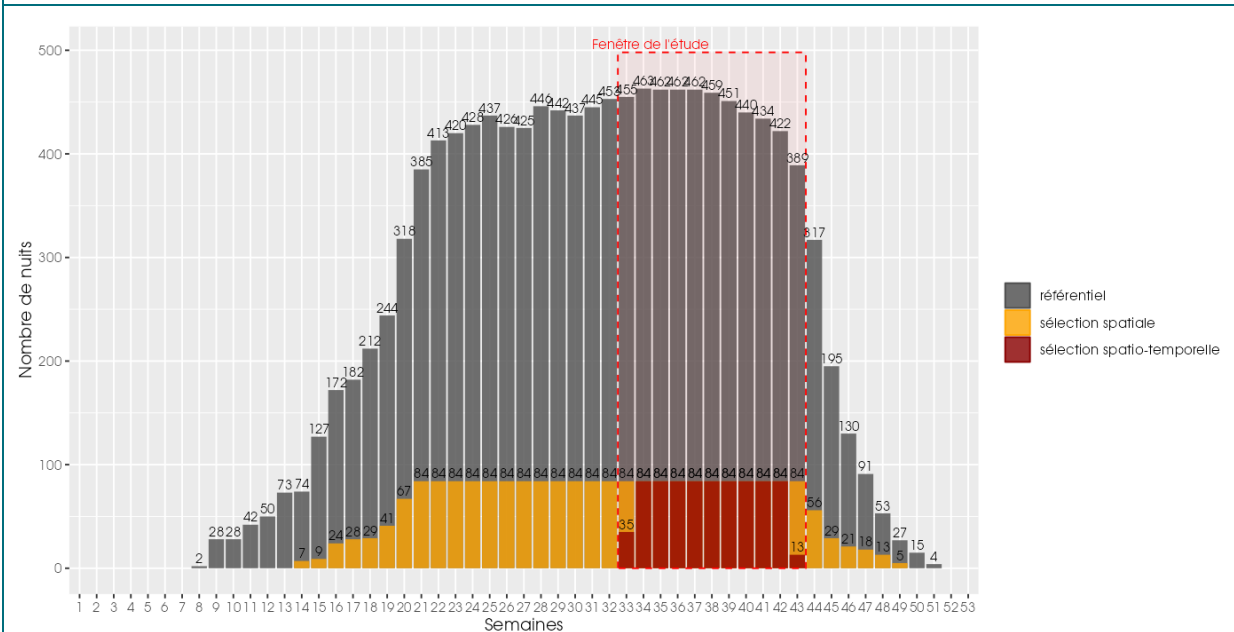


Figure 10 : Sélection temporelle du référentiel en période de migration automnale (16 août – 23 octobre).

Estimation du niveau d'activité

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Une fois en considérant l'ensemble des points-nuits (N points-nuits), ceux où l'espèce est détectée (au moins un contact) et où elle ne l'est pas.
- Une fois en considérant uniquement les points-nuits où l'espèce est détectée (n points-nuits avec $n \leq N$).

À partir du référentiel sélectionné pour l'étude, Actichiro® va construire les données de comparaison du référentiel. Il va construire deux distributions de moyenne. Dans un premier temps, pour chaque espèce, Actichiro® va piocher 1000 fois N points-nuits (au hasard et avec remise) et va calculer l'activité moyenne en minute positive pour chacun de ces échantillons (1^{ère} utilisation de la méthode de bootstraps). Ce qui permet de construire **une distribution de l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce (lorsque l'espèce est détectée ou non)**. Puis dans un second temps, Actichiro® va piocher, pour chaque espèce, 1000 fois n points-nuits (au hasard et avec remise) parmi les points-nuits où l'espèce est détectée uniquement. Actichiro® va pouvoir calculer l'activité moyenne en minute positive pour chacun de ces échantillons (2^{ème} utilisation de la méthode de bootstraps). Ce qui permet de construire **une distribution de l'activité moyenne en minute positive pour chaque espèce (lorsque l'espèce est présente)**.

Actichiro® va comparer l'activité moyenne de chaque espèce obtenue sur le site d'étude à la distribution issue du référentiel pour le cas où l'espèce est « présente et absente » et pour le cas où elle est uniquement « présente ». On obtient l'échelle de niveaux d'activité suivante :

- **Activité très faible** : lorsque la moyenne est inférieure ou égale au 2^{ème} percentile de la distribution de l'activité.
- **Activité faible** : lorsque la moyenne est comprise entre le 2^{ème} percentile (exclu) et le 25^{ème} percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- **Activité moyenne** : lorsque la moyenne est comprise entre le 25^{ème} percentile (exclu) et le 75^{ème} percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- **Activité forte** : lorsque la moyenne est comprise entre le 75^{ème} percentile (exclu) et le 98^{ème} percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- **Activité très forte** : lorsque la moyenne est supérieure ou égale au 98^{ème} percentile de la distribution.

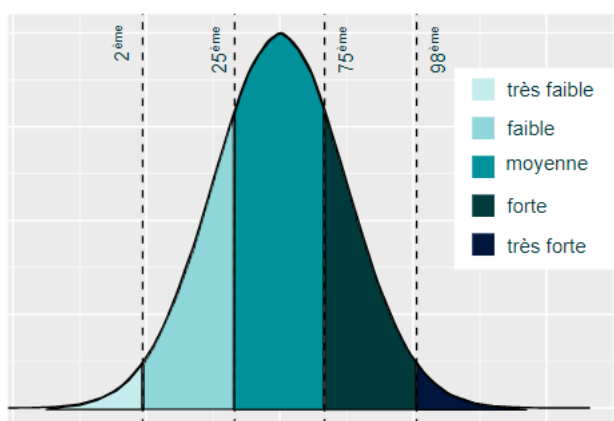


Figure 11 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Restitution des niveaux d'activité dans le rapport

Pour chaque saison (printemps, été et automne), l'activité des chiroptères est restituée sous forme d'un tableau, où l'unité de l'activité est la minute positive. Chaque tableau rend compte du :

- Nombre de point-nuits : le nombre total de nuits analysé quel que soit le point.
- Occurrence par point-nuit : la proportion du nombre de nuits où l'espèce a été contactée (sur le nombre total de points-nuits) ;
- L'activité moyenne (en minute positive) par point-nuit ;
- Activité moyenne (en minute positive) quand présence uniquement ;
- Le **niveau d'activité** obtenu par comparaison de l'activité moyenne de chaque espèce à la distribution issue du référentiel construit pour l'étude.

1.5 Limites méthodologiques

1.5.1 Détermination acoustique

Dans l'état actuel des connaissances les méthodes acoustiques permettent d'identifier la majorité des espèces présentes sur le territoire français. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol. C'est pourquoi les déterminations litigieuses sont parfois rassemblées en groupes d'espèces.

Les limites de cette méthode utilisant des enregistreurs automatiques sont essentiellement dues à la détectabilité des différentes espèces et au caractère « fixe » du dispositif dont la pertinence de positionnement ne peut être confirmée qu'a posteriori. La distance à partir de laquelle les chauves-souris sont enregistrées par les détecteurs varie très fortement en fonction de l'espèce concernée. Les noctules et sérotines émettent des cris relativement graves audibles jusqu'à une centaine de mètres. A l'inverse, les cris des rhinolophes ont une très faible portée et sont inaudibles au-delà de 5 à 10 m.

La grande majorité des chauves-souris (murins et pipistrelles) sont détectables entre 10 et 30 m.

1.5.2 Représentativité des inventaires

Du fait du nombre de nuit d'enregistrement, 227 nuits en 2023, ces inventaires peuvent prétendre à l'exhaustivité. En effet, pour réunir un échantillonnage suffisant, on estime nécessaire une quinzaine de nuits d'enregistrements pour espérer contacter 90 % des espèces (sur une maille de 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2023 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

Le graphique ci-dessous présente les courbes d'accumulation calculée sur l'éolienne E03. Ces courbes représentent le cumul des nouvelles espèces contactées avec l'effort d'échantillonnage. La construction de la courbe prend en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonnage est réparti uniformément entre les mois.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

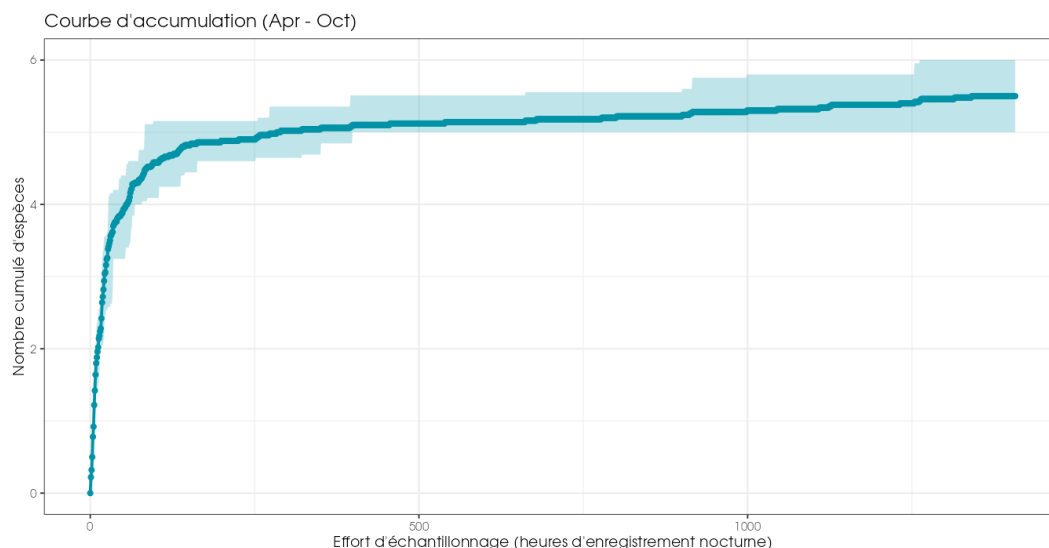


Figure 12 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude du parc éolien des Champarts, en 2023.

1.6 Acquisition des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par ABO Wind. Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne E03 du parc éolien des Champarts (vitesse de vent et température sont mesurées à 114 m de haut). Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

Les données d'hygrométrie ont été enregistrées (en mm/h) au niveau de l'éolienne E02 du parc des Breuils (à 84 m de haut) toutes les 10 minutes. Le parc des Breuils est adjacent à celui des Champarts ; les données hygrométriques qui y sont enregistrées sont donc utilisables pour les deux parcs.

Des données météorologiques sont absentes sur quelques plages horaires mais pas sur celles où de l'activité de chauves-souris est enregistrée.

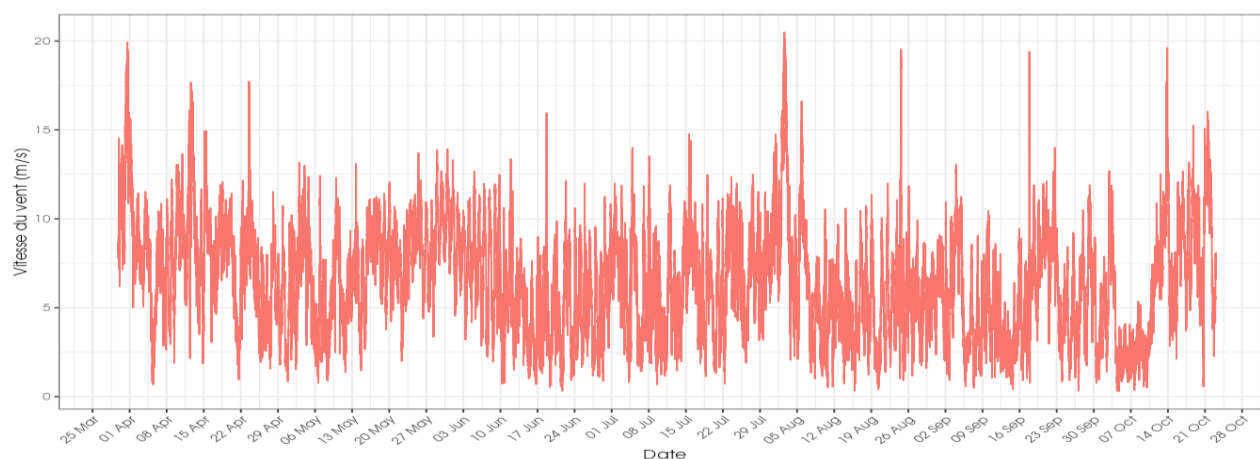


Figure 13 : Schéma temporel de la vitesse du vent à 114 m sur l'ensemble du suivi du parc éolien des Champarts, en 2023.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

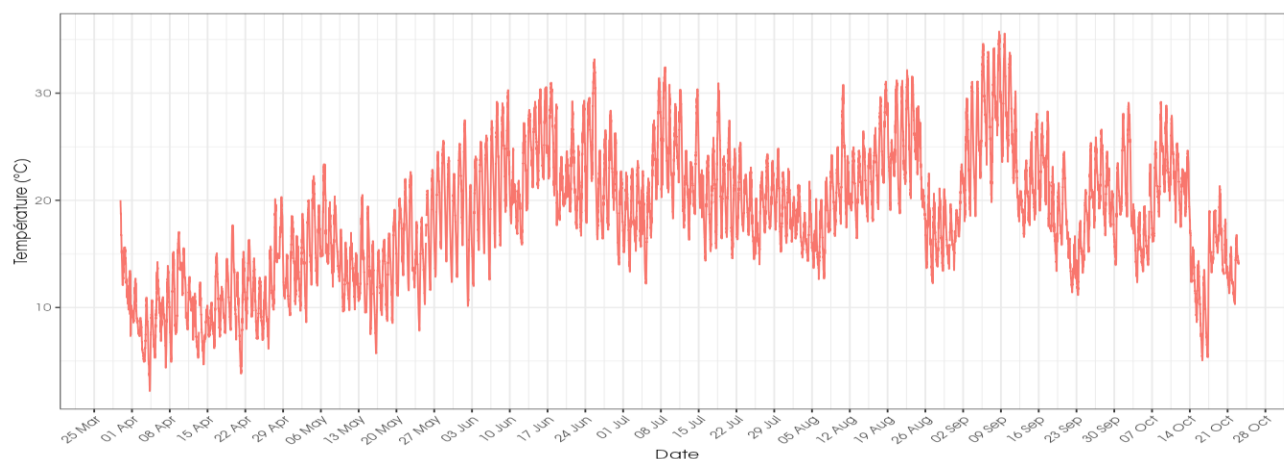


Figure 14 : Schéma temporel de la température à 114 m sur l'ensemble du suivi du parc éolien des Champarts, en 2023.

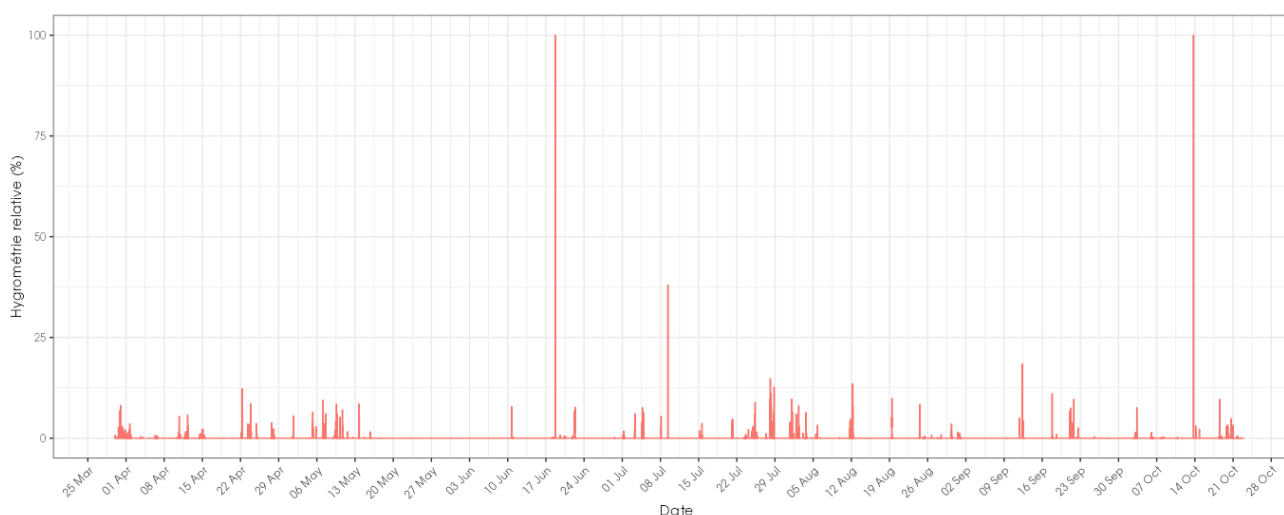


Figure 15 : Schéma temporel de l'hygrométrie à 84 m sur l'ensemble du suivi du parc éolien des Breuils, en 2023, parc adjacent au parc des Champarts.

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 température à 114 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 éventuellement déterminer des paramètres de bridage des machines afin de diminuer le risque de collision.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.8 Équipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude (Tableau 4 : Équipe de travail).

Tableau 4 : Équipe de travail.

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité Chef de projet biostatistiques Master « Ecologie et Eco-Ingénierie des Zones Humides » – 2 ans d'expérience	Nicolas CARENTON
Chef de projet Responsable du projet /Expert fauniste pluridisciplinaire Master 2 « Gestion de la biodiversité et des écosystèmes continentaux et côtiers » – 16 années d'expérience	Franck LETERME
Chargé d'étude Identification des chauves-souris / Analyse et rédaction Expert chiroptérologue Master 2 « Toxicologie de l'environnement » – 4 ans d'expérience	Pierre DELESSARD

2

Synthèse et analyse des résultats

2 Synthèse et analyse des résultats

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

En 2023, au cours de la période d'enregistrement (227 nuits exploitables entre le 29 mars 2023 et le 10 novembre 2023), 2976 contacts de 5 secondes ou 1405 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris communément appelé minutes positives, ont été obtenus.

1.1 Bibliographie

Des inventaires ont été réalisés en 2019 dans le cadre de l'installation du parc éolien sur les communes d'Aschères-le-Marché et Neuville-aux-Bois par le bureau d'études IEA (Institut d'Écologie Appliquée). Des points d'écoute au sol, des points écoute active et des écoutes à l'aide d'un enregistreur situé sur un mât de mesures à 80m ont été réalisés.

Cette étude a permis d'identifier dix espèces en altitude au niveau du mât de mesures à 80 m :

- Grand Murin (*Myotis myotis*) ;
- Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) ;
- Murin de Daubenton (*Myotis daubentonii*) ;
- Oreillard gris (*Plecotus austriacus*) ;
- Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) ;
- Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
- Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
- Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ;
- Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) ;
- Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*).

Ainsi que trois espèces supplémentaires à l'aide des points d'écoute au sol :

- Barbastelle d'Europe (*Barbastella barbastellus*) ;
- Murin à moustaches (*Myotis mystacinus*) ;
- Murin de Natterer (*Myotis nattereri*).

1.2 Espèces contactées

La région Centre-Val de Loire regroupe à l'heure actuelle 25 espèces de chauves-souris sur les 34 espèces connues en France.

Au cours de cette étude menée sur nacelle de l'éolienne n°3, plusieurs espèces ont été identifiées comme présentes (4 espèces) et deux groupes d'espèces, le groupe des Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius, et le groupe des Sérotines/Noctules. Les espèces identifiées sont les suivantes : le Grand Murin, la Pipistrelle commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Comprises au sein des groupes mais non identifiées individuellement se trouvent la Sérotine commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius.

- 4 espèces ont été identifiées avec certitude en altitude :
 - Grand Murin (*Myotis myotis*) ;
 - Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
 - Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
 - Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*).

2 Synthèse et analyse des résultats

- En plus de ces espèces, deux groupes d'espèces ont également été mis en évidence, correspondant à des contacts n'ayant pas pu être déterminés jusqu'à l'espèce :
 - Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées (*Eptesicus serotinus* / *Nyctalus* sp.) ;
 - Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius (*Pipistrellus kuhlii* / *P. nathusii*).
- Au regard des cris enregistrés, des groupes d'espèces présents, de notre connaissance de la biologie des espèces et de la bibliographie, nous considérerons comme présentes trois espèces supplémentaires :
 - Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*) ;
 - Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) ;
 - Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*).

La richesse spécifique en espèces contactées lors de l'étude en nacelle (7 espèces certifiées) est jugée bonne pour la région Centre-Val de Loire.

Cette richesse spécifique s'explique par la hauteur du micro, situé au niveau de la nacelle (114 m) et donc ne capte que les espèces volant en altitude. De plus, le milieu au sol autour de l'éolienne est assez pauvre et limite également la présence d'autres espèces ponctuellement contactées en altitude, comme les Petits murins ou les oreillards.

Tableau 5 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en altitude sur le parc des Champarts au cours du suivi 2023.

Nom latin	Protection nationale	Directive Habitats	Liste rouge France	Liste rouge Centre	Tendance nationale populations*
Espèces certifiées					
<i>Myotis myotis</i>	Art.2	AIV	LC	LC	Augmentation
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Art.2	AIV	NT	LC	Déclin
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Art.2	AIV	LC	LC	Augmentation
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Art.2	AIV	NT	NT	Déclin
<i>Eptesicus serotinus</i>	Art.2	AIV	NT	LC	Inconnue
<i>Nyctalus leisleri</i>	Art.2	AIV	NT	NT	Déclin
<i>Nyctalus noctula</i>	Art.2	AIV	VU	NT	Inconnue
Groupes d'espèces certifiés					
<i>Eptesicus/Nyctalus/Vespertilio</i> sp.	Art.2	/	/	/	/
<i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	Art.2	/	/	/	/

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

* : Source : Plan National d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025 (Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, janvier 2017).

2 Synthèse et analyse des résultats

1.3 Analyse générale de l'activité des chiroptères

1.3.1 Abondance relative en altitude

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

- Le groupe « Sérotules » regroupant la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Ces espèces sont très proches acoustiquement et sont uniquement différenciables dans certaines conditions de vol ;
- Le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius : ces espèces sont souvent difficilement identifiables avec certitude acoustiquement et seules certaines conditions de vol permettent de faire cette différence.

Après détermination des espèces grâce au logiciel Batsound et au programme Sonochiro® développé par Biotope, l'activité des chiroptères a été analysée, grâce au référentiel Actichiro® mis à jour en 2023. Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée aux sites d'étude et aux types d'analyse réalisée, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. Le nouvel ActiChiro® produit donc un référentiel dédié pour chaque étude. Il propose une analyse adaptée au contexte local et aux objectifs de l'étude, permettant ainsi d'évaluer le niveau d'activité d'une espèce ou d'un groupe d'espèces sur un point ou un site donné. Ces chiffres de référence sont exprimés en minutes positives par nuit. Pour définir si l'activité est « Faible », « Moyenne », « Forte » ou « Très forte », l'analyse s'appuie sur les valeurs des quantiles à 25 %, 75 % et 98 % qui servent de valeurs seuil entre les niveaux d'activité (cf. Figure 7).

Le tableau suivant synthétise l'activité en altitude des chiroptères enregistrés sur l'aire d'étude rapprochée, pendant les 227 nuits d'écoute réalisées entre le 29 mars 2023 et le 10 novembre 2023.

Tableau 6 : Abondance relative des contacts de chiroptères en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023 et activité pour l'ensemble de la période d'écoute d'après le référentiel Actichiro-Altitude.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Nombre total de contacts de 5 sec.	Pourcenta ge par rapport à l'activité totale (%)	Nombre total de minutes positives	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Niveau d'activité sur la totalité de la période d'après le référentiel ActiChiro-Altitude
Grand Murin <i>Myotis myotis</i>	3	0,10%	2	0,14%	Très fort
Sérotines / Noctules <i>Vespertilio sp.</i> , <i>Nyctalus sp.</i> , <i>Eptesicus sp.</i>	370	12,43%	233	16,58%	Très fort
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	703	23,62%	382	27,19%	Très fort
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	1 702	57,19%	677	48,19%	Très fort
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii/nathusii</i>	30	1,01%	24	1,71%	Très faible

2 Synthèse et analyse des résultats

Nom vernaculaire Nom scientifique	Nombre total de contacts de 5 sec.	Pourcenta ge par rapport à l'activité totale (%)	Nombre total de minutes positives	Pourcentage par rapport à l'activité totale (%)	Niveau d'activité sur la totalité de la période d'après le référentiel ActiChiro-Altitude
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	168	5,65%	87	6,19%	Très faible
Nombre total	2 976	100%	1 405	100%	Très fort

Pour l'année 2023, l'analyse montre que :

- La Noctule commune **domine le peuplement chiroptérologique avec 48 à 57 % du total des contacts obtenus (en fonction de la méthode de calcul)**. Cette espèce est classiquement très fortement représentée en altitude. Elle présente une activité jugée très forte.
- La Noctule de Leisler est la seconde espèce la plus représentée en altitude au niveau de l'éolienne E03, avec 23 à 27 % du total des contacts obtenus. Elle présente une activité jugée très forte.
- Le groupe des Sérotines/Noctules non identifiées représente quant à lui 12 à 16 % du total des contacts obtenus. Ces contacts peuvent appartenir à l'une des deux espèces de Noctules ou à la Sérotine commune. Il présente une activité jugée très forte.
- La Pipistrelle commune **est assez peu contactée comparativement à d'autres suivis en nacelle**, avec autour de 6 % du total des contacts. Son activité est jugée très faible. Cette espèce vole régulièrement en altitude et fait partie des espèces les plus régulièrement découverte au cours des suivis mortalités.
- La paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius est faiblement représentée avec 1 à 2 % du total des contacts obtenus. Cette paire d'espèce présente une activité jugée très faible.
- Le Grand Murin a été rarement contacté (3 contacts / 2 minutes positives), avec près de 0,10% du total des contacts obtenus.

En 2023, le suivi a permis de comptabiliser 1 405 minutes positives au cours des 227 nuits de suivi effectives. Ainsi, **on obtient une moyenne de 6,18 minutes positives par nuit**.

1.3.2 Synthèse de l'activité en altitude

Activité en période printanière (29 mars – 31 mai)

Tableau 7 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période printanière.

Espèces	Nombre de point- nuits	Occurrence par point- nuits	Activité moyenne (MinutesPos/point- nuits)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point- nuits)	Niveau d'activité au printemps
Noctule commune	64	6,25%	0,08	1,25	Activité moyenne
Noctule de Leisler	64	12,50%	0,34	2,75	Activité forte

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne (MinutesPos/point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit)	Niveau d'activité au printemps
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	64	3,13%	0,05	1,50	Activité très faible
Pipistrelle commune	64	1,56%	0,02	1,00	Activité très faible
Sérotines/Noctules indéterminées	64	7,81%	0,16	2,00	Activité moyenne
Toutes espèces	64	18,75%	0,58	3,08	Activité très faible

Légende :

Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;

Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;

Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;
Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;

Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 14Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Entre fin mars et mai, trois espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est forte pour la Noctule de Leisler, moyenne pour la Noctule commune et le groupe des Sérotines/Noctules, et très faible pour les Pipistrelles.

L'activité est globalement jugée très faible sur la période de migration printanière, avec occurrence de chiroptères sur seulement 18,75 % des nuits, et une moyenne de 0,58 minutes positives d'activité par nuit.

Activité en période estivale (1^{er} juin – 15 août)

Tableau 8 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période estivale.

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne (MinutesPos/point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit)	Niveau d'activité en été
Noctule commune	76	53,95%	3,12	5,78	Activité très forte
Noctule de Leisler	76	40,79%	1,51	3,71	Activité moyenne
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	76	2,63%	0,04	1,50	Activité faible

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne (MinutesPos/point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit)	Niveau d'activité en été
Pipistrelle commune	76	9,21%	0,12	1,29	Activité très faible
Sérotines/Noctules indéterminées	76	36,84%	1,18	3,21	Activité forte
Toutes espèces	76	67,11%	4,91	7,31	Activité forte

Légende :

Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;

Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;

Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;

Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;

Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 14 Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Entre juin et mi-août, trois espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour la Noctule commune, forte pour le groupe des Sérotine/Noctules et moyenne pour la Noctule de Leisler. **L'activité de la paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius est jugée faible et celle de la Pipistrelle commune très faible.**

L'activité est globalement jugée forte sur la période estivale de mise-bas et d'élevage des jeunes, avec occurrence de chiroptères sur 67,11 % des nuits, et une moyenne de 4,91 minutes positives d'activité par nuit.

Activité en période automnale (16 août – 23 octobre)

Tableau 9 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période automnale.

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne (MinutesPos/point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit)	Niveau d'activité en automne
Grand Murin	69	1,45%	0,03	2,00	Activité très forte
Noctule commune	69	65,22%	5,87	9,00	Activité très forte
Noctule de Leisler	69	62,32%	3,48	5,58	Activité très forte
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	69	17,39%	0,25	1,42	Activité faible

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne (MinutesPos/point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit)	Niveau d'activité en automne
Pipistrelle commune	69	33,33%	1,01	3,04	Activité faible
Sérotines/Noctules indéterminées	69	43,48%	1,86	4,27	Activité très forte
Toutes espèces	69	78,26%	10,74	13,72	Activité très forte

Légende :

Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;

Occurrence par point d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;

Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;

Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;

Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : 14Évaluation du niveau d'activité – Référentiel Actichiro®).

Entre mi-août et le 23 octobre, quatre espèces et deux groupes d'espèces sont présents en altitude. L'activité est très forte pour les Noctules communes et de Leisler et le groupe d'espèces qui leur est associé. L'activité est également jugée très forte pour le Grand Murin. L'activité est jugée faible pour toutes les Pipistrelles.

L'activité est globalement jugée très forte sur la période de migration automnale, avec occurrence de chiroptères sur 78,26 % des nuits, et une moyenne de 10,74 minutes positives d'activité par nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

1.4.1 Activité journalière

Le graphique ci-dessous présente l'activité journalière moyenne par heure.

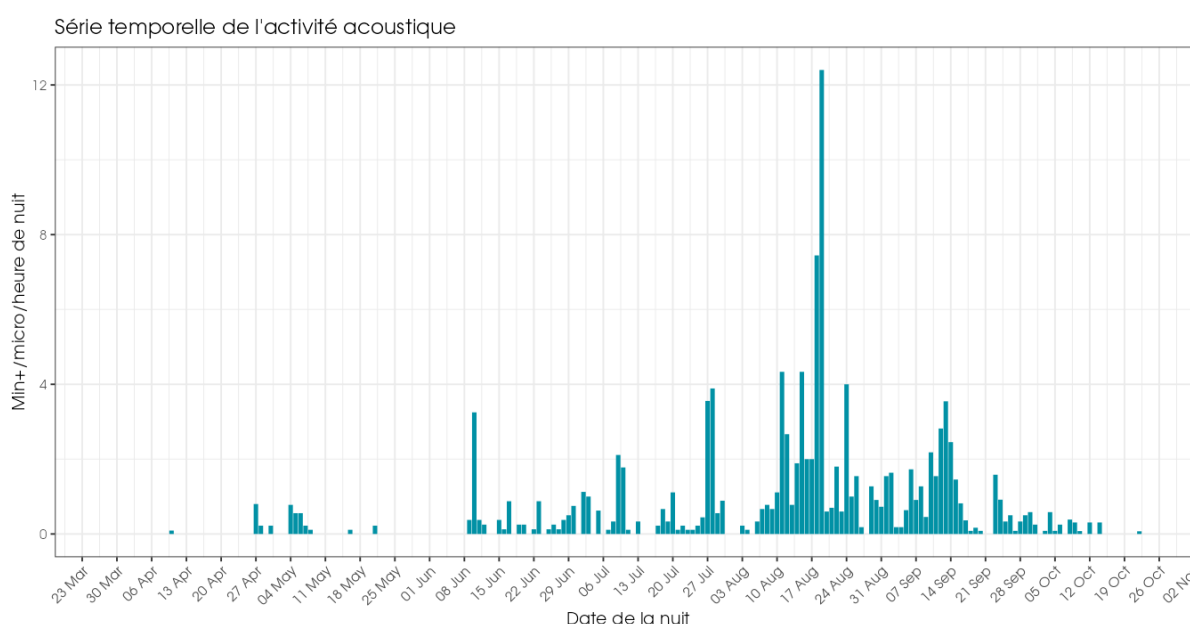


Figure 16 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

Cette représentation graphique permet de mettre en évidence un très fort pic d'activité à la mi-août et plusieurs pics d'activité entre fin juillet et la mi-septembre. L'activité ne débute réellement que début juin, avec peu d'activité avant cette date à l'exception de petits pics fin avril et début mai.

1.4.2 Activité mensuelle

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours des différents mois.

La période de transition printanière (fin mars et mai) a connu une activité très faible.

En période estivale (mise-bas et élevage des jeunes : juin à mi-août), cette activité augmente.

La période automnale (mi-août à fin-octobre), voit une activité globalement forte, avec un très fort pic d'activité à la mi-août. Cette période de migration et d'activité sociale intense, est souvent la période la plus sensible au risque de collision.

La distribution d'activité est classiquement plus marquée en fin de période estivale et en automne.

2 Synthèse et analyse des résultats

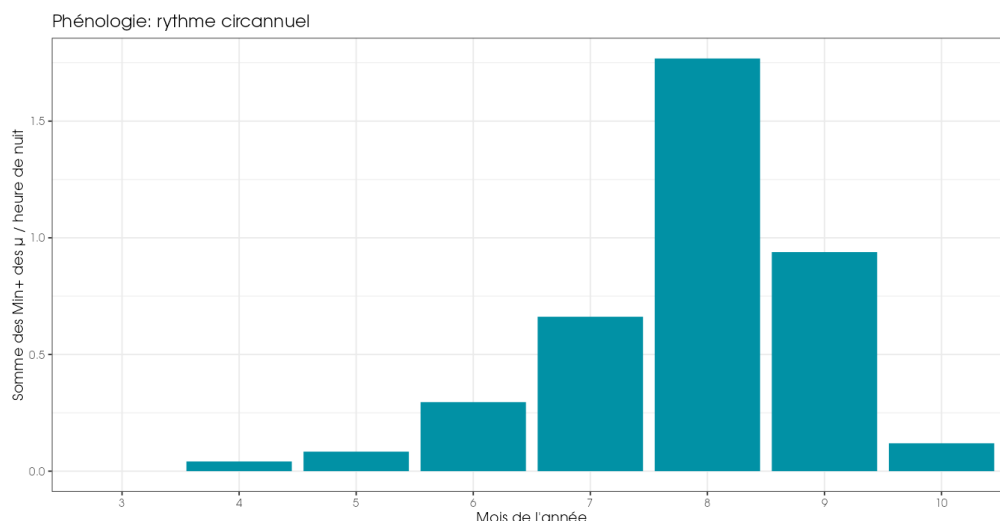


Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

Grand Murin (Myotis myotis)

Le Grand Murin **représente moins de 1 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris**, ayant été contacté à trois reprises pour un total de deux minutes positives en août.

Pipistrelle commune (Pipistrellus pipistrellus)

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente autour de 6 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Son activité commence faiblement en mai et augmente en juin, mais l'espèce n'a pas été contactée en juillet. Son activité reprend plus fortement en août, et atteint son pic le plus élevé en septembre. L'activité se poursuit en octobre bien plus faiblement.

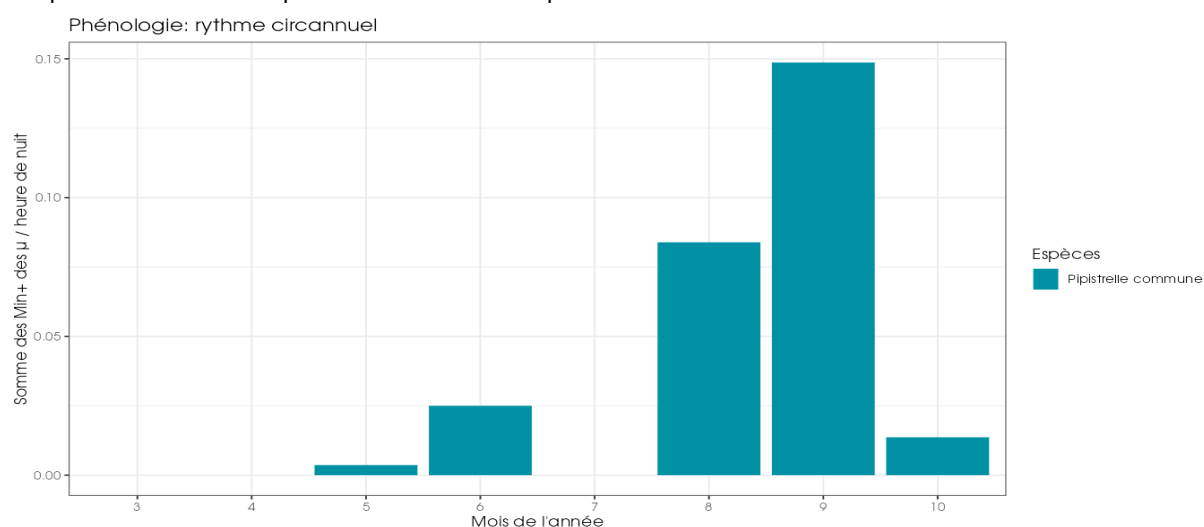


Figure 18 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Pour rappel, la paire *Pipistrelle de Kuhl*/*Nathusius* représente 1 à 2 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et est donc l'espèce/groupe d'espèce le moins contacté en 2023.

Il est donc difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des *Pipistrelles de Kuhl* / *Nathusius*.

L'activité enregistrée pour cette paire d'espèce suit la même tendance que la *Pipistrelle commune*, avec une activité faible, mais un pic en septembre (diminuant en octobre) et un autre pic moins fort en juin.

La reprise d'activité en septembre peut être due à des phénomènes migratoires peu denses de la *Pipistrelle de Nathusius*, sur le site éolien.

Le pic constaté en juin peut être dû à l'activité de transit et de chasse de la *Pipistrelle de Kuhl*.

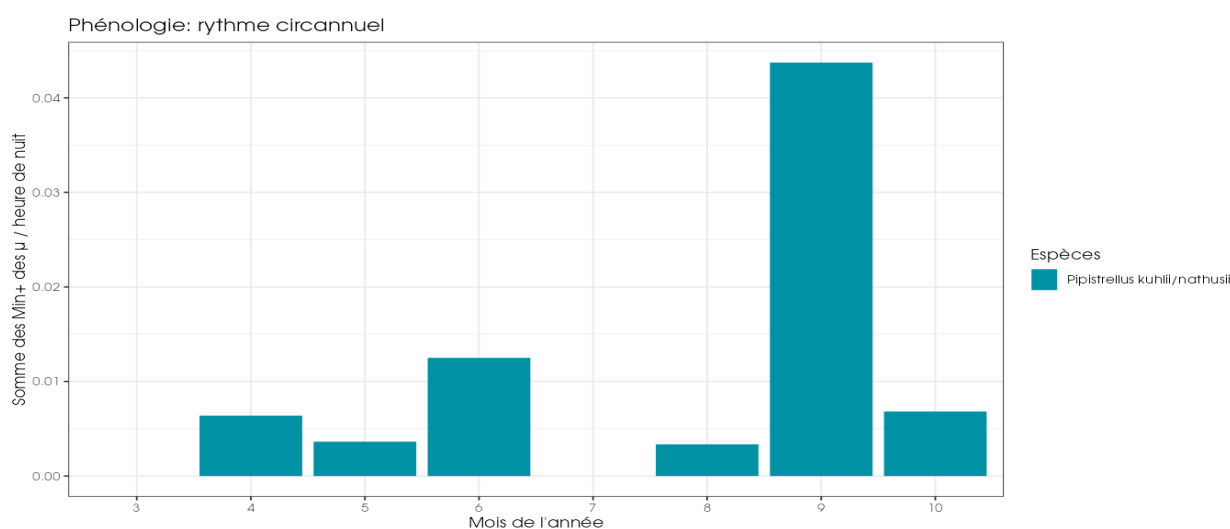


Figure 19 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les *Pipistrelles de Kuhl* et de *Nathusius*, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts, en 2023.

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

● Sérotine / Noctules

Pour rappel, le groupe des *Sérotines/Noctules* représente 12 à 16 % 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 sérotines (groupe comprenant les signaux non identifiés de la *Sérotine commune*, la *Noctule de Leisler* et la *Noctule commune*).

L'activité est présente sur toute la période d'écoute, concentrée entre juin et septembre.

2 Synthèse et analyse des résultats

- Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)

L'espèce n'a pas été contactée avec certitude au cours de l'étude, mais des contacts du groupe des Sérotines/Noctules peuvent appartenir à l'espèce.

- Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)

Pour rappel, la Noctule de Leisler représente moins de 24 à 27 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce de haut vol est bien représentée sur le parc éolien des Champarts et est la deuxième espèce la plus représentée sur la période d'enregistrement. Elle est active d'avril à octobre, avec un pic de juillet à septembre culminant en août.

- Noctule commune (*Nyctalus nyctalus*)

Pour rappel, la Noctule commune représente entre 48 à 57 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris.

Cette espèce de haut vol est très bien représentée sur le parc éolien des Champarts et est l'espèce la plus représentée sur la période d'enregistrement. On peut noter un très fort pic d'activité en août et une activité plutôt répartie d'avril à octobre.

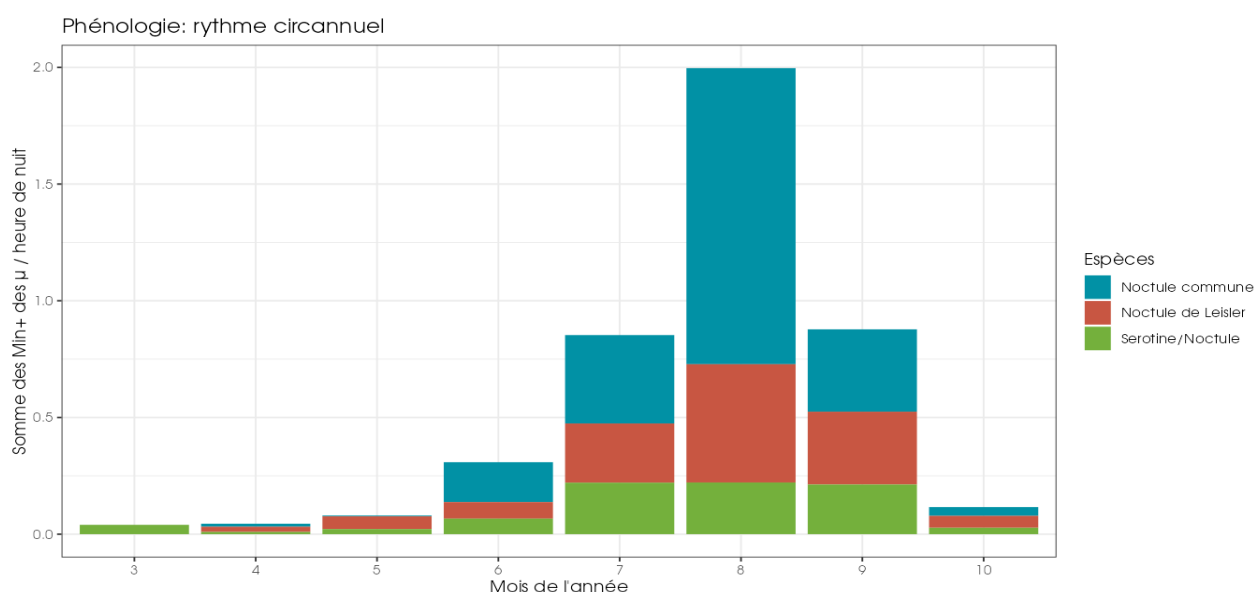


Figure 20 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Sérotine commune et Noctules, en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

Bilan de l'activité mensuelle des chiroptères en hauteur

L'activité générale est hétérogène dans le temps, **concentrée entre juillet et septembre, avec un très fort pic en août.**

2 Synthèse et analyse des résultats

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

L'activité des Noctules et du groupe des Sérotines/Noctules est jugée très forte par comparaison avec les autres écoutes en nacelle réalisées en région Centre-Val de Loire et en bordure de celle-ci.

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

Dans le cadre de cette analyse, l'unité de mesure retenue pour calculer l'activité en fonction de l'heure par classe est la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris) soit **1405 minutes positives exploitables sur les différentes périodes d'enregistrement.**

Phénologie d'activité printanière (fin mars à mai)

Le nombre de nuits d'enregistrement au cours de la période printanière est faible et non représentative, et le graphique de synthèse n'est donc que peu représentatif. Cela dit, on observe que les quelques contacts qui ont été enregistrés l'ont été sur une large portion de la nuit, jusqu'à 7 heures après le coucher du soleil.

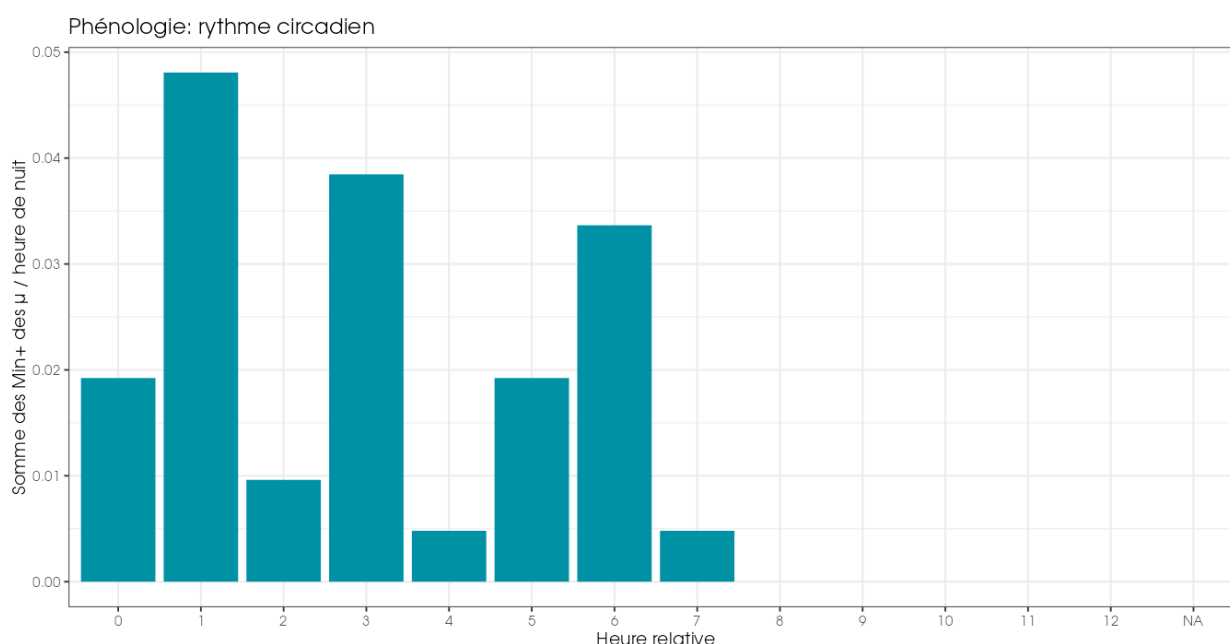


Figure 21 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de fin mars à mai.

Phénologie d'activité estivale (juin à mi-août)

Les chiroptères sont actifs jusqu'à 7 heures après le coucher du soleil et l'activité est maximale 1 heure après le coucher du soleil avant de diminuer jusqu'à +3 heures et de fortement diminuer jusqu'à +7 heures.

2 Synthèse et analyse des résultats

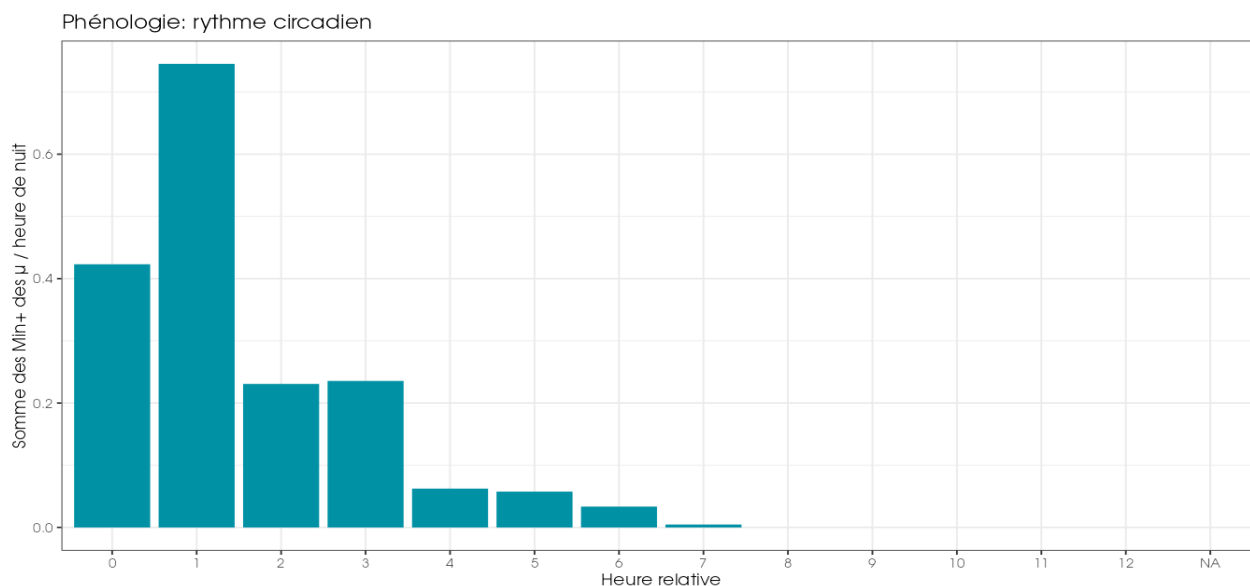


Figure 22 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à mi-août.

Phénologie d'activité automnale (mi-août à novembre)

L'activité est à cette période visible sur toute la nuit, jusqu'à 10 heures après le coucher du soleil.
L'activité est maximale entre 0 et 1 heure après le coucher, et diminue ensuite graduellement au cours de la nuit.

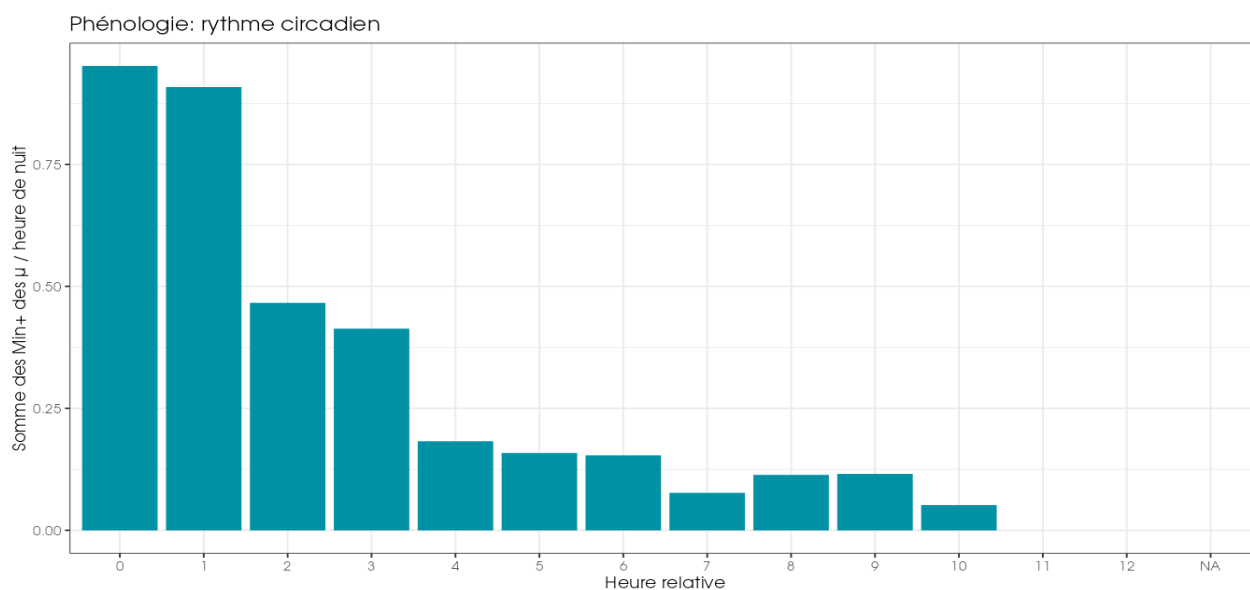


Figure 23 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mi-août à novembre.

2 Synthèse et analyse des résultats

Bilan phénologique annuel

Comme indiqué, ci-dessus, l'activité en altitude des chauves-souris ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. A certaines périodes de l'année, l'activité peut même être particulièrement importante à différents moments de la nuit, on voit notamment que de manière générale, à l'exception de la fin juillet, l'activité se prolonge généralement durant la nuit.

Si on examine dans le détail l'activité des chauves-souris sur l'ensemble des nuits (voir figures ci-après), les pics d'activité sont observés généralement en début de nuit. Mais ponctuellement, on observe de légers pics d'activité en milieu ou fin de nuit, toutes espèces confondues.

Néanmoins, d'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris. Il peut donc y avoir des variations interannuelles de l'activité des chauves-souris.

Les graphiques suivants présentent l'activité, toutes espèces confondues. Dans les actogrammes, la zone en violet correspond à la nuit.

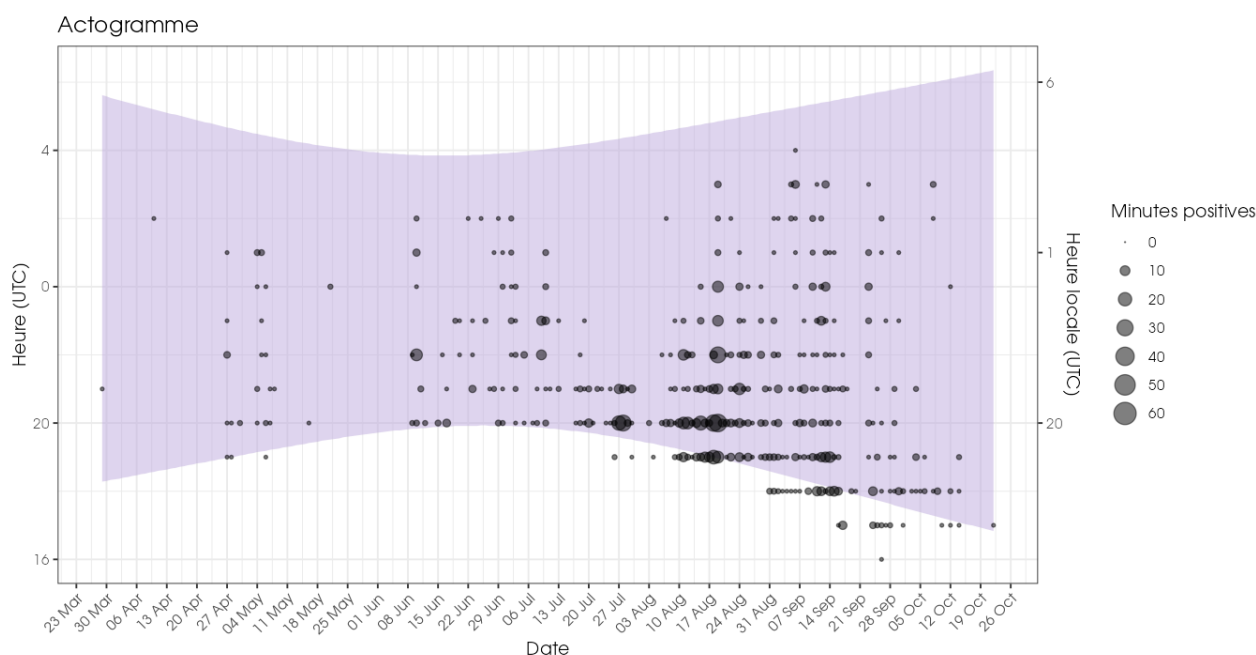


Figure 24 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit et par tranche horaire, entre fin mars et novembre.

1.5.1 Proportion des activités en fonction de la durée après le coucher du soleil

Le tableau ci-dessous liste les durées après le coucher du soleil au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 10 : Durées après le coucher du soleil durant lesquelles ont été collectées différents pourcentages des activités enregistrées.

Espèce / groupe d'espèces	Durée après le coucher du soleil (en temps après le coucher du soleil) en-dessous de laquelle a été enregistrée les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des contacts (min. pos.)	1h32	3h09	3h50	4h56	6h40	8h59

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

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

- 90 % de l'activité en altitude se concentre dans les 4h56 heures qui suivent le coucher du soleil ;

- 75 % de l'activité en altitude se concentre dans les 3h09 heures qui suivent le coucher du soleil ;

- 50 % de l'activité en altitude a été mesurée dans les 1h32 heures après le coucher du soleil.

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) mesurée à 114 m

2.1.1 Répartition des contacts selon la vitesse du vent

Au cours des périodes d'analyses qui s'étendent de mars à novembre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vent, allant de 0,29 à 20,49 m/s.

L'échantillonnage est important pour les vitesses de vent comprises entre 0,32 et 11,16 m/s. Sous 0,32 et au-dessus de 11,16 m/s, les enregistrements concernent moins de données,

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Le graphique ci-dessous dresse un bilan des vitesses de vent observées au niveau de l'éolienne E03 = conditions disponibles en bleu.

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction du vent (m/s) sur le site des Champarts, obtenue au niveau de la nacelle (114 m) et durant les 227 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de vent (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égal à chaque classe de vent (fonction de répartition – cdf). La répartition de l'activité des chiroptères est représentée en rouge (conditions utilisées).

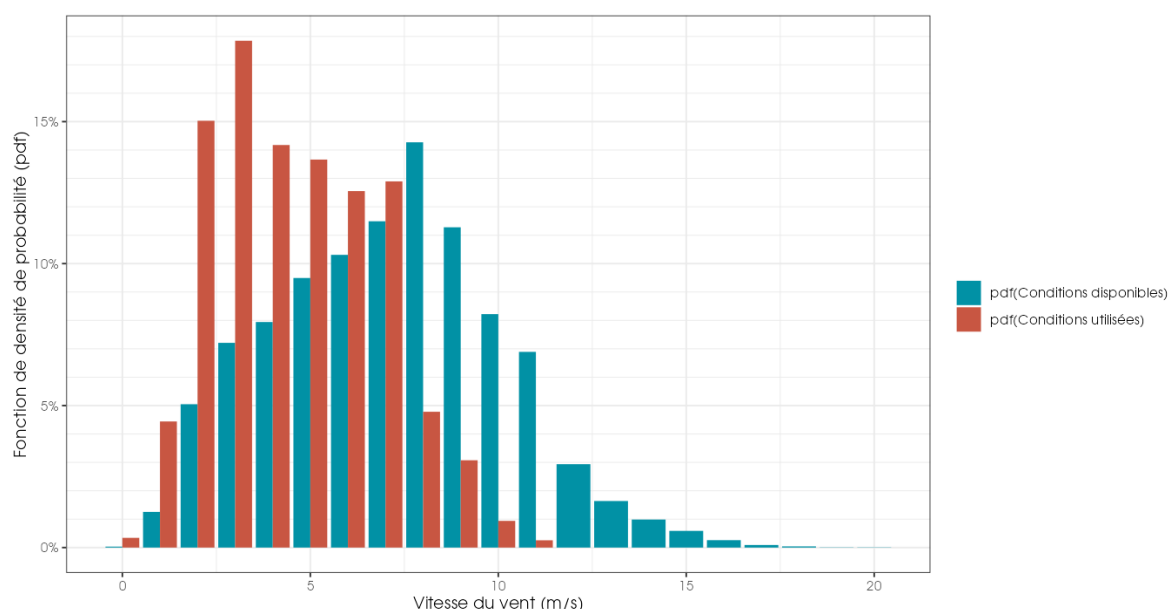


Figure 25 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

2 Synthèse et analyse des résultats

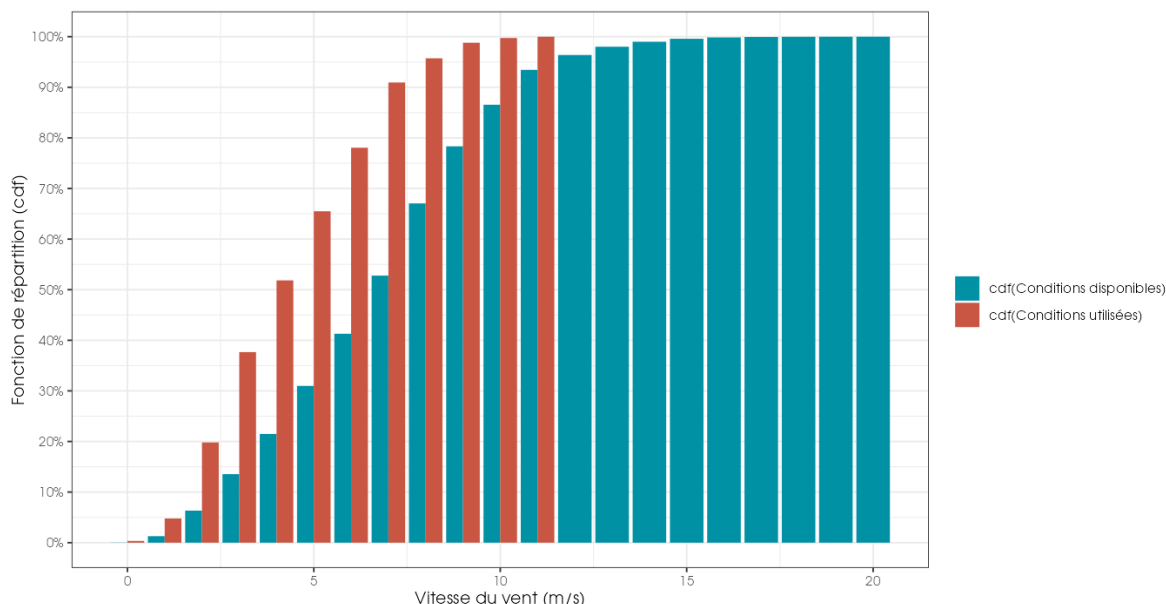


Figure 26 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

Toutes espèces confondues, la proportion d'observations des chauves-souris en fonction du vent diminue sur le site à partir de 7 m/s et est assez homogène autour de 3 à 7 m/s.

2.1.2 Proportion des activités en fonction de la vitesse du vent

Le tableau ci-dessous liste les vitesses de vent au-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues à hauteur de nacelle.

Tableau 11 : Quartiles et percentiles des contacts obtenus en fonction des vitesses de vent en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

	Vitesse de vent (en m/s à 114 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts ciblés					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	4,44 m/s	6,2 m/s	6,96 m/s	7,35 m/s	8,18 m/s	9,62 m/s

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. L'affinité correspond à un ratio « densité des conditions utilisées » / « densité des conditions disponibles ». Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence, quand l'activité est indépendante de la condition météorologique. 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 et en prenant en compte l'ensemble des années, l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris **pour des vents nocturnes inférieurs à 7,35 m/s.**

2 Synthèse et analyse des résultats

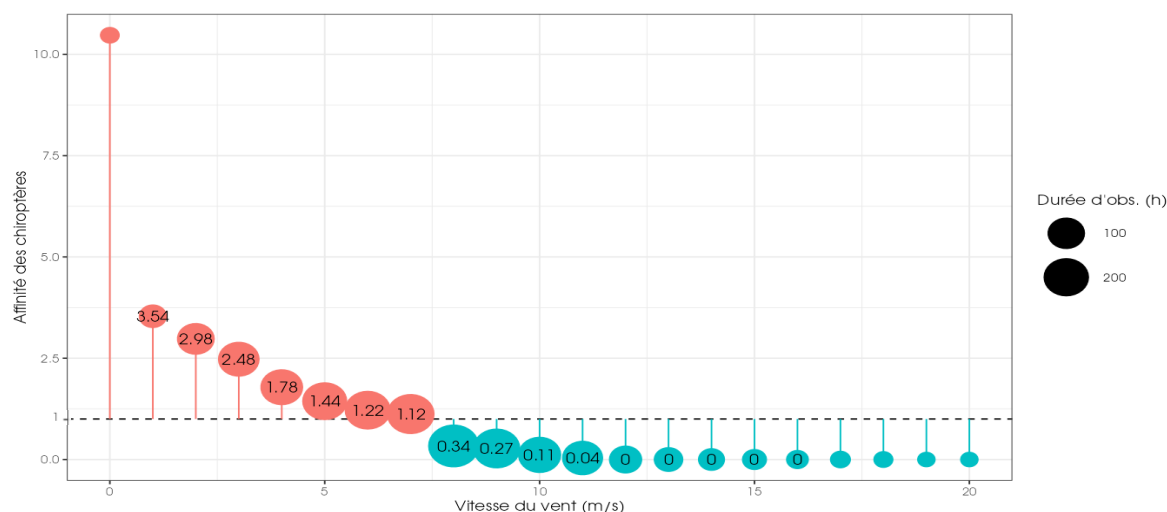


Figure 27 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur l'éolienne E03 du parc des Champarts en 2023.

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

L'ensemble des activités en altitude, recensées pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent mesurée à 114 m, permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 7,35 m/s ;
- 75 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures 6,2 m/s ;
- 50 % de l'activité a été mesurée à des vitesses de vent inférieures à 4,44 m/s.

Dans le cadre de cette étude, l'analyse des résultats montre une préférence des chauves-souris pour des vitesses de vent inférieures à 7,35 m/s.

2.2 Activité en fonction de la température mesurée à 114 m

2.2.1 Répartition des contacts selon la température

Au cours des périodes d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de 2,18 à 35,77 °C.

L'échantillonnage est globalement important pour les températures comprises entre 9,1 et 33,89°C. En dehors de cette plage de températures, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillon).

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

2 Synthèse et analyse des résultats

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de la température sur le site des Champarts, obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (114 m) et durant 227 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de température (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égales à chaque classe de température (fonction de répartition – cdf). La répartition de l'activité des chiroptères est représentée en rouge (conditions utilisées).

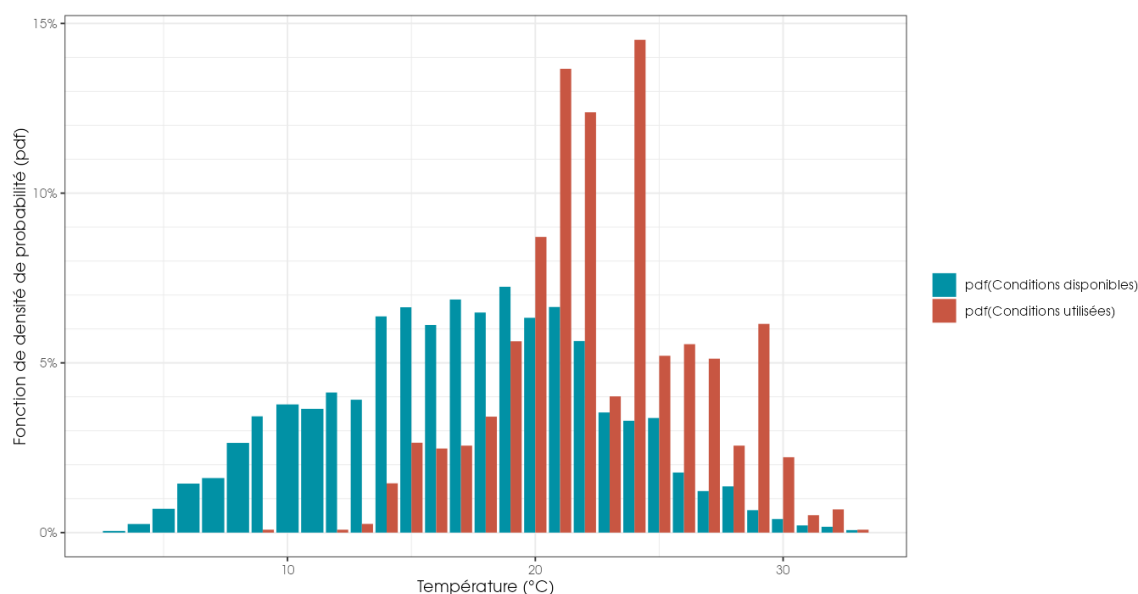


Figure 28 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

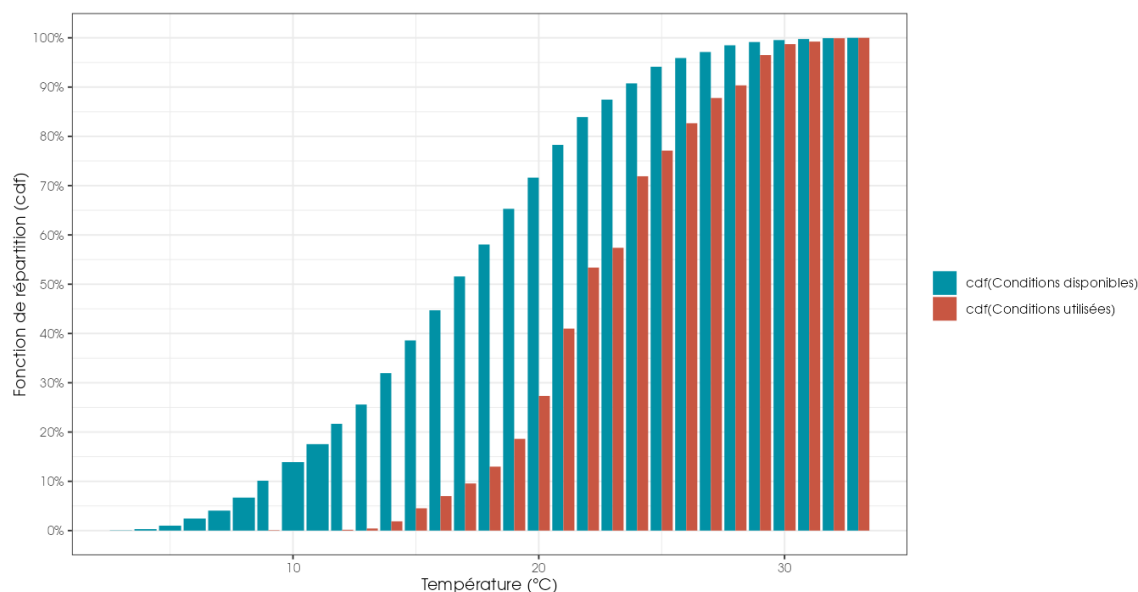


Figure 29 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de la température (°C) sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

2 Synthèse et analyse des résultats

Quelle que soit l'année, les chauves-souris utilisent majoritairement les plages disponibles au-delà de 14°C. Sous cette température et malgré l'importance de la disponibilité en plages temporelles, l'activité est faible.

2.2.2 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 12 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction de la température en altitude sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

	Température (en °C à 114 m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	22,2°C	20,04°C	18,88°C	17,62°C	15,67°C	14,06°C

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. L'affinité correspond à un ratio « densité des conditions utilisées » / « densité des conditions disponibles ». Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence, quand l'activité est indépendante de la condition météorologique. 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 températures nocturnes supérieures à 17,5°C (90 % des contacts enregistrés) malgré une affinité inférieure à 1 entre 17 et 20°C. En effet, on peut observer que l'affinité pour des températures inférieures à 20°C diminue plus graduellement sous 1 que pour la vitesse du vent et que la proportion de contacts pour ces valeurs.

Le résultat est globalement moins tranché pour les valeurs de température favorisées par les chiroptères qu'il ne l'est pour le paramètre de la vitesse du vent. Cette différence peut également provenir d'une plus forte sélection des chauves-souris pour certaines vitesses de vent, ce qui les amène à voler à des températures qui s'éloignent quelque peu des températures pour lesquelles leur affinité est supérieure ou égale à 1.

2 Synthèse et analyse des résultats

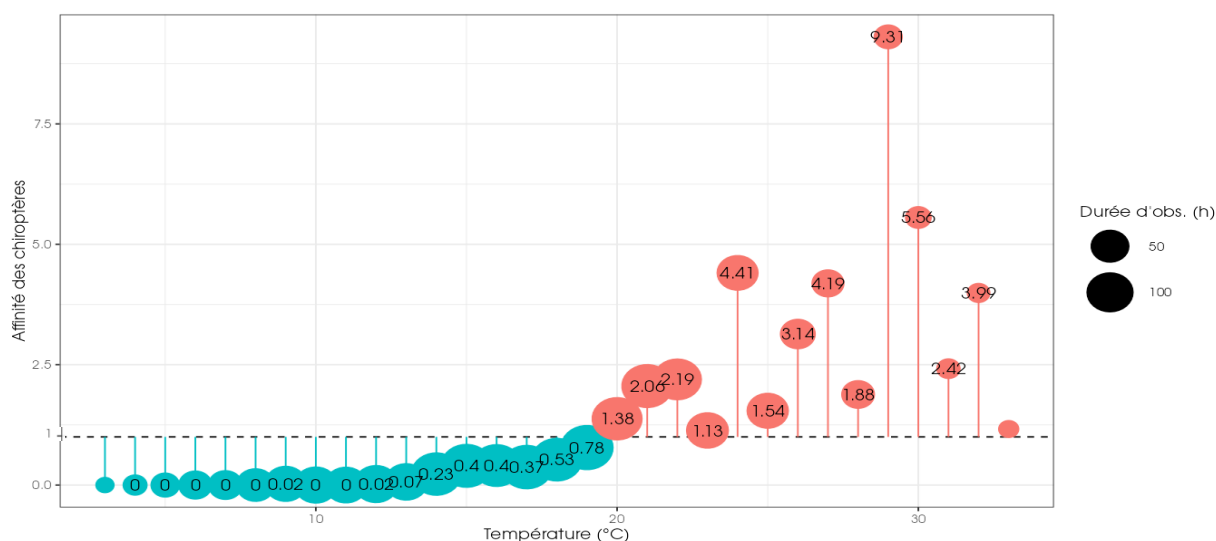


Figure 30 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur l'éolienne E03 des Champarts en 2023.

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

L'ensemble des activités en altitude (au-dessus de la médiane), recensées pour chaque espèce en fonction de la température (à 114 m) permet de tirer les informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 17,62°C ;
- 75 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 20,04°C ;
- 50 % de l'activité a été enregistrée à des températures supérieures à 22,2°C.

L'analyse des résultats montre une préférence des chauves-souris pour des températures supérieures 17,5°C.

2.3 Activité en fonction de l'hygrométrie mesurée à 84 m

2.3.1 Répartition des contacts selon l'hygrométrie

Au cours des périodes d'analyse qui s'étendent de mars à novembre 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle E02 du parc des Breuils (adjacent à celui des Champarts) ont collecté, toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages d'hygrométrie allant de 0 à 138,06 mm/h.

L'échantillonnage est globalement important pour les valeurs d'hygrométrie comprises entre 0 et 4,99 mm/h. En dehors de cette plage, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillon).

Le graphique ci-dessous dresse un bilan des valeurs d'hygrométrie observées au niveau de la nacelle du parc adjacent des Breuils = conditions disponibles en bleu.

Les graphiques suivants présentent également la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues, en fonction de l'hygrométrie sur le site des Breuils (qui est adjacent à celui

2 Synthèse et analyse des résultats

des Champarts), obtenue au-dessus au niveau de la nacelle (84 m) et durant 227 nuits de l'étude. Les résultats sont présentés sous deux graphiques différents montrant soit la densité des valeurs par classe de température (fonction de densité – pdf) soit la répartition des valeurs inférieures ou égales à chaque classe de température (fonction de répartition – cdf). La répartition de l'activité des chiroptères est représentée en rouge (conditions utilisées).

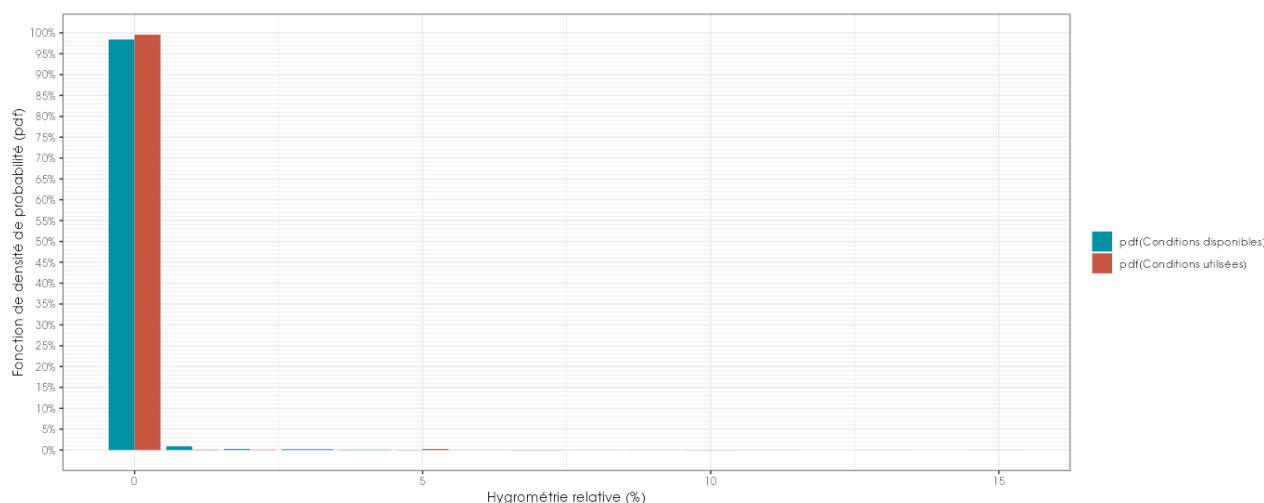


Figure 31 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur d'hygrométrie relative (%) sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.

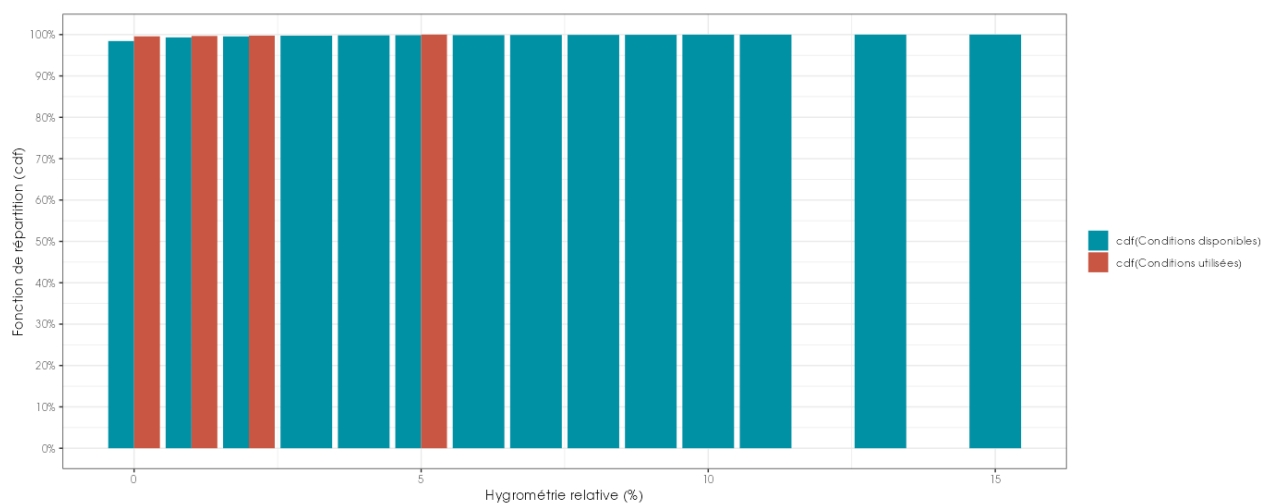


Figure 32 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction de l'hygrométrie relative (%) sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.

En 2023, les chauves-souris utilisent majoritairement la plage d'hygrométrie à 0 mm/h (absence de pluie). Cette tendance reste à confirmer les années suivantes.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.2 Proportion des activités en fonction de l'hygrométrie

Le tableau ci-dessous liste la valeurs d'hygrométrie en-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données.

Tableau 13 : Quartiles et percentiles de l'activité des chauves-souris en fonction de l'hygrométrie en altitude sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.

	Hygrométrie (en mm/h à 84 m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Ensemble des min. pos.	0 mm/h	0 mm/h	0 mm/h	0 mm/h	0 mm/h	0,015 mm/h

L'analyse de l'affinité nous permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. L'affinité correspond à un ratio « densité des conditions utilisées » / « densité des conditions disponibles ». Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence, quand l'activité est indépendante de la condition météorologique. 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 ne montre pas de nette préférence des chauves-souris pour des valeurs d'hygrométrie particulières. En effet, 98,98 % des contacts (1 390 contacts en minutes positives) de chauves-souris ont été enregistrés à une valeur d'hygrométrie de 0 mm/h. De plus, l'hygrométrie durant la période de suivi a été globalement faible, avec seulement 2 pics ponctuels d'humidité durant la période d'enregistrement, et ayant eu lieu durant la journée.

Les deux classes d'hygrométrie avec la plus forte affinité sont donc 0, qui représente 98,98 % des contacts, et 4,99, qui représente 3 contacts de sérotules obtenus entre 19h03 et 19h08 sur cette même valeur. Les autres valeurs supérieures à 0 ne représentent pas assez de contacts pour avoir une valeur d'affinité supérieure ou égale à 1 (Figure 33).

L'hygrométrie apparaît être un critère peu impactant au regard des résultats obtenus durant le suivi 2023, qui s'explique notamment par la sécheresse globale de l'année 2023.

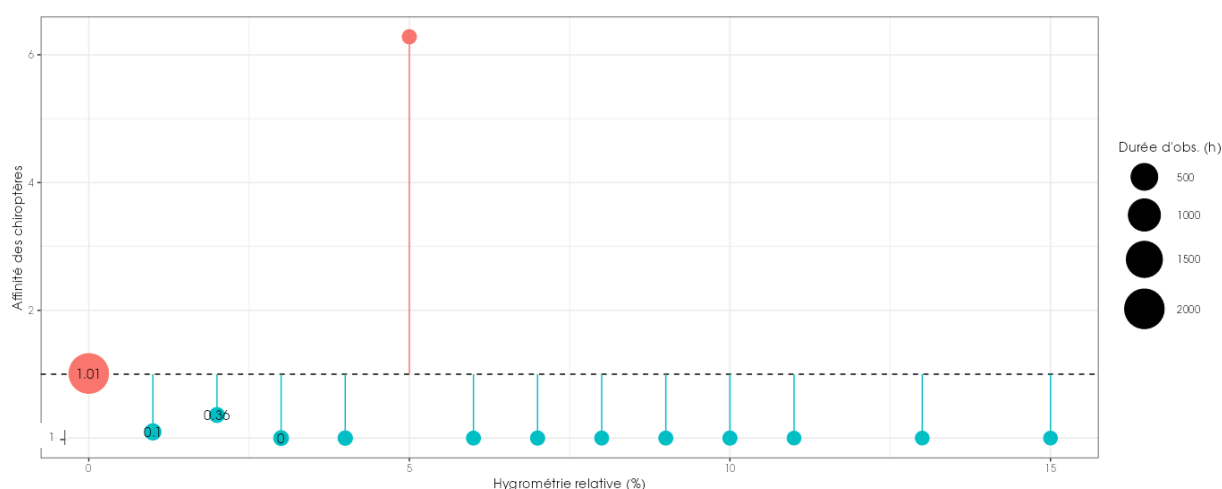


Figure 33 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes d'hygrométrie relative sur l'éolienne E02 des Breuils en 2023.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.3 Bilan de l'activité en altitude en fonction de l'hygrométrie

L'ensemble des activités en altitude (au-dessus de la médiane), recensées pour chaque espèce en fonction de l'hygrométrie (à 84 m au niveau du parc adjacent des Breuils) permet de tirer les informations suivantes :

- 98,98 % de l'activité en 2023 a été enregistrée à une hygrométrie de 0 mm/h.

L'analyse des résultats montre que la grande majorité des résultats ont été obtenus pour des valeurs d'hygrométrie nulles. Ce qui s'explique plus par la sécheresse globale de 2023 que par l'affinité des chiroptères, qui n'est pas représentative d'une préférence, étant donné que le seul point vraiment supérieur à 1 est dû à plusieurs contacts rapprochés dans le temps pour la même condition d'hygrométrie.

On notera que la tendance établie pour l'année 2023 peut être variable d'une année sur l'autre et est donc à prendre avec précaution.

2.4 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

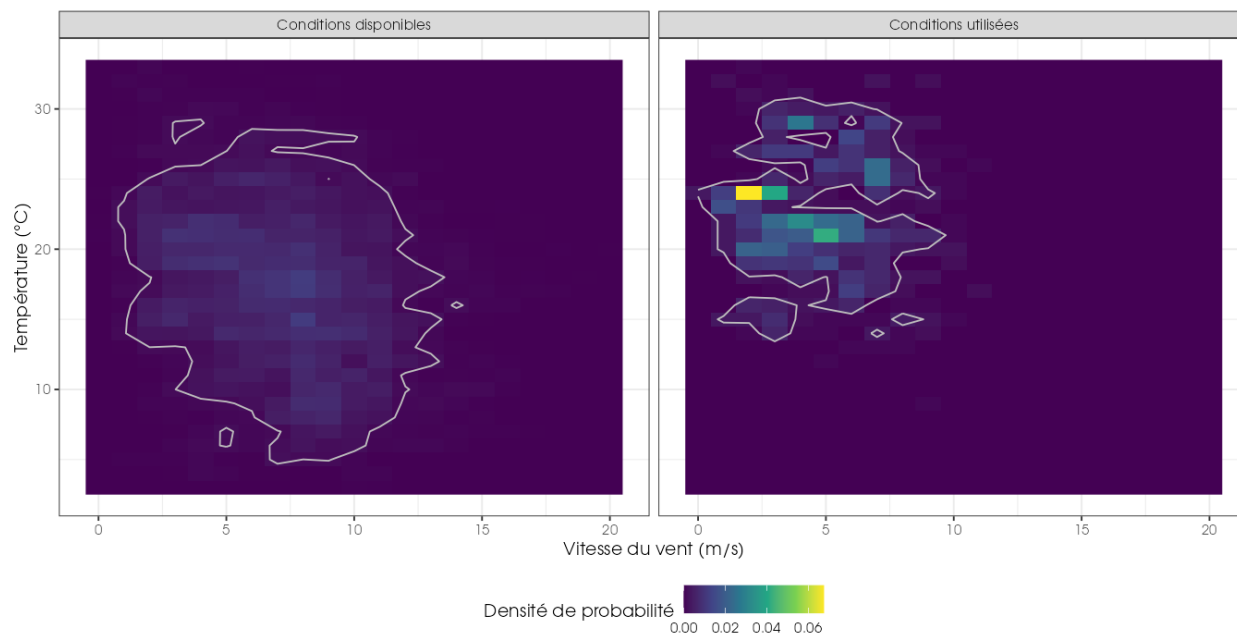


Figure 34 : Météorologie enregistrée sur les capteurs à gauche et conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris à droite en 2023 (l'enveloppe délimite une proportion de 90 % des conditions).

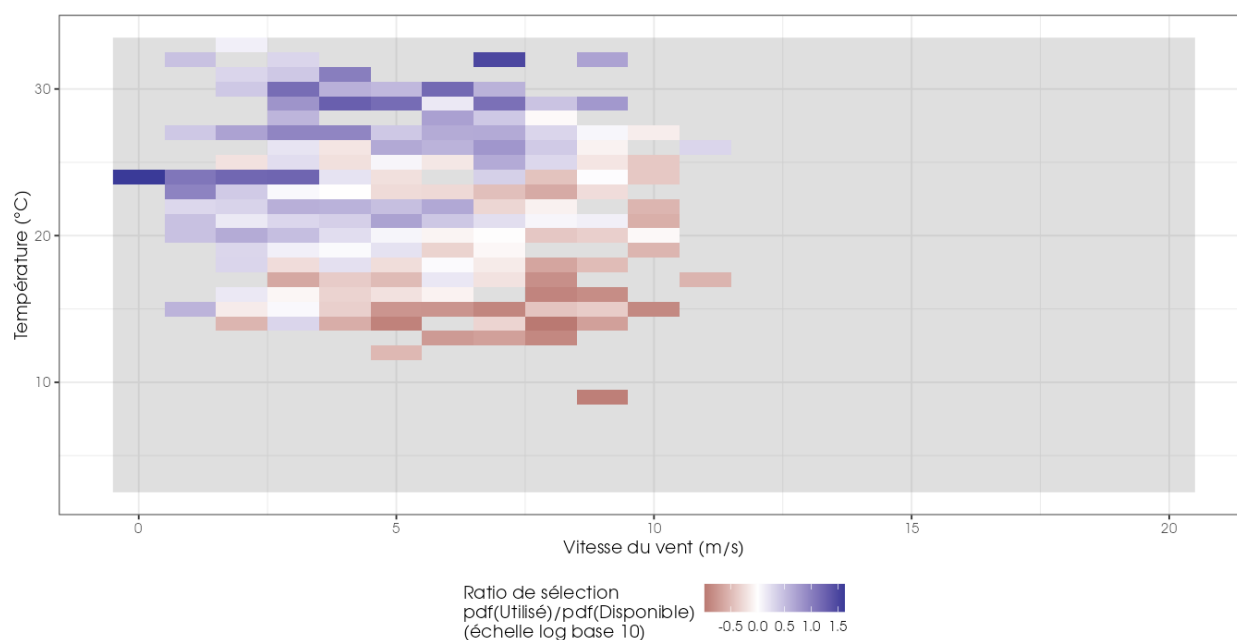


Figure 35 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site en 2023 (2 variables : température et vitesse du vent) : les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris.

2 Synthèse et analyse des résultats

Le ratio de sélection des deux variables météorologiques vitesse du vent et température montre une utilisation très nette des conditions de vents inférieurs à 7,5 à 8 m/s associé à des températures de plus de 17°C.

On note (cf. Figure 35) que la limite entre conditions disponibles (rouge) et utilisées (bleu) est plutôt oblique, ce qui indique bien que les deux variables, température et vitesse du vent, jouent un rôle dans l'activité des chauves-souris. D'après ce résultat, on note que pour ce parc, la vitesse du vent semble jouer un rôle plus important que la température dans l'activité des chiroptères.

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le site des Champarts et des activités de chiroptères associées, **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 16°C à 30°C et de vitesse de vent comprises entre 1 et 8 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 hauteur et d'évaluer plus précisément les conditions favorables à l'activité.

L'étude a fait l'objet de plus de 6 mois d'analyse soit 227 nuits exploitables. Un dispositif d'enregistrement automatique (SM4Bat) équipé d'un micro a été placé à 114 m au sein de la nacelle de l'éolienne n°3 du parc éolien des Champarts entre Aschères-le-Marché et Neuville-aux-Bois (Loiret).

Les enregistrements ont permis l'identification de 4 espèces avérées, 1 paire d'espèces et 1 groupe d'espèces. Il s'agit d'une diversité moyenne pour le département du Loiret, mais sous-estimée en l'absence de microphone positionné à proximité du sol.

L'activité en altitude enregistrée durant cette période peut être considérée comme très forte au regard d'autres sites suivis dans un rayon de 158 km autour du site.

La phénologie annuelle montre une activité hétérogène au cours du temps, avec un fort pic d'activité sur les enregistrements situés en août et deux pics plus modérés fin juillet et mi-septembre. Le site semble peu occupé en période de transition printanière.

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

- 50 % de l'activité en altitude a été mesurée dans les 1h32 minutes après le coucher du soleil et jusqu'à 30 minutes avant celui-ci ;

- 75 % de l'activité en altitude se concentre dans les 3h09 heures qui suivent le coucher du soleil et jusqu'à 30 minutes avant celui-ci ;

- 90 % de l'activité en altitude se concentre dans les 4h56 heures qui suivent le coucher du soleil et jusqu'à 30 minutes avant celui-ci.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et les vitesses de vent a été mise en évidence (mesurée à 114 m) :

- 100 % des contacts ont été enregistrés à des vitesses de vent inférieures à 11,16 m/s ;

- 90 % de l'activité a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures 7,35 m/s.

On observe une propension des individus à voler à des vitesses de vents jugées modérées sur ce site comparativement à d'autres sites de la région Centre-Val de Loire.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris et la température a été mise en évidence (mesurée à 114 m) :

- 100 % des contacts ont lieu à des températures comprises entre 9,1°C et 32,89°C ;

- Moins de 1 % des contacts ont été enregistrés en dessous de 14,06°C ;

- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des températures supérieures à 17,62°C.

Une relation semble identifiée entre l'activité des chauves-souris et l'absence d'hygrométrie au regard des données mesurées à 84 m sur l'année 2023. Cette tendance établie pour l'année 2023 peut être variable d'une année sur l'autre et est donc à prendre avec précaution. Elle sera à confirmer avec les données du suivi 2024.

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

Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Par arrêté préfectoral du 31 décembre 2020, le bridage actuel a été mis en place sur trois des quatre éoliennes du parc (E01, E02 et E03), avec les paramètres suivants : Vent : $\leq 8,5$ m/s ; Température : $\geq 13^{\circ}\text{C}$; 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 4 heures après ce dernier ; du 1^{er} avril au 1^{er} juin puis du 15 juillet au 15 octobre, en l'absence de pluie. L'éolienne E04 présente le même bridage, mais sur la période du 1^{er} avril au 15 octobre.

Tableau 14 : Evaluation du bridage actuel pour le parc des Champarts à partir des observations réalisées en 2023 sur l'éolienne E03 (nacelle à 114 m).

Paramètre	Critère d'asservissement
Température (à hauteur de nacelle)	Supérieure ou égale à 13°C
Vitesse du vent (à hauteur de nacelle)	Inférieure ou égale à 8,5 m/s
Heure relative	30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 4 heures après ce dernier
Mois concernés	E01, E02 et E03 : 1 ^{er} avril au 1 ^{er} juin puis du 15 juillet au 15 octobre E04 : 1 ^{er} avril au 15 octobre
Evaluation du bridage actuel avec les résultats des observations de 2023 au niveau de l'éolienne E03	
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	71,4 % toutes espèces confondues
Nombre de minutes positives restant à risque	402 minutes sur 1 404 toutes espèces confondues
Proportion d'activité du groupe des Sérotines/Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	73,51 %
Nombre de minutes positives restant à risque pour le groupe des Sérotines/Noctules	342 minutes sur 1 291 minutes de présence des Sérotines/Noctules.
Proportion d'activité de Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	80,9 %
Nombre de minutes positives restant à risque pour les Noctules commune	129 minutes sur 677 minutes de présence des Noctules communes
Proportion d'activité de Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	45,95 %
Nombre de minutes positives restant à risque pour les pipistrelles	60 minutes sur les 111 minutes de présences des Pipistrelles

En 2023, le bridage en place n'est pas complètement adapté aux conditions et à l'activité des chiroptères au niveau de l'éolienne E03. Le bridage entre avril et juin ne couvre que 20 minutes positives de chiroptères, sur un total de 40 pendant cette période (ne comprenant que 5 minutes positives de Noctule commune). Les écoutes réalisées sur l'ensemble de la période de fin mars à début novembre en 2023 permettent d'évaluer les proportions de contacts protégés par le bridage actuel et de définir des périodes et seuils de vent et températures adaptés.

Un nouveau scénario de bridage a été évalué avec l'activité des chauves-souris obtenue en 2023 au niveau de l'éoliennes E03, en prenant notamment pour base le bridage du parc éolien des Breuils, situé à côté de celui des Champarts et dont la mortalité constatée en 2023 est bien moindre.

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

Les paramètres considérés ci-après correspondent aux conditions cumulatives, c'est-à-dire que l'asservissement n'est mis en œuvre que lorsque les 4 conditions sont réunies simultanément.

Tableau 15 : Simulation du bridage avec de nouveaux paramètres pour le parc des Champarts à partir des observations réalisées en 2023 sur l'éolienne E03 (nacelle à 114 m).

Paramètre	Nouveau scénario
Température (à hauteur de nacelle)	Supérieure ou égale à 13°C
Vitesse du vent (à hauteur de nacelle)	Inférieure ou égale à 8,5 m/s
Pluviométrie	Bridage du parc en l'absence de pluie
Heure relative	30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 5 heures après ce dernier
Mois concernés	1^{er} juin au 15 octobre
Nombre d'éoliennes	Ensemble du parc
	Evaluation prenant en compte les spécificités des paramètres de bridage de ce scénario avec les résultats des observations de 2023 au niveau de l'éolienne E03
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	82,8 % toutes espèces confondues
Nombre de minutes positives restant à risque	242 minutes sur 1 404 toutes espèces confondues
Proportion d'activité du groupe des Sérotines/Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	84,53 %
Nombre de minutes positives restant à risque pour le groupe des Sérotines/Noctules	202 minutes sur 1 291 minutes de présence des Sérotines/Noctules.
Proportion d'activité de Noctules communes (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	91,4 %
Nombre de minutes positives restant à risque pour les Noctules commune	58 minutes sur 677 minutes de présence des Noctules communes
Proportion d'activité de Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	63,96 %
Nombre de minutes positives restant à risque pour les pipistrelles	40 minutes sur les 111 minutes de présences des Pipistrelles

Ce scénario de bridage semble satisfaisant, notamment car il permet d'atteindre le seuil de 90 % des contacts (ici en minute positive) de Noctule commune couverts par le bridage.

Il prend pour base le bridage du parc des Breuils, situé à côté du parc des Champarts, mais le seuil de temps est réhaussé d'une heure pour prendre en compte plus de contacts de chiroptères. Ce scénario permet donc d'atteindre 91 % de couverture des Noctules communes

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

enregistrées sur l'ensemble de la période d'activité au niveau de l'éolienne E03, tout en ayant une couverture acceptable pour l'ensemble du groupe des Sérotines/Noctules avec 84,53 % et globalement 82,8 % pour l'ensemble des chiroptères enregistrés en 2023.

En conclusion, le bridage actuel au niveau du parc éolien des Champarts est jugé peu suffisant en termes de couverture des chiroptères enregistrés en 2023, et **le nouveau bridage recommandé permet d'atteindre 90 % de prise en compte des Noctules communes**, espèce considérée comme Quasi Menacée (NT) en région Centre-Val de Loire et pour laquelle la région porte une forte responsabilité.

4

Bibliographie

4 Bibliographie

- ④ ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021 - Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénopé) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 592 p.
- ④ BARATAUD, M. 2020. Écologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Museum d'Histoire Naturelle, Paris (coll. Inventaires et Biodiversité), 4ème éd. 344 p.
- ④ BENSETTITI F. & GAUDILLAT V. (coord.), 2002 - « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 7 - Espèces animales. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 353 p.
- ④ DIETZ C. & KIEFER A., 2015 – Chauves-souris d'Europe. Connaître, identifier, protéger. Delachaux et Niestlé. 399 p.
- ④ DIETZ C., VON HELVERSEN O. & NILL D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord. Delachaux et Niestlé. 400p.
- ④ HAQUART A., 2013 - Référentiel d'activité des chiroptères, éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française : Biotope, École Pratique des Hautes Études, 99 p.
- ④ HAQUART A., 2015. — ACTICHIRO, un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustique en France. Symbiose (34-35): 1-9.
- ④ 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, Mèze, 13 p.
- ④ MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFK B., REIJNDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRALÍK V. & ZIMA J., 1999 - The atlas of European mammals, Societas Europaea Mammalogica, Poyser National History, 484 p.
- ④ ROUE S. & BARATAUD M., 1999 - Habitats et activité de chasse des chiroptères menacés en Europe : synthèse des connaissances actuelles en vue d'une gestion conservatrice. Le Rhinolophe, vol. spéc. N° 2.
- ④ ROUE S., BARATAUD M. & GOURVENNEC A., 1999 – Plan de restauration des chiroptères. Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Commission de Protection des Eaux, du Patrimoine, de l'Environnement, du Sous-sol et des Chiroptères. 34 p.
- ④ RUSS J., 1999. — The Bats of Britain & Ireland, Echolocation Calls, Sound Analysis and Species Identification. Alana books, 103 p.
- ④ SCHÖBER W. & GRIMMBERGER E., 1991 - Guide des chauves-souris d'Europe - Biologie - Identification - Protection - Edition Delachaux & Niestlé, Lausanne – Paris. 225 p.
- ④ TAPIERO A., 2017 - Plan national d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025. FCEN. 83 p.
- ④ TEMPLE H.J. & TERRY, A. (coord.), 2007 - The Status and Distribution of European Mammals. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. viii + 48 p.
- ④ UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES & OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, 2017 - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France, 15 p.
- ④ UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES & OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE

4 Bibliographie

LA FAUNE SAUVAGE, 2018 - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Rapport d'évaluation. Paris, France, 234 p. + annexes

Sites Internet :

- 🔍 SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfepm.org>
- 🔍 Vigie-Chiro : Suivis du Muséum des populations de chiroptères : <https://www.vigienature.fr/fr/chauves-souris> *
- 🔍 INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel : <https://inpn.mnhn.fr/accueil/index>



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