



Ferme éolienne de
Monterfil

Parc éolien de Monterfil

Commune de Monterfil,
Bretagne (35)
30 avril 2026

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères et suivi
d'activité en altitude
des chiroptères (2025)**



Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2026 – Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien de Monterfil - Commune de Monterfil, Bretagne (35) - Ferme éolienne de Monterfil - 80 p.		
Nom de fichier	FE_Monterfil_SuiviMortalite2025_VF_20260430		
N° de contrat	2016167-14		
Date de démarrage de la mission	12/08/2025		
Maître d'ouvrage	Ferme éolienne de Monterfil 2 rue du Libre Echange, CS 95893, 31506 Toulouse Cedex 5		
Interlocuteur	Marine BEAUBEAU <i>Responsable ICPE et mesures</i>	Contact : marine.beaubeau@aboenergy.com	
	Joachim PRUNIER <i>Ecologue</i>	Contact : joachim.prunier@aboenergy.com	
Biotope, Responsable du projet	Marine RIU <i>Chef de projet</i>	Contact : mriu@biotope.fr	
Version 1	Rédacteur : <i>Alex TREMBLAIS</i> 28/02/2026	Contrôle qualité : <i>Marine RIU</i> 20/03/2026	Description des modifications apportées au document : ● Création du document.
Version 2	Rédacteur : <i>Marine RIU</i> 30/04/2026	Contrôle qualité : /	Description des modifications apportées au document : ● Intégration des remarques client

Biotope est signataire de la « [Charte d'Engagement des Bureaux d'Études dans le domaine de l'évaluation environnementale](#) ».

Sauf mention contraire explicite, toutes les photos du rapport ont été prises sur site par le personnel de Biotope dans le cadre des prospections de terrain.

Avant-propos

Le parc éolien de Monterfil (Ille-et-Vilaine) a été mis en service en janvier 2023. Il est autorisé par un arrêté préfectoral datant du 21 janvier 2020.

La première année de suivi a été réalisée conformément au protocole nationale (2018) d'avril à octobre 2023 par le cabinet d'étude Biotope concluant à une mortalité non significative du parc sur la faune volante. Néanmoins ce suivi a également mis en lumière une protection insuffisante de l'activité des chiroptères. Le bridage a donc été renforcé par mesure de précaution pour atteindre une protection de l'activité des chiroptères > à 90%. Ce renforcement a concerné la période du 15 août au 15 octobre durant laquelle le bridage est étendu aux 9 premières heures de la nuit. Une seconde année de suivi a donc été réalisée sur cette période en 2025 afin de vérifier l'efficacité des nouvelles modalités de bridage.

La Ferme éolienne de Monterfil a missionné Biotope pour la réalisation d'un suivi adapté de mortalité du parc éolien en 2025, ainsi que pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle inspiré de la méthodologie du protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 2025 par le bureau d'études BIOTOPE. **L'objectif de ce suivi est de vérifier l'atteinte d'un taux de protection > à 90% de l'activité des chiroptères.** Une estimation de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux est également réalisée à titre indicatif. En effet sur une période de 2 mois ces estimations de mortalité ne sauraient refléter la réalité de la mortalité sur le parc éolien de Monterfil ainsi aucune conclusion sur la significativité des résultats de mortalité estimée ne sera proposée.

Au regard des attentes des services de l'Etat et des échanges réalisés pour la réalisation de l'offre commerciale, un protocole adapté, issu du document validé par le Ministère « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens », fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité, a été mis en œuvre.

À noter que la révision du document « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » est paru en mars 2018 fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité. Ainsi, le protocole réalisé dans le cadre de cette étude et le rapport qui en découle tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	5
1.1	Contexte – présentation du parc et données historiques	5
1.1.1	Présentation du parc	5
1.1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	7
1.2	Méthodologie appliquée	10
1.2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	10
1.2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	12
1.2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères	23
1.2.4	Équipe de travail	26
2	Synthèse et analyse des résultats	27
2.1	Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur	27
2.1.1	Espèces contactées	27
2.1.2	Abondance relative	28
2.1.3	Évaluation de l'activité en hauteur	29
2.1.4	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur	30
2.1.5	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	35
2.1.6	Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur	41
2.2	Résultats du suivi de mortalité	42
2.2.1	Résultats bruts	42
2.2.2	Analyse des résultats	45
2.2.3	Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs	53
2.2.4	Synthèse du suivi de mortalité	57
2.3	Facteurs d'impact et mesures mises en place	58
2.3.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	58
2.3.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	58
2.3.3	Évaluation du bridage chiroptère en fonctionnement	62
3	Mesures correctives et préconisations	64
4	Conclusions	65
5	Bibliographie	66
6	Annexes	69
	Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.	69
	Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	70
	Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	71
	Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	72
	Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%	73
	Annexe VI : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope	74
7	Index des tableaux, cartes et figures	76

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1.1 Présentation du parc

Le parc de Monterfil se situe dans le département d'Ille-et-Vilaine (35), en région Bretagne. Il est localisé à environ 25 km à l'ouest du centre-ville de Rennes, entre le bourg de Monterfil et le bourg de Treffendel.

Le parc, mis en service en janvier 2023, comprend 3 éoliennes Nordex N117 de 3,675 MW de puissance unitaire et d'orientation ouest-est. Ces éoliennes ont une hauteur au moyeu de 120 m, et disposent d'un rotor de diamètre de 117 m, soit 61,5 m en bas de pale et 178,5 m en bout de pale.

Le parc de Monterfil se situe dans le boisement de résineux de la forêt communale de Monterfil et ses abords composés de prairies et de cultures (Figure 1). L'éolienne E1 se situe dans une parcelle agricole alors que les éoliennes E2 et E3 se situent à l'intérieur du boisement, dont une partie a dû être défrichée (Figure 2 et 3).



Figure 1 : Vue d'ensemble des trois éoliennes du parc éolien de Monterfil le 31 janvier 2024.



Figure 2 : Eoliennes E1, E2 et E3 prises le 31 janvier 2024 (de gauche à droite et de haut en bas).

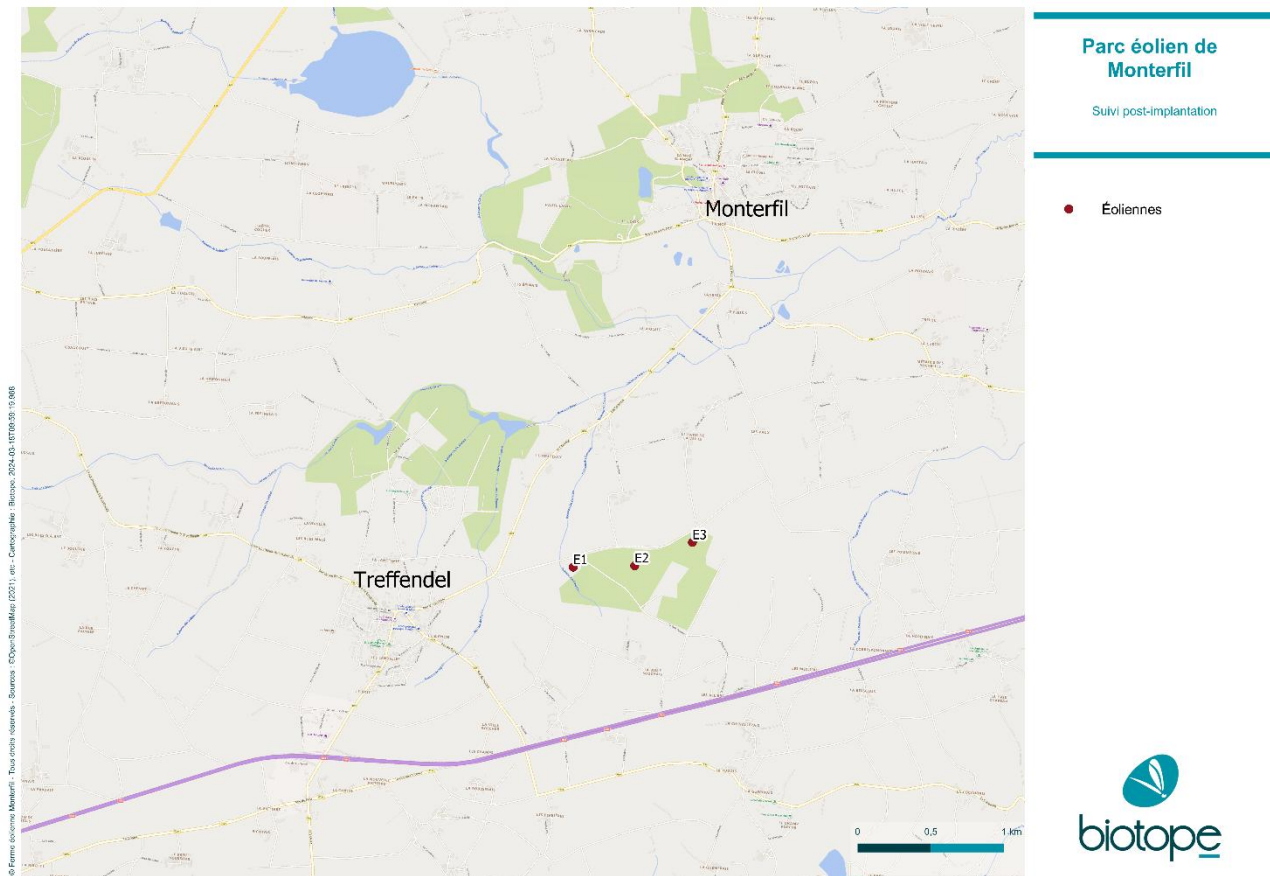


Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Monterfil.

1.1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2016/2017 et rédigée en 2018 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2025.

1.1.2.1 Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées

L'étude d'impact initial a pris en compte 4 zones d'étude :

- L'Aire d'étude immédiate (AEI) autour de la zone d'implantation prévue.
- L'Aire d'étude rapprochée qui correspondait à un tampon de 5 km au tour de l'AEI.
- L'Aire d'étude intermédiaire qui correspondait à un tampon de 10 km au tour de l'AEI.
- L'Aire d'étude éloignée qui correspondait à un tampon de 20 km au tour de l'AEI.

La majorité, 85 % de la surface, de l'AEI était occupée par des végétations de faible intérêt, en raison de leur caractère artificiel : cultures agricoles ou plantations sylvicoles de résineux. Seulement 2% de la surface est occupée par de la végétation présentant un enjeu fort, que la variante finale du projet n'a pas affecté. En effet, les éoliennes ont été implantées sur des parcelles ayant un intérêt faible ou moyen du point de vue de la végétation et des habitats.

Pour la partie oiseaux, différents protocoles ont été appliqués en fonction de la phase du cycle biologique. En hiver, les oiseaux ont été recherchés à la vue sur l'ensemble de l'AEI. En période de migration postnuptiale, des observations à partir d'un point haut à proximité directe de l'AEI ont été réalisées. Pendant la migration prénuptiale, lorsque les oiseaux sont moins nombreux, la zone d'étude avait été parcourue à la recherche d'oiseaux. En période de nidification, les oiseaux ont été

recherchés à la vue et à l'ouïe dans un parcours de la zone d'étude, par la méthode des points d'écoute (15 points de 5 min de durée) et complémentée par des écoutes nocturnes spécifiques.

Pour l'étude des chiroptères, deux techniques d'enregistrement avaient été utilisées pour décrire la diversité spécifique au sol :

- Stations automatisées de type SM2BAT ;
- Points d'écoute active de 10 minutes à l'aide d'un détecteur type D240 X.

Des écoutes en altitude ont également été réalisées durant 7 mois, entre avril et novembre 2016.

Les autres groupes faunistiques sont peu sensibles aux éoliennes en période d'exploitation mais pouvaient l'être néanmoins en période de travaux. Deux insectes remarquables avaient été observés (le Grand Capricorne et le Lucane cerf-volant), ainsi que 16 espèces d'odonates communes, 27 lépidoptères rhopalocères. L'étude d'impact avait mis également en évidence la présence de 8 espèces d'amphibiens, 6 reptiles et 10 mammifères dans l'AEI et sa proximité.

1.1.2.2 Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par l'étude d'impact

Durant la période de nidification, 64 espèces ont été contactées au sein de l'aire d'étude immédiate et à proximité. Les espèces observées sont typiques des différents milieux présents :

- Milieux bocagers : Alouette lulu, Alouette des champs, Bruant jaune, Chardonneret élégant, Faucon crécerelle, Fauvette des jardins, Fauvette à tête noire, Fauvette grisette, Linotte mélodieuse, Tarier pâle, Buse variable, Hypolaïs polyglotte, etc. ;
- Milieux forestiers : Bouvreuil pivoine, Coucou gris, Engoulevent d'Europe, Fauvette pitchou, Pic noir, Roitelet huppé, Chouette houlotte, Epervier d'Europe, Roitelet à triple bandeau, etc. ;
- Milieux humides : Grande Aigrette, Goéland brun, Mouette rieuse, Héron cendré, Héron garde-bœufs, Canard colvert, Bergeronnette des ruisseaux, et Gallinule poule d'eau.

On retrouve également des espèces ubiquistes (Accenteur mouchet, Etourneau sansonnet, Merle noir, Rougegorge familier, Pigeon ramier, Mésange bleue, Mésange charbonnière, etc.) et anthropophiles (Hirondelle rustique, Martinet noir, Bergeronnette grise, et Moineau domestique).

Parmi ces espèces, 49 étaient protégées, 5 espèces étaient inscrites dans l'annexe I de la directive « Oiseaux », 18 espèces étaient sur la Liste rouge nationale des oiseaux nicheurs et 2 espèces étaient sur la Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs.

Ainsi, l'intérêt de la zone d'étude est considéré comme fort sur l'ensemble de la ripisylve et des milieux landicoles, faible à moyen sur les zones culturales (concentré sur les haies), et faible à moyen sur les parties forestières (et concentré sur les parcelles de feuillus matures).

En période de migration postnuptiale, 28 espèces avaient été observées en déplacement ou en halte, dont 19 en migration active. Parmi ces espèces, 17 étaient protégées, 1 espèce était inscrite à l'annexe I de la Directive Oiseaux (la Grande Aigrette) et 1 espèce était inscrite à la Liste rouge des oiseaux migrateurs de Bretagne (le Héron garde-bœufs). Le nombre d'effectifs observés en migration avait été jugé faible. En effet, le site se trouve loin des grands axes de migration reconnus nationalement.

En période d'hivernation, 42 espèces avaient été observées au sein de l'aire d'étude immédiate et sa proximité. Le cortège était dominé par des espèces liées au bocage (Alouette lulu, Buse variable, Pipit farlouse, etc.) et des espèces ubiquistes (Pinson des arbres, Rougegorge familier, Corneille noire, etc.), ainsi que quelques espèces typiques des milieux boisés (Bécasse des bois, Mésange huppée et Sittelle torchepot). Parmi ces espèces, 25 étaient protégées, et 2 étaient inscrites à l'annexe I de la Directive « Oiseaux » (la Grande Aigrette et l'Alouette lulu).

En période de migration prénuptiale, seulement 10 espèces avaient été observées en migration active ou en halte migratoire (Traquet motteux, Pouillot fitis, Hirondelle rustique, Goéland brun, Faucon pèlerin, etc.). Le nombre d'effectifs en migration avait été jugé faible. Aucun stationnement significatif de limicoles n'avait été observé. Parmi les espèces observées en migration, 9 étaient protégées et 1 espèce était inscrite à l'annexe I de la Directive « Oiseaux » (le Faucon pèlerin).

Deux espèces étaient particulièrement identifiées comme des espèces présentant une sensibilité faible à moyenne : le Faucon crécerelle et la Buse variable.

1.1.2.3 Intérêts du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par l'étude d'impact

Plusieurs espèces très communément affectées par les parcs éoliens comme les pipistrelles (Pipistrelle commune, de Kuhl et de Nathusius) et les « Sérotules » (Sérotine commune, Noctule commune et de Leisler) sont présentes sur le site.

La richesse spécifique observée au niveau du sol avait été jugée élevée avec 16 espèces contactées dont la présence était avérée, plus la paire Oreillard gris/roux dont l'identification au niveau de l'espèce est compliquée. Parmi les espèces avérées, 6 espèces étaient inscrites à l'annexe II de la Directive « Habitats-Faune-Flore » : la Barbastelle d'Europe, le Murin de Bechstein, le Murin à oreilles échancrées, le Grand Murin, le Grand Rhinolophe et le Petit Rhinolophe. Les espèces étaient quasi-menacées sur la Liste rouge nationale, 6 espèces étaient inscrites sur la liste des espèces déterminantes ZNIEFF en Bretagne, 7 espèces quasi-menacées et 1 en danger (le Grand Rhinolophe) sur la Liste rouge de Bretagne.

Malgré la richesse spécifique élevée, le niveau d'activité global au sol était jugé modéré et était dominé par la Pipistrelle commune (63 % de l'activité globale observée au niveau du sol). Les écoutes réalisées en altitude avaient permis l'identification de 10 espèces avérées, les paires Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, et Oreillard gris/roux. L'activité en altitude avait été jugée modérée pour le département d'Ille-et-Vilaine.

1.2 Méthodologie appliquée

N.B. : Pour le suivi 2025, la méthodologie du protocole national a été utilisée mais le nombre de passages a été réduit à 10 passages au lieu de 20 pour se concentrer sur la période de modification du bridage conformément aux demandes des services de l'État.

1.2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national

1.2.1.1 Arrêté ministériel d'août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et protocole national

L'arrêté du 22 juin 2020 modifie l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation selon la rubrique 2980 de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. L'article 12 de l'arrêté de 2011 est remplacé par de nouvelles dispositions. Les différents intitulés et dispositions des arrêtés sont précisément décrits dans l'Annexe 2.

Un protocole national cadrant les objectifs et modalités de suivi des parcs éoliens en exploitation a été rédigé en 2015 puis mis à jour début 2018.

1.2.1.2 Méthodes et pressions d'inventaire attendues à l'échelle nationale

Le protocole national précise que le suivi de mortalité sera constitué d'au minimum 20 visites réparties entre les semaines 20 et 43 en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site (Annexe 3, Figure 42). Pour le nombre d'éoliennes à prospecter, le protocole recommande de suivre toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes ou moins, et pour les parcs de plus de 8 éoliennes, appliquer la formule suivante : $8 + (\text{nombre d'éoliennes} - 8) / 2$.

La collecte de données implique de prospecter une surface-échantillon définie, généralement un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m (Annexe 3, Figure 43). La méthode de recherche consiste en des transects à pied avec des espacements dépendants du couvert végétal. Les résultats sont soumis à des tests de correction, comprenant un test d'efficacité de recherche et un test de persistance des cadavres.

L'analyse des résultats comprend la compilation des données brutes, l'évaluation de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures, une analyse qualitative par éolienne, des croisements avec d'autres données, et la justification des mesures correctives proportionnelles. Il vise également à estimer la mortalité pour des comparaisons objectives, en utilisant des formules de calcul standardisées. Au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés doivent être utilisées, dont Huso (2010) obligatoirement, avec précision de l'intervalle de confiance de l'estimation.

1.2.1.3 Obligations réglementaires spécifiées dans l'arrêté préfectoral

L'arrêté d'autorisation environnementale du 21 janvier 2020 permettant la construction et l'exploitation du parc éolien de Monterfil stipule que « Le suivi sera réalisé la première année de mise en service du parc éolien sur la période d'avril à fin octobre en raison d'un comptage hebdomadaire ». Le suivi de mortalité a débuté la semaine 14 (début avril) et se déroulera jusqu'à la semaine 43 (octobre).

L'arrêté d'autorisation environnementale du 21 janvier 2020 indique aussi que « Les suivis de mortalité et d'activité devront être couplés afin de pouvoir corrélérer l'activité en altitude (au minimum sur une éolienne) au regard des cadavres découverts. Ils devront être réalisés sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (d'avril à fin octobre) ».

L'arrêté d'autorisation environnementale du 21 janvier 2020 prévoyait également la mise en place d'un système de bridage nocturne entre début avril et fin octobre dans les conditions suivantes (Figure 4) :

- En absence de pluie.
- Durant les 4 premières heures de la nuit.
- Lorsque la température à hauteur de la nacelle est égale ou supérieure à 11°C.
- Lorsque la vitesse du vent à hauteur de la nacelle est égale ou inférieure à 7 m/s.

Suite aux résultats de ce premier suivi, si des impacts significatifs étaient constatés, l'arrêté demande la mise en place d'actions correctives, voire la réalisation d'une demande de dérogation à la protection stricte des espèces si cela s'avère nécessaire.

Article II-3 : Mesures spécifiques liées à la préservation des enjeux environnementaux locaux (biodiversité et paysage)

I.- Protection des chiroptères/avifaune

L'exploitant respectera les engagements pris dans son dossier.

- Un mode de fonctionnement spécifique est mis en place, dès la mise en service de l'installation : les éoliennes sont arrêtées lorsque les conditions suivantes sont réunies :
 - absence de pluie ;
 - mois concernés : début avril à fin octobre ;
 - heure relative : durant les 4 premières heures de la nuit ;
 - température à hauteur de nacelle supérieure ou égale à 11 °C ;
 - vitesse du vent à hauteur de nacelle inférieure ou égale à 7m/s.

Le plan de bridage sera revu en fonction des résultats des suivis (mesures correctives).

- Dans les douze mois après la mise en service du parc éolien, puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental (pour les 3 éoliennes) permettant notamment d'estimer la fréquentation/activité et la mortalité de l'avifaune et des chiroptères dues à la présence des aérogénérateurs. Le protocole de suivi mis en place par l'exploitant est, a minima, conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées :

- Suivi de mortalité (avifaune et chiroptères) :

Le suivi sera réalisé la première année de mise en service du parc éolien sur la période d'avril à fin octobre à raison d'un comptage hebdomadaire. Au terme de cette première année, en fonction des résultats obtenus au cours de celle-ci, la période de suivi pourra être adaptée après validation de l'inspection des installations classées.

- Suivi de populations de chiroptères :

Les suivis de mortalité et d'activité devront être couplés afin de pouvoir corréliser l'activité en altitude (au minimum sur une éolienne) au regard des cadavres découverts. Ils devront être réalisés sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (d'avril à fin octobre).

- Si des impacts significatifs étaient constatés lors de ces suivis, des actions devront être mises en place après information de l'inspection des installations classées.
- Si les suivis révèlent que les impacts des éoliennes relèvent d'une situation justifiant l'octroi d'une dérogation à la protection stricte des espèces, l'exploitant devra constituer une telle demande. Des mesures conservatoires devront être prises le temps de l'instruction de la dérogation.

Figure 4 : Arrêté de 2020 portant autorisation environnementale d'exploiter une installation de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sur la commune de Monterfil par la société ferme éolienne de Monterfil (Article II-3 ; I : Protection des chiroptères/avifaune).

1.2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude réalisée sur le parc éolien de Monterfil. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

1.2.2.1 Adaptation du protocole national

Conformément aux demandes des services de l'État, le suivi 2025, a été réalisé sur la période de renforcement du bridage comprise entre mi-août et mi-octobre 2025 à raison d'un passage par semaine, soit un total de 10 passages, sur les 3 éoliennes.

1.2.2.2 Principe de l'estimation de mortalité : méthodes, calculs et des incertitudes

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

1.2.2.2.1. Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

Les suivis de mortalité par recherche de cadavres au sol représentent actuellement la technique la plus régulièrement mise en œuvre. Toutefois, cette technique est soumise à de nombreux biais (capacités de détection de l'observateur, taux de disparition des cadavres par prédation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitable les données issues du suivi de mortalité.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : **Erickson et al., 2000 / Huso, 2010 / Korner-Nievergelt et al. 2011.**

1.2.2.2.2. Détermination des coefficients correcteurs

Pour déterminer les deux coefficients correcteurs que sont le **coefficient de persistance (s)** et le **coefficient d'efficacité de recherche (f)**, deux tests doivent faire l'objet d'une mise en œuvre précise :

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédation, décomposition des cadavres) et donc le temps de persistance des cadavres une fois au sol. Ce facteur peut fortement varier dans le temps et l'espace. Les causes de disparition peuvent être multiples, soit par prélèvement (Renard roux, rapaces, corvidés, etc.) soit par l'action des insectes nécrophages (coléoptères, diptères, etc.).
- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la taille/couleur des cadavres (Domínguez del Valle et al. 2020, Barrientos et al., 2018 ; Reyes et al., 2016 ; Smallwood, 2007), d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres, Ponce et al., 2010). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluer la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

La détermination des coefficients correcteurs constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations scientifiquement recevables du suivi de mortalité.

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les estimations de mortalités sont disponibles en **annexe 4**.

1.2.2.2.3. Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation de la persistance des cadavres

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « GenEst » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de persistance en fonction de l'éolienne, ou dans certains cas du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux). Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un

processus classique de sélection de modèles par AIC (détails en annexe 5). Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%) et prédire en fonction des facteurs retenus.

- Évaluation de la capacité de détection de l'observateur

L'efficacité de recherche de l'observateur est calculée en se basant sur une approche de modélisation de la capacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs explicatives : le type d'occupation du sol, le pourcentage recouvrement végétal, la hauteur de végétation ou dans certains cas, la taille du leurre. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AICc. Si le modèle permet de faire un lien direct entre l'efficacité de recherche et la hauteur de végétation, le modèle peut prédire les cas de figure d'occupation du sol qui n'auraient pu être testés. Dans le cas contraire, il est possible de s'appuyer objectivement sur les sorties de modèle pour les situations testées et sur leurs interpolations (situations intermédiaires non testées) pour compléter les types de végétations manquantes (extrapolation en s'appuyant sur le retour de la personne qui a réalisé le suivi et qui peut comparer les situations).

- Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s , f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection ($a \times P(s,f)$)** est calculée pour chacune des éoliennes pour l'ensemble du suivi selon les trois méthodes d'estimation que sont : Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne.

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievelgelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsque aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas, correspond au nombre de cadavres pour lequel l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximales non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les méthodes statistiques utilisées sont disponibles en **annexe 4**.

1.2.2.3 Méthode de recherche des cadavres

1.2.2.3.1. Méthode par transects circulaires

Le protocole que nous avons mis en œuvre est adapté d'après Arnett et al. (2009) et Baerwald et al. (2009). **Il s'agit d'une méthode de suivi se basant sur des transects circulaires.** Ce type de transects **cible la zone théorique principale de présence de cadavres** liés à des phénomènes de collision et barotraumatisme, sous la principale zone de survol par les pales et ses abords.

Ce protocole présente plusieurs avantages :

- Il **optimise la surface échantillonnée** (suivi traditionnel prospectant une surface carrée, sans justification statistique) ;
- Il ne nécessite pas la pose de repères sur le terrain ;
- Il permet de conserver toute la concentration de l'observateur sur la recherche de cadavres sans perte d'attention sur sa position par rapport aux repères/transects.

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 60 m autour de chaque éolienne : 12 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne, jusqu'au pied de l'éolienne sont alors effectués.

Pour cela, nous avons utilisé un jeu de cordes et mousquetons. La première corde, tendue le plus haut possible autour du mât de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de 65 m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 12 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

De manière ponctuelle, la méthode de suivi s'est basée sur des transects rectilignes. En effet, quand la méthode basée sur les transects circulaires n'était pas applicable (topologie particulière, présence de bovins, zone de recherche non prospectable en grande partie, etc.), cette méthode était privilégiée. Elle consiste à faire des transects rectilignes à pied espacée d'une distance dépendante du couvert végétal, de 5 à 10m en fonction du terrain et de la végétation (Figure 5).

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir environ 2025 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

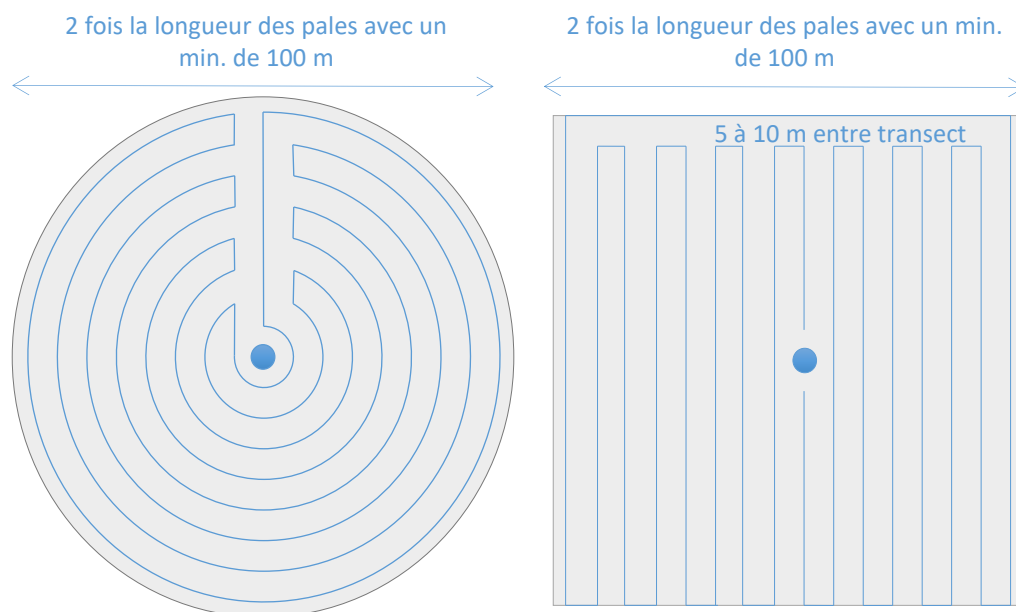


Figure 5 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

1.2.2.3.2. Données collectées

Le technicien utilise un outil QGIS sur sa tablette Android de terrain pour renseigner à chaque passage l'occupation du sol et les modalités de prospection à la parcelle. Chaque découverte de cadavre est enregistrée par le biais d'un formulaire standard renseigné dans une couche shapefile géolocalisée et tel que défini par le protocole national (2018) grâce à l'outil QGIS embarqué sur tablette. Les photos des cadavres produites par tablette sont associées à chaque enregistrement ainsi généré de la couche shapefile sous QGIS. En complément de ce rapport, cette couche pourra être transmise pour avoir tous les éléments de localisation et de conditions de découverte de chaque cadavre.

1.2.2.3.3. Détermination des cadavres

Les cadavres sont identifiés sur place par des experts ornithologues et chiroptérologues possédant une excellente connaissance de la faune locale. En cas de difficultés d'identification *in situ* (critères non visibles, traumatisme important, état de décomposition), les cadavres seront déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été sollicitée auprès des services compétents.

Les ouvrages utilisés, si nécessaire, pour appuyer les déterminations complexes sont présentés en bibliographie.

Pour limiter les risques de modification comportementale des prédateurs et éviter les doubles comptages, tous les cadavres découverts sont replacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

1.2.2.4 Mise en comparaison des résultats avec ceux du référentiel mortalité estimée Biotope

Totalisant 158 suivis conformes au protocole national entre 2019 et 2024, sur 104 parcs éoliens (584 éoliennes) et pour un effort de prospection de 22815 recherche éolienne, le référentiel mortalité Biotope constitue une des plus grandes bases de données compilées sur les suivis mortalité en France.

La compilation de ces nombreuses études, permet une modélisation à plus large échelle (temporelle et spatiale) des différents processus liés à la probabilité globale de détection, telle que la persistance des cadavres ou la capacité de détection de l'observateur. Il permet ainsi une prise en compte fine de la variabilité inter-sites et interannuelle. A travers la modélisation

de la distribution des cadavres (quantité de cadavre par anneaux concentriques), conjointement avec le calcul de la surface prospectée, le référentiel mortalité Biotope se rapproche de l'approche des DWP (Dalthorp et al., 2022).

A partir de la modélisation de chacun de ces éléments dans un framework bayésien, nous sommes capables de reproduire pour chaque site et chaque année, une réestimation de la mortalité médiane via l'estimateur d'Huso (2010), compte tenu de la variabilité globale de l'ensemble des suivis. Cette approche permet d'estimer finement la mortalité causée par les éoliennes en corrigeant les différents biais liés à la collecte des données. Plus de détails sur la méthodologie, les résultats et les biais d'interprétation de ce référentiel sont présentés en Annexe 6.

1.2.2.5 Étude de l'activité des chiroptères

1.2.2.5.1. Localisation des dispositifs d'écoute

En 2025, comme en 2023, les dispositifs d'acquisition des données chiroptérologiques ont été installés sur l'éolienne E3 du parc éolien de Monterfil.



Figure 6 : Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle.

1.2.2.5.2. 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 SMART (Wildlife Acoustics) capable d'enregistrer les sons de chauves-souris suivant différents paramètres de déclenchement (cf. Tableau 2).

En 2023 et 2025, le microphone a été installé sur l'éolienne E3, en nacelle, à 120 m de hauteur.

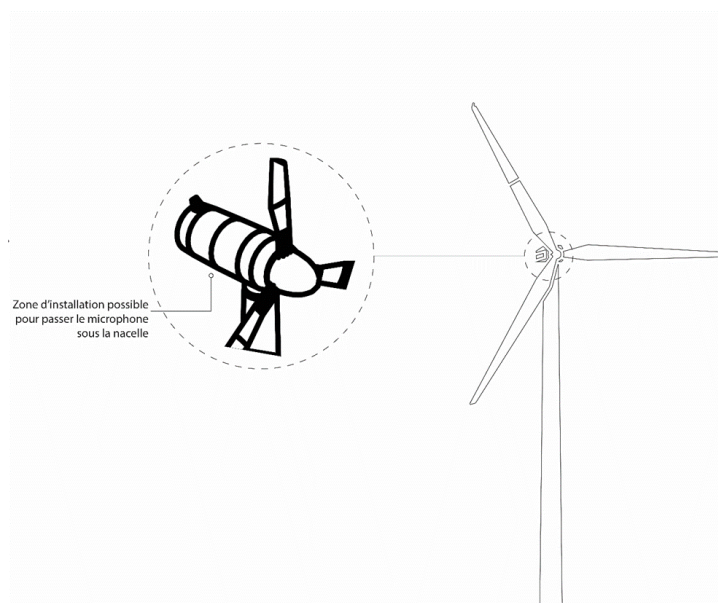


Figure 7 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.

Tableau 1 : Paramétrage de l'enregistreur en hauteur

Paramètres d'enregistrement	SMART	Paramètres d'enregistrement	SMART
Type de microphone utilisé	SMART MIC-1	Durée minimale de cris	0.002 sec
Fréquence d'échantillonnage	256 KHz	Durée maximale de cris	0.5 sec
Filtre Pass Haut	Off	Ecart maximum entre les cris	0.5 sec
Gain	12 dB	Durée maximale de la séquence	5 sec
Durée		Nombre minimal de cris	2
Pré déclenchement	0.5 sec	Durée minimale de déclenchement	1 ms
Post déclenchement	0 sec	Déclenchement avant le coucher du soleil	30 min.
Fréquence minimale	8 KHz	Arrêt après le lever du soleil	30 min.
Fréquence maximale	120 KHz		

1.2.2.5.2.1. Calendrier des enregistrements

L'enregistreur a été installé le 22/07/2025 et l'activité des chauves-souris en altitude a été analysée durant 3,5 mois, du 22 juillet 2025 au 31 octobre 2025.

Au total, 102 nuits ont été analysées. Aucune interruption des enregistrements n'est à signaler.

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

Nombre de nuits exploitables* sur le microphone	
Juillet 2025	10
Aout 2025	31
Septembre 2025	30
Octobre 2025	31
TOTAL	102

* Le terme « exploitable » est utilisé pour définir les nuits où les sons enregistrés ont pu être analysés.

1.2.2.5.2.2. Représentativité des inventaires

Du fait du nombre de nuits d'enregistrement, 102 nuits entre juillet et octobre 2025, **ces inventaires peuvent prétendre à l'exhaustivité**. En effet, pour réunir un échantillonnage suffisant, on estime nécessaire une quinzaine de nuits d'enregistrement pour espérer contacter 90 % des espèces (sur une maille de 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2025 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

Le graphique suivant présente la courbe d'accumulation calculée sur l'éolienne E3. Cette courbe représente le cumul des nouvelles espèces contactées en fonction de l'effort d'échantillonnage. La construction de la courbe prend en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonnage est réparti uniformément entre les mois.

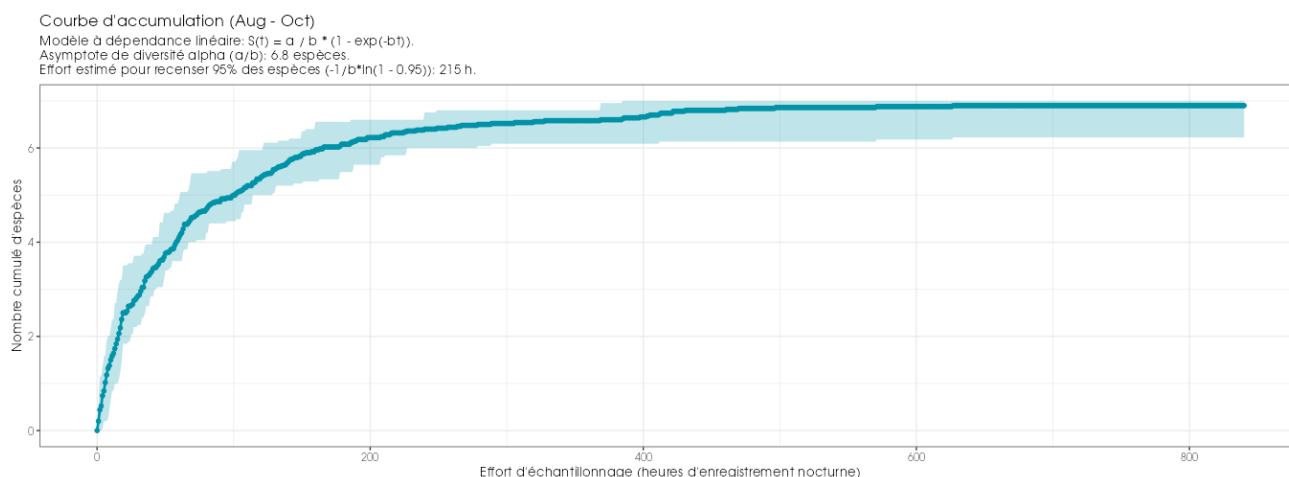


Figure 8 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du parc de Monterfil

1.2.2.5.3. 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.

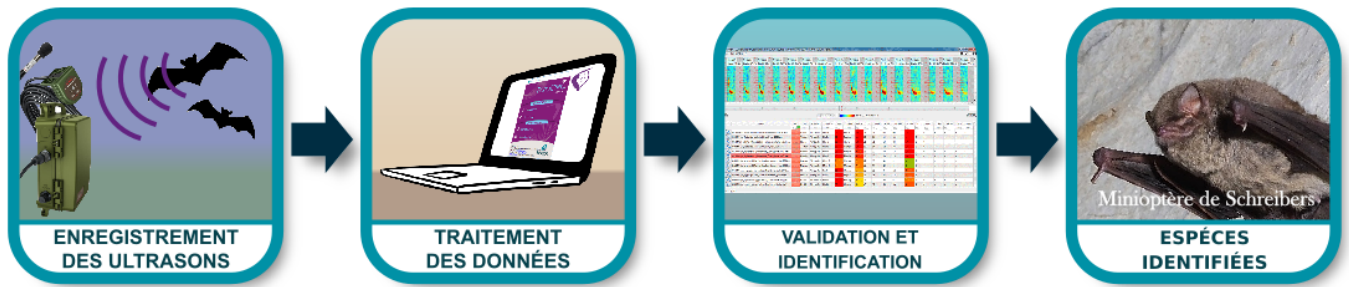


Figure 9 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

1.2.2.5.4. Détermination automatique du signal et identification des espèces

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 de l'enregistreurs 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'espèce 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.

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.

1.2.2.5.5. 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 attribuées 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.

Tableau 3 : Identification des espèces de chiroptères

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	Rhinolophe euryale	
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Petit Rhinolophe	
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand Rhinolophe	
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Grands Myotis	

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>		
Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i>		
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	Petits Myotis
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	Murin de Brandt	
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Murin de Capaccini	
Murin à moustache	<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustache	
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	Murin d'Alcathoe	
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Murin à oreilles échancrées	
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	Murin de Bechstein	
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer	
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	Murin d'Escalera	
Murin cryptique	<i>Myotis crypticus</i>	Murin cryptique	
Murin des marais	<i>Myotis dasycneme</i>	Murin des marais	
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Sérotine de Nilsson	Sérotules
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Sérotine bicolore	
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Vespère de Savi	Pipistrelle / Minioptère
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle pygmée	
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Minioptère de Schreibers	
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Groupe des oreillards	Groupe Molosse / Grande Noctule
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobularis</i>		
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe	
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Grande Noctule	
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Molosse de Cestoni	

1.2.2.5.6. Évaluation des niveaux d'activité

1.2.2.5.6.1. 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 (Haquart, 2013 ; Haquart, 2015).

1.2.2.5.6.2. 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 hauteur (ActiChiro-Altitude). Le référentiel ActiChiro-Altitude recueille 111 sites et plus de 35 000 points-nuits, répartis sur l'ensemble de la France et sur les 10 dernières années.

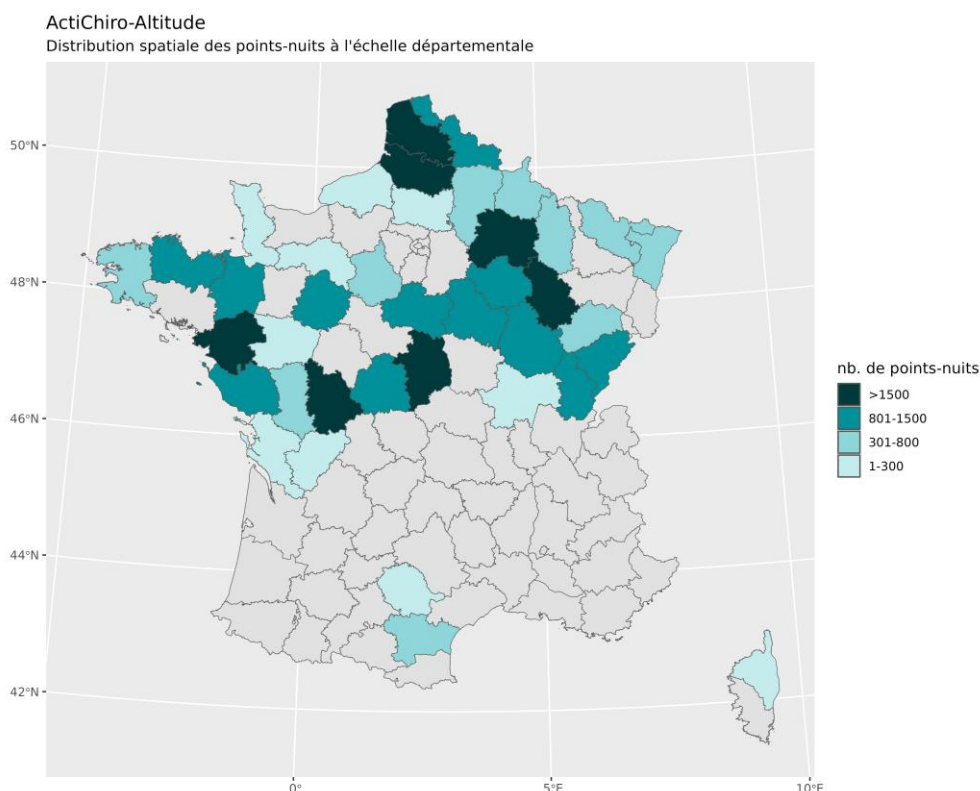


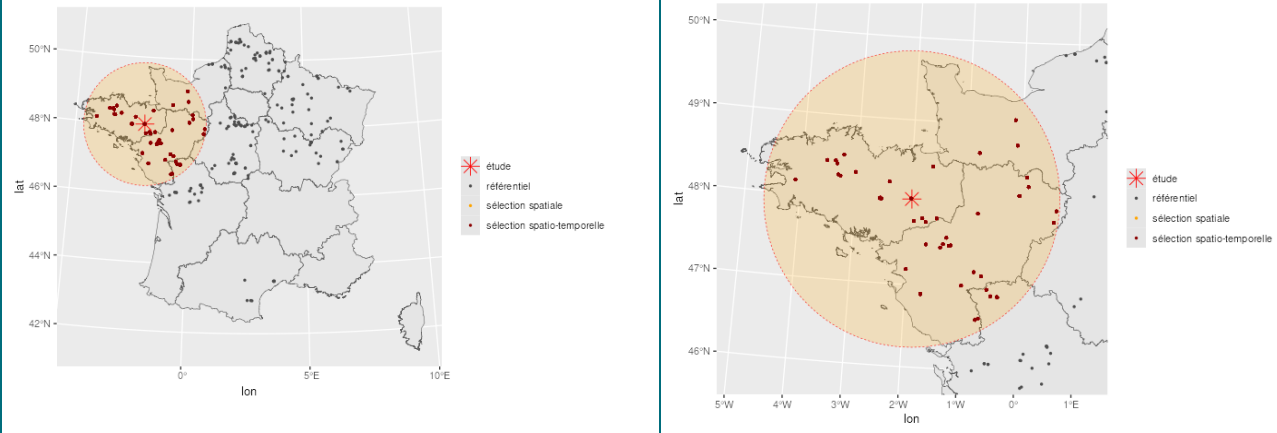
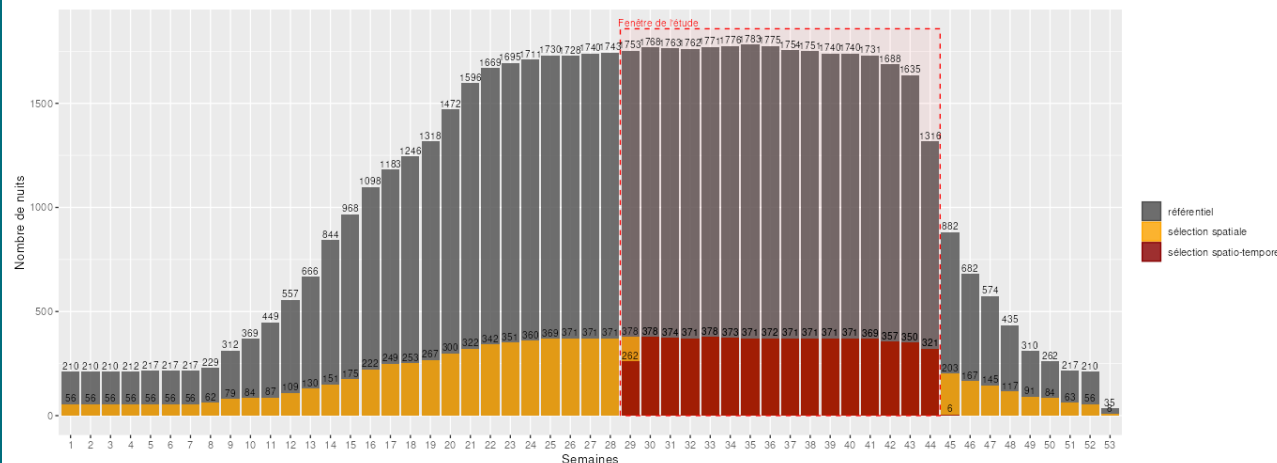
Figure 10 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude

1.2.2.5.6.3. 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 au site d'étude et au type d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. **Le nouvel ActiChiro® produit un référentiel dédié pour chaque période de l'étude.**

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

Tableau 4 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude

Pour le suivi sur l'ensemble de l'année	
Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 200 km autour du centroïde des points d'écoute réalisés dans le cadre de cette étude.
Sélection de l'altitude du référentiel	Hauteur des points d'écoute de 60 à 120 m
Sélection temporelle du référentiel	22 juillet – 31 octobre
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude
	
Sélection temporelle du référentiel	

1.2.2.5.6.4. 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 :

- Une fois en considérant l'ensemble des points-nuits (N points-nuits), c'est-à-dire ceux où l'espèce est détectée (au moins un contact) et ceux 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. Elle 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 (1ère utilisation de la méthode de bootstraps). Ceci 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 (2ème utilisation de la méthode de bootstraps). Ceci 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 2ème percentile de la distribution de l'activité.
- Activité faible : lorsque la moyenne est comprise entre le 2ème percentile (exclu) et le 25ème percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- Activité moyenne : lorsque la moyenne est comprise entre le 25ème percentile (exclu) et le 75ème percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- Activité forte : lorsque la moyenne est comprise entre le 75ème percentile (exclu) et le 98ème percentile (inclus) de la distribution de l'activité.
- Activité très forte : lorsque la moyenne est supérieure ou égale au 98ème percentile de la distribution.

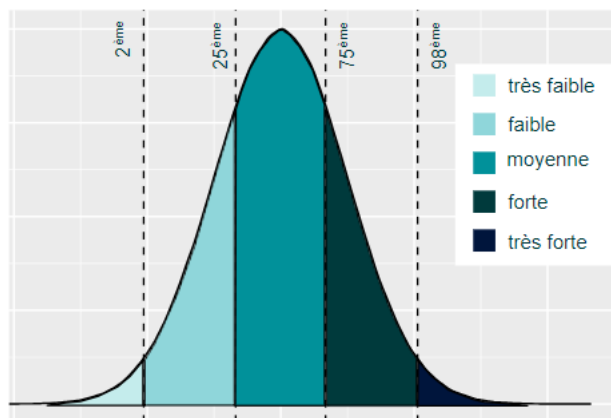


Figure 11 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude

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.

1.2.2.5.7. Acquisition et croisement des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par ABO Energy (gestionnaire d'exploitation pour la Ferme éolienne de Monterfil). Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne E03 du parc éolien de Monterfil. La vitesse de vent et la température sont mesurées à 120 m de haut. Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

Des données météorologiques sont absentes sur quelques plages horaires. Cependant aucune minute positive avec chiroptère n'est concernée. L'absence de données sur ces périodes ne remet pas en cause l'analyse des données.

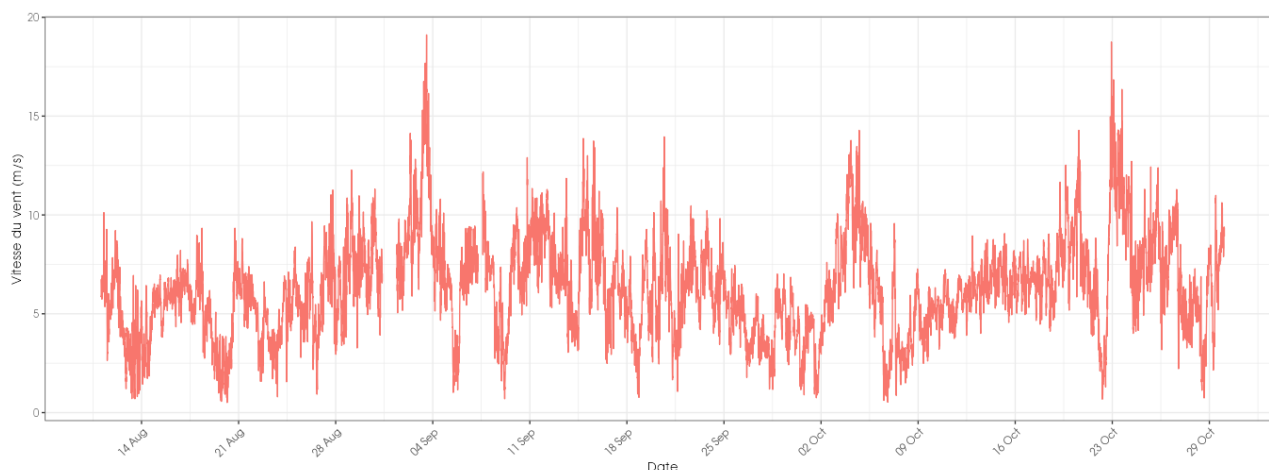


Figure 12. Schéma temporel de la vitesse du vent à 120 m depuis la nacelle de l'éolienne E03 du parc de Monterfil, entre août 2025 et octobre 2025

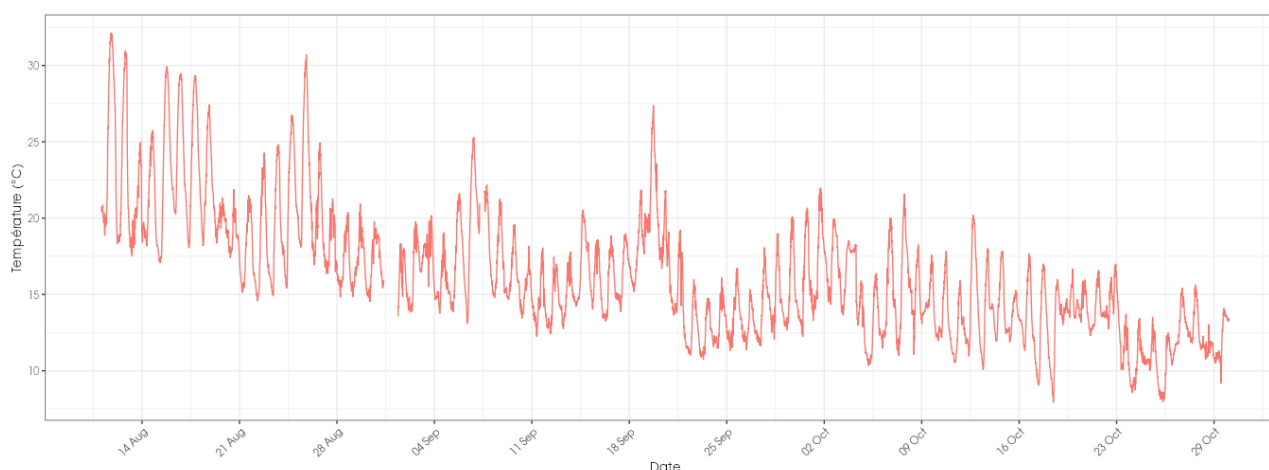


Figure 13. Schéma temporel de la température à 120 m depuis la nacelle de l'éolienne E03 du parc de Monterfil, entre août 2025 et octobre 2025

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 120 m ainsi que l'heure relative du contact (temps écoulé après l'heure du coucher du soleil, celui-ci variant au cours des mois).

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

1.2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères

1.2.3.1 Prospections de terrain

Les dates de passage et les conditions météorologiques sont détaillées dans le Tableau 5.

Ainsi 10 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 12/08/2025 au 14/10/2025.

Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (10 passages)		
1	12/08/2025	Vent moyen :12,1 km/h; Température moyenne: 26,4°C; Nébulosité:97%
2	19/08/2025	Vent moyen :0,6 km/h; Température moyenne: 20,5°C; Nébulosité:98%
3	26/08/2025	Vent moyen :10,1 km/h; Température moyenne: 21,4°C; Nébulosité:94%
4	05/09/2025	Vent moyen :4,6 km/h; Température moyenne: 18,8°C; Nébulosité:75%
5	08/09/2025	Vent moyen :8,4 km/h; Température moyenne: 18,9°C; Nébulosité:81%
6	17/09/2025	Vent moyen :11,8 km/h; Température moyenne: 17,7°C; Nébulosité:97%
7	24/09/2025	Vent moyen :17 km/h; Température moyenne: 14,6°C; Nébulosité:99%
8	02/10/2025	Vent moyen :4,4 km/h; Température moyenne: 17,7°C; Nébulosité:79%
9	07/10/2025	Vent moyen :5 km/h; Température moyenne: 16,9°C; Nébulosité:0%
10	14/10/2025	Vent moyen :16,4 km/h; Température moyenne : 16,8°C; Nébulosité : 88%
Tests de persistance (1 test)		
Test 1	01/09/2025	Dépôt de 30 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4)
Tests d'efficacité de recherche (1 test)		
Test 1	08/09/2025	Dépôt de 30 leurres
Suivi de l'activité des chiroptères		
Activité en altitude	Du 22/07 au 31/10/2025	Enregistrements en continu depuis l'éolienne E3, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 120 m de hauteur durant 102 nuits.

En raison d'un nombre réduit de passages, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien sur 2025. Pour rappel l'objectif de ce suivi était de vérifier l'efficacité du bridage sur cette période.

1.2.3.1 Réalisation des tests de persistance

Le test de persistance a été réalisé sur maximum 4 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 30 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées seulement une fois par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 58.5 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4), tôt le matin, pendant 4 jours. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

1.2.3.2 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. 15 leurres par grand type d'habitat observé ont été disposés aléatoirement (soit 30 leurres disposés pour le test, Tableau 6). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



Figure 14 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

Tableau 6 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).

	E01	E02	E03	Parc ensemble
Occupations du sol				
Plateforme	4	8	3	15
Terrassement	0	15	0	15
Hauteurs de végétation				
0	4	8	3	15
50	0	15	0	15
Dates de tests				
08/09/2025	4	23	3	30
Total	4	23	3	30

1.2.3.3 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs (Ponce et al., 2010 ; Labrosse, 2009). C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (7 / 10 passages réalisés par le même observateur).

Il est également important de noter qu'elle est aussi variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol (Borner et al., 2017). Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est fait de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 2 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 2 hauteurs différentes de végétation.

1.2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 7).

Tableau 7 : Équipe de travail

Domaines d'intervention	Intervenants	Qualité et qualification
Responsable du projet Contrôle qualité	Marine RIU	Cheffe de projet écologue – Chiroptérologue Coordinatrice de production
Rédaction de l'étude mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session)	Alex TREMBLAIS	Chargé de missions
Expertise des chiroptères en hauteur Analyse et rédaction de l'étude	Youenn FOULIARD	Expert(e) fauniste – Chiroptérologue
Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (7 sessions)	Arnaud GUYARD	Technicien suivi éolien
Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (2 sessions)	Nina BAUD	Chargé d'études fauniste

2 Synthèse et analyse des résultats

2.1 Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur

2.1.1 Espèces contactées

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

Au cours de cette étude menée en nacelle, six espèces ont été identifiées comme présentes : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Sérotine commune, la Noctule de Leisler et la Noctule commune.

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

- Le groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius : ces deux espèces sont souvent difficilement identifiables avec certitude acoustiquement et seuls les cris sociaux permettent de faire cette différence avec certitude ;
- Le groupe des Sérotines : dans certaines conditions de vol, les cris de noctules et sérotines sont difficiles à différencier.

La richesse spécifique en espèces contactées lors de l'étude en hauteur (6 espèces) est jugée faible pour le département d'Ille et Vilaine **mais est à mettre en relation direct avec le positionnement du microphone à 120m de haut**. Cette diversité correspond à celle constatée au moment de l'état initial en 2016 et au premier suivi en altitude de 2023 où seules ces 6 espèces avaient été détectées au-dessus de la médiane (50m).

Tableau 8 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc de Monterfil en 2025.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Statuts réglementaires		Statuts patrimoniaux		
	Europe	France	Liste rouge France	Liste rouge Bretagne	Responsabilité biologique régionale
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	An. IV	Art.2	Quasi-menacée	Préoccupation mineure	Mineure
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	An. IV	Art.2	Quasi-menacée	Quasi-menacée	Modérée
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	An. IV	Art.2	Vulnérable	Quasi-menacée	Modérée
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	An. IV	Art.2	Préoccupation mineure	Préoccupation mineure	Mineure
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An. IV	Art.2	Quasi-menacée	Préoccupation mineure	Mineure
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	An. IV	Art.2	Quasi-menacée	Quasi-menacée	Modérée

Légende :

- An. II/IV : espèces inscrites aux annexes II et/ou IV de la Directive N° 92/43/CEE du 21/05/92, dite « Directive Habitats ».
- Art. 2 : espèces inscrites à l'article 2 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 : protection des individus et de leurs habitats de reproduction/repos.
- LRN : La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine (UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017)
- LRR : Liste rouge & Responsabilité biologique régionale (2015)

2.1.2 Abondance relative

Au cours de la période d'enregistrement (102 nuits exploitables entre le 22 juillet et le 31 octobre 2025), 6 677 contacts de 5 secondes ou 1 117 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenues.

En 2023, du 22 juillet au 31 octobre, 4 076 contacts de 5 secondes ou 1 904 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », avaient été obtenus.

Ceci signifie qu'en 2025 l'activité des chauves-souris était concentrée sur certaines minutes de la nuit alors qu'en 2023 elle devait être plus diffuse et répartie plus uniformément au cours de la nuit.

Le tableau suivant synthétise la répartition des contacts enregistrés par espèce et groupe d'espèces de chiroptères obtenus à hauteur de nacelle (120 m), pendant les 102 nuits d'écoute en 2023 et 2025.

Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 120 m

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.		Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)		Nombre de minutes positives		Proportion obtenue des minutes positives (%)	
	2023	2025	2023	2025	2023	2025	2023	2025
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	426	449	10,5%	6,7%	196	134	10,3%	12,0%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	46	55	1,1%	0,8%	30	19	1,6%	1,7%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	192	195	4,7%	2,9%	72	30	3,8%	2,7%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	85	46	2,1%	0,7%	59	19	3,1%	1,7%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2347	5191	57,6%	77,7%	1118	763	58,7%	68,3%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	6	200	0,1%	3,0%	5	25	0,3%	2,2%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	/	135	/	2,0%	/	20	/	1,8%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>	974	406	23,9%	6,1%	424	107	22,3%	9,6%
Total	4076	6677	100 %	100 %	1904	1117	100 %	100 %

Sur les deux années étudiées, l'analyse montre que :

- La **Pipistrelle commune** domine largement l'activité avec 59 à 68% des « minutes positives » de chauves-souris.
- La **Paire Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius** arrive en seconde position avec 23 à 14% des minutes positives.
- La **Noctule commune** est la « sérotine » la plus présente avec 10 à 12% des minutes positives.
- La **Sérotine commune** représente une petite part des contacts en altitude avec 4 à 3% des « minutes positives ».
- La **Noctule de Leisler** représente moins de 2% des minutes positives ;

En 2023, le suivi a permis de comptabiliser 1 904 minutes positives. En 2025 l'activité a été moins importante avec 1 117 minutes positives sur la même période. Cette baisse de minutes positives est commune à toutes les espèces et à mettre en relation avec les variations annuelles.

2.1.3 Evaluation de l'activité en hauteur

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 2024. 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 au site d'étude et au type d'analyses réalisées, 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, ce qui permet 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 « Très faible », « Faible », « Moyenne », « Forte » ou « Très forte », l'analyse s'appuie sur les valeurs des percentiles à 2%, 25 %, 75 % et 98 % qui servent de valeurs seuil entre les niveaux d'activité (cf. Annexe III : Méthodes d'inventaires).

Afin de pouvoir comparer les données de 2023 et 2025, seules les données récoltées sur la même période ont été utilisées (22 juillet au 31 octobre).

Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit		Activité moyenne quand présence ou absence		Activité moyenne quand présence uniquement		Niveau d'activité quand présence ou absence		Niveau d'activité quand présence uniquement	
		2023	2025	2023	2025	2023	2025	2023	2025	2023	2025
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	102	30%	30%	1,9	1,3	6,2	4,3	Activité très forte	Activité très forte	Activité très forte	Activité très forte
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	102	11%	13%	0,3	0,2	2,7	1,5	Activité moyenne	Activité faible	Activité faible	Activité très faible
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	102	10%	11%	0,7	0,3	7,2	2,7	Activité très forte	Activité très forte	Activité très forte	Activité forte
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	102	18%	13%	0,6	0,2	3,3	1,5	Activité moyenne	Activité très faible	Activité moyenne	Activité très faible
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	102	53%	47%	11,0	7,5	20,7	15,9	Activité très forte	Activité très forte	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	102	5%	4%	0,0	0,2	1,0	6,3	Non applicable	Non applicable	Non applicable	Non applicable
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	102		1%		0,2		20,0	Non applicable	Non applicable	Non applicable	Non applicable
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	102	35%	24%	4,2	1,0	11,8	4,5	Activité très forte	Activité forte	Activité très forte	Activité moyenne

Légende :

- Nombre de nuits : Nombre de nuits d'enregistrement en altitude ;
- Occurrence par point-nuit = rapport du nombre de points-nuits où l'espèce a été contactée sur le nombre de points-nuits total d'enregistrement sur la saison ;
- Activité moyenne quand présence ou absence = Moyenne du nombre de minutes positives par point-nuit en prenant en compte les points-nuit 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-nuits où l'espèce est présente ;
- Niveau d'activité quand présence ou absence = Niveau d'activité issu 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. Tableau 4).

Sur l'ensemble des périodes suivies, deux espèces atteignent une activité très forte quelle que soit la méthode de calcul : la Noctule commune et la Pipistrelle commune.

La Sérotine commune obtient une activité forte à très forte, en effet en 2025 l'espèce passe de justesse dans les percentiles « très forte ». Néanmoins l'espèce n'est présente que dans 10% des nuits. La Noctule de Leisler peu présente sur ce secteur du département obtient une activité globalement faible. Le Groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius présente une activité forte en 2023 comme en 2025.

Il est à noter que la comparaison avec le référentiel d'activité pour la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius n'a pas été réalisée. Une part importante des contacts ne peut pas être déterminée à l'espèce. Les niveaux d'activité obtenus ne sont pas représentatifs.

2.1.4 Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur

Le graphique suivant présente l'activité journalière moyenne par heure. Il permet de mettre en évidence des pics d'activités très ponctuels.

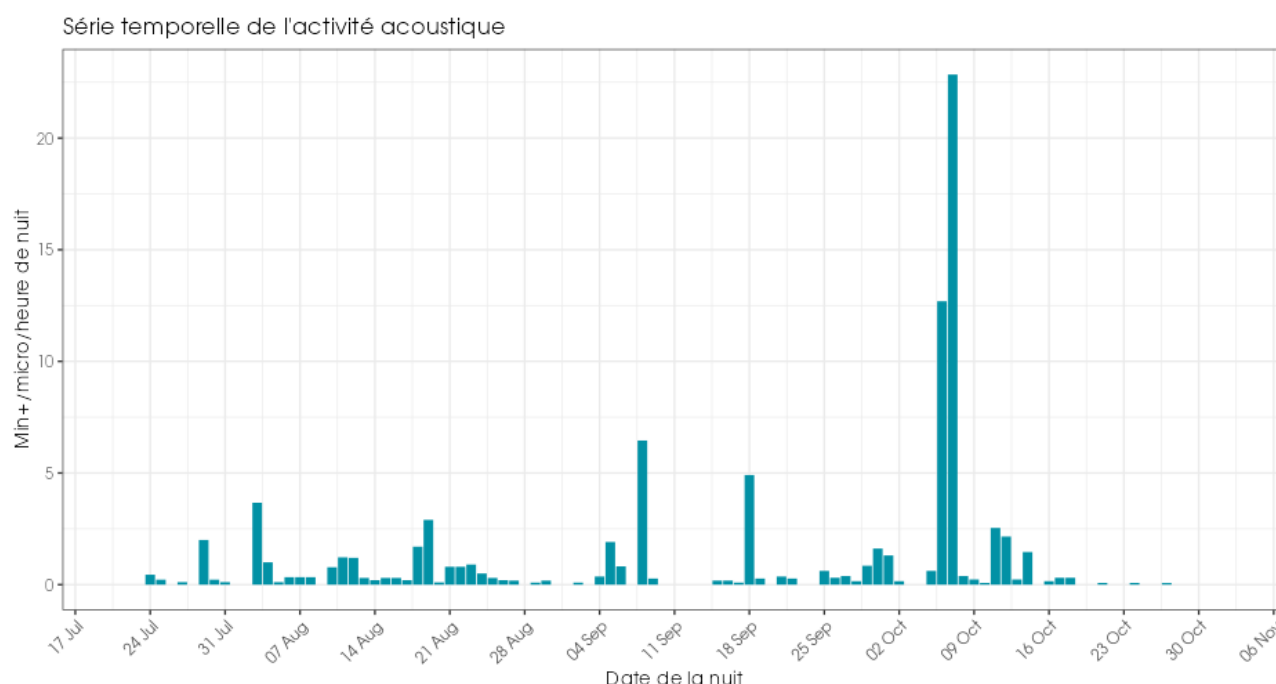


Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistrée en altitude (120 m) au niveau de l'éolienne E3 de fin juillet 2025 à octobre 2025

L'activité enregistrée à 120 m au niveau de l'éolienne E3 du parc de Monterfil montre d'importantes variations de l'activité des chauves-souris. Les pics d'activité les plus importants ont été observés les 6 et 7 octobre 2025 où une activité très importante de Pipistrelle commune a été enregistrée. En 2023 une activité importante avait été observée en septembre, l'absence de pic en septembre 2025 est probablement à mettre en relation avec des conditions météorologiques différentes.

2.1.4.1 Activité mensuelle

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours de la période de suivi. Tout comme en 2023 en juillet l'activité est plus faible que les mois suivants. Ensuite elle progresse en août mais l'activité enregistrée en septembre 2025 est largement inférieure à celle enregistrée en septembre 2023 (< à 0,75 min+/h de nuit en 2025 contre > 2,5 min+/h de nuit en 2023). Enfin en octobre l'activité est très proche entre les deux années.

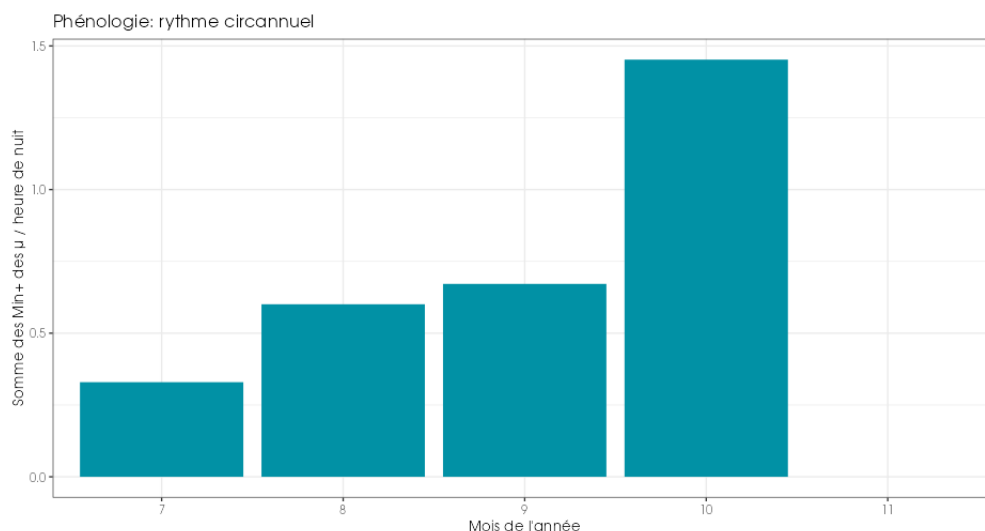


Figure 16 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (120 m) au niveau de l'éolienne E3 de fin juillet 2025 à octobre 2025

■ *Pipistrelle commune*

Pour rappel, la Pipistrelle commune domine l'activité avec 59 à 68 % du total des minutes positives obtenues et a une activité très forte.

En 2025 l'activité « très forte » se concentre en octobre, l'activité étant bien moins importante en juillet, août et septembre. En 2023 l'activité présentait des pics en juin puis août, septembre et octobre.

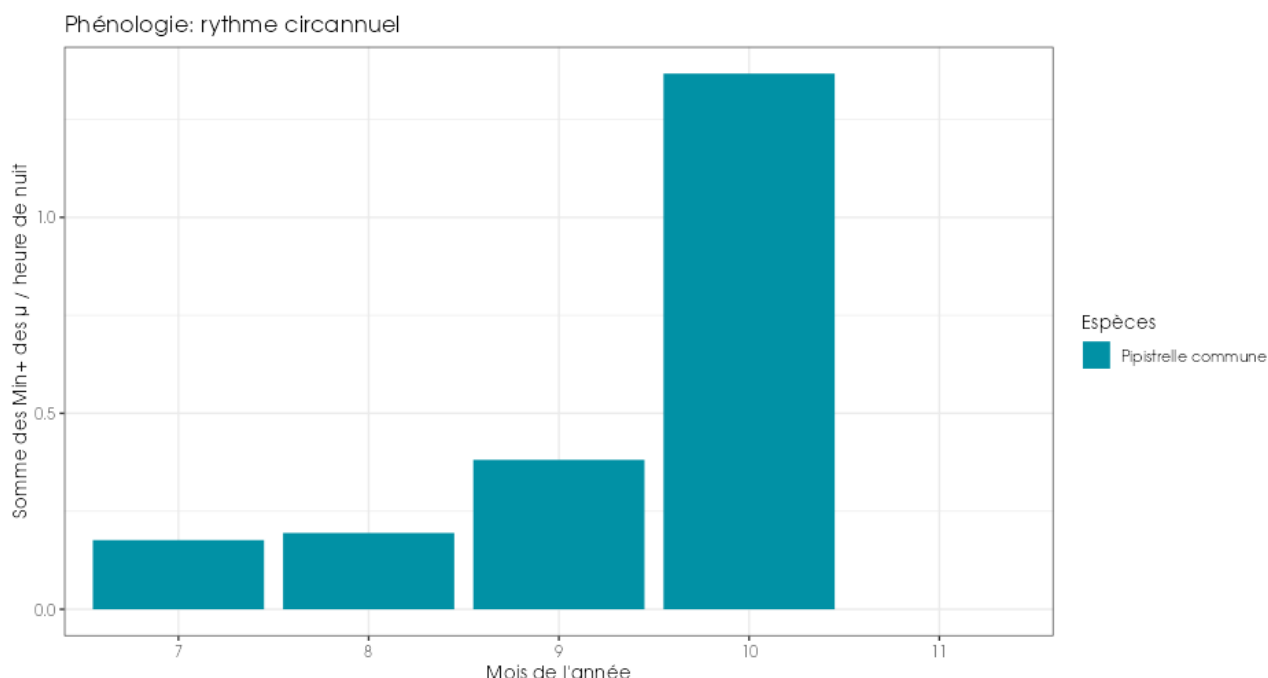


Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025.

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

Pour rappel, la paire *Pipistrelle de Kuhl*/*Nathusius* représente entre 23 et 14% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris avec une activité forte. Il est difficile de fournir des analyses détaillées de l'activité mesurée des espèces appartenant aux groupes des *Pipistrelles de Kuhl* / *Nathusius*.

En juillet 2023 comme en 2025 l'activité est faible ou nulle. Ensuite en août l'activité augmente, il s'agit probablement majoritairement de *Pipistrelle de Kuhl*. En septembre et octobre l'activité est nettement plus importante et les deux espèces sont présentes. Il s'agit notamment de la période de migration de la *Pipistrelle de Nathusius*.

Phénologie: rythme circannuel

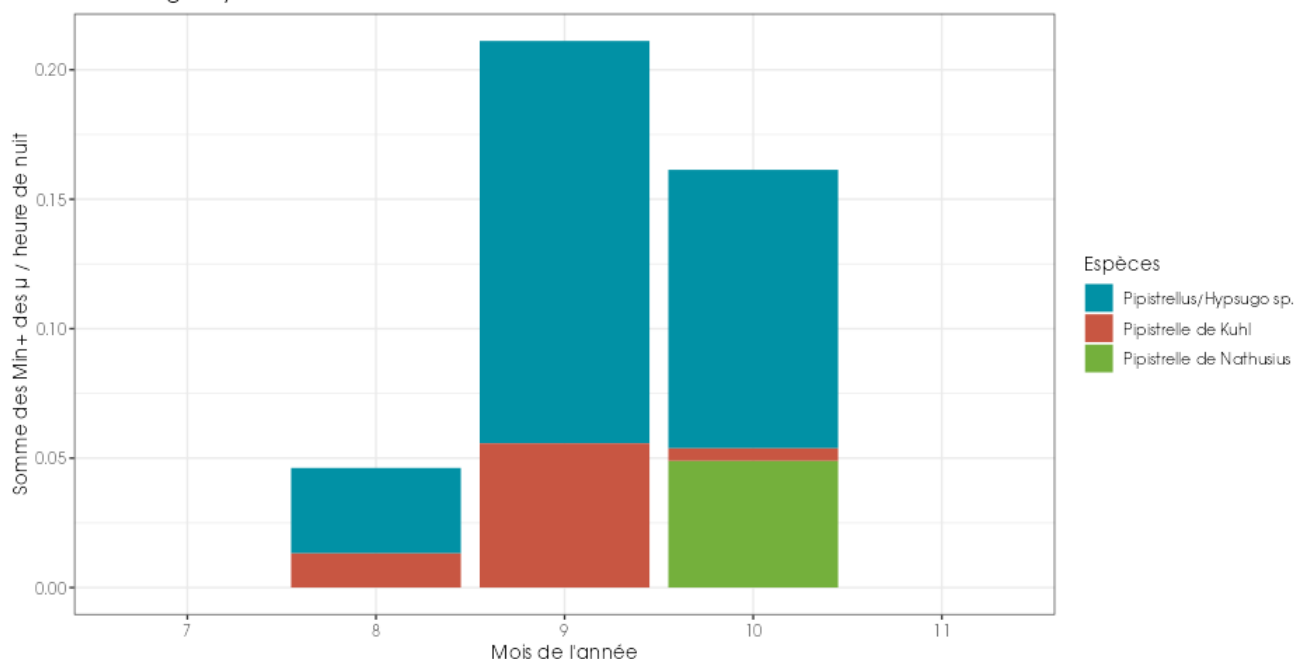


Figure 18 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour le groupe *Pipistrelle de Kuhl* / *Pipistrelle de Nathusius*, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025.

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

Pour rappel, la *Noctule commune* représente environ 10% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et une activité très forte. En 2023, comme en 2016, cette espèce de haut vol est principalement présente en période de migration (mi-août à mi-octobre). En 2025 on retrouve une activité similaire importante de fin juillet à septembre.

Pour rappel, la *Noctule de Leisler* représente moins de 2% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et une activité faible. Cette espèce de haut vol comme en 2016 et 2023 est présente en période de migration (mi-juillet à mi-octobre).

Pour rappel, la *Sérotine commune* représente environ 3 et 4 % du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris et une activité forte à très forte. Cette espèce a une propension moins importante à voler en altitude que les noctules (en 2016 seuls 16% de l'activité était au-dessus de la médiane de 50m). L'activité de l'espèce se concentrait en août en 2023 et se concentre en juillet-août en 2025.

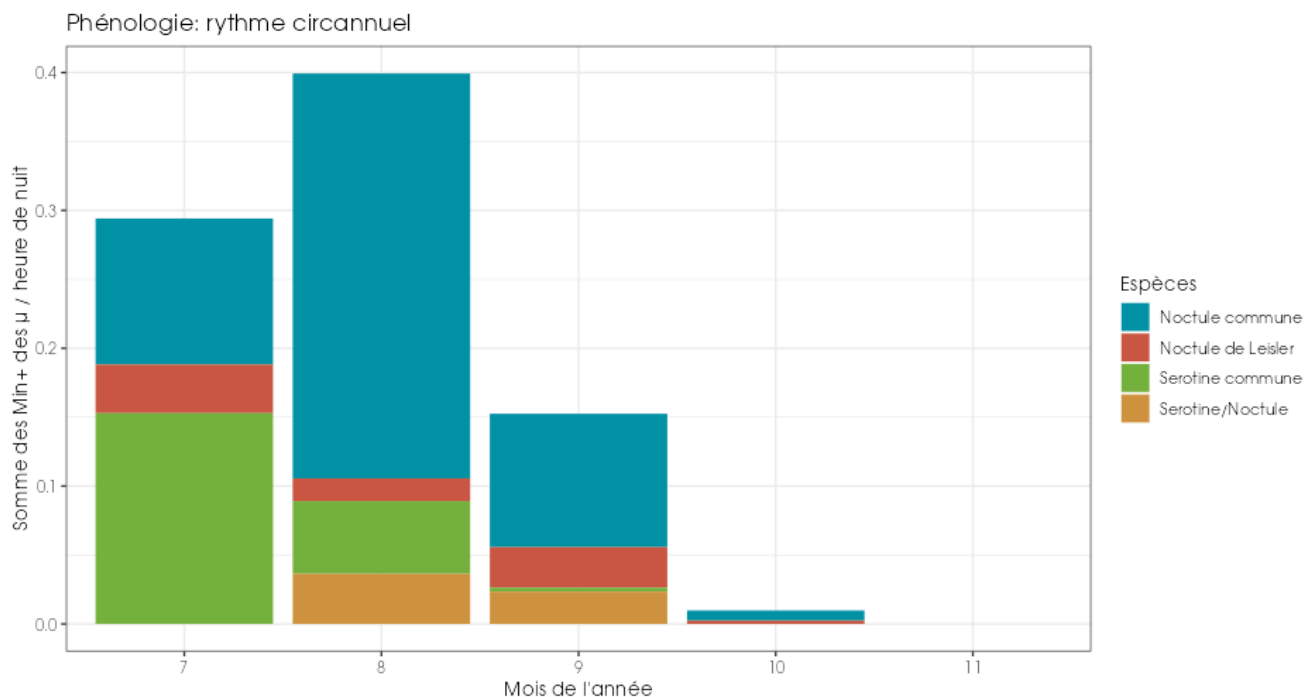


Figure 19 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour le groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025.

En 2025, l'activité de la Pipistrelle commune se concentre en octobre. Pour la paire Pipistrelles de Kuhl / Nathusius l'activité est nettement plus importante en septembre et octobre, il s'agit notamment de la période de migration de la Pipistrelle de Nathusius. Concernant les Noctule commune et Noctule de Leisler, on retrouve une activité marquée en période de migration.

2.1.4.2 Activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil

Pour l'ensemble des graphiques montrant l'activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil, la répartition des contacts est exprimée en heures relatives. Elle correspond au nombre d'heures écoulées depuis le dernier coucher du soleil.

L'activité des chauves-souris, toutes espèces confondues, est globalement plus importante en début de nuit. Le pic d'activité a lieu durant les deux premières heures et diminue ensuite très progressivement.

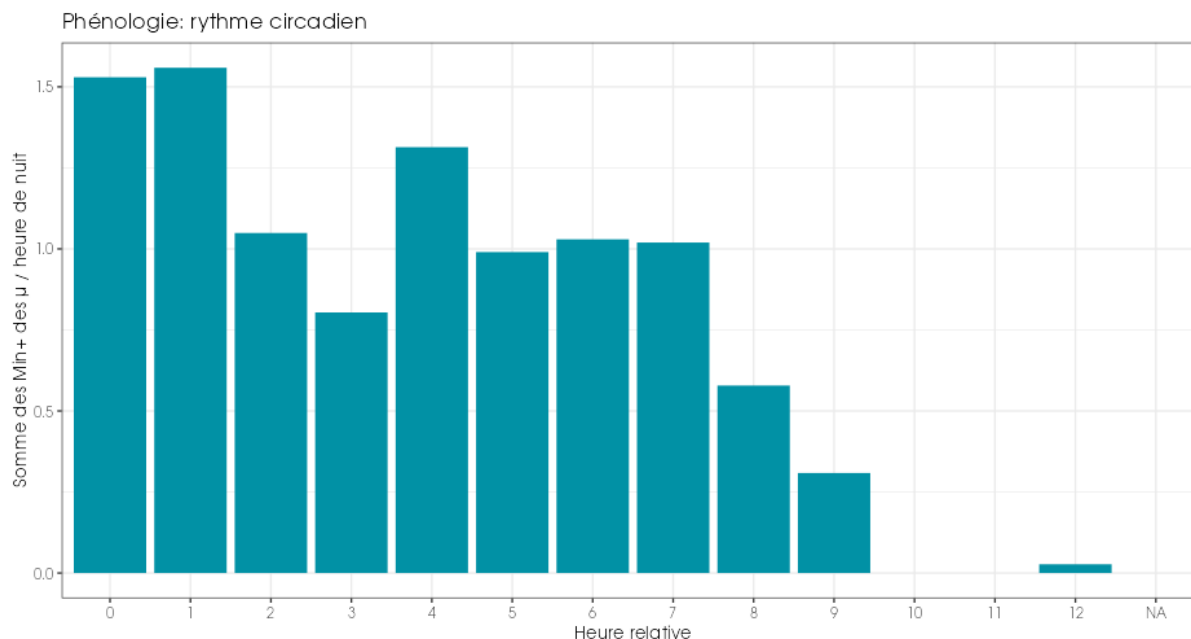


Figure 20 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (120 m), toutes espèces confondues, de fin juillet à octobre 2025

Le graphique suivant (actogramme) présente le détail de l'activité toutes espèces confondues. La zone en violet correspond à la nuit.

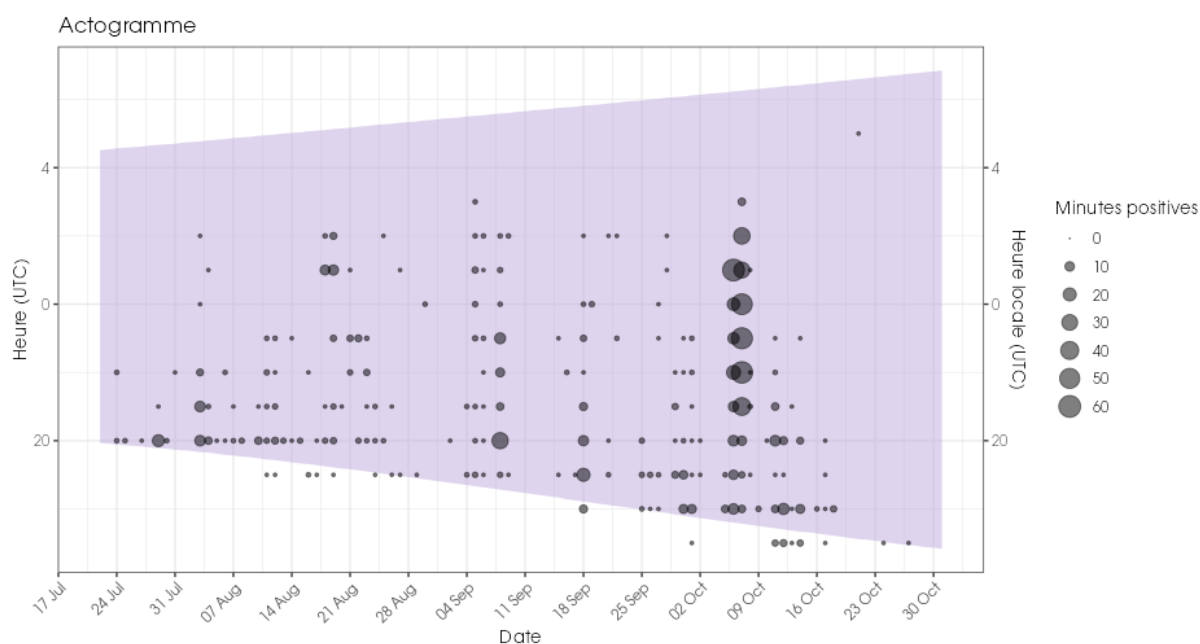


Figure 21 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (120 m)

Cette représentation graphique illustre que l'activité chiroptérologique est plus intensément marquée au début de la nuit. Néanmoins, elle ne disparaît pas au cours de la nuit, les chauves-souris restent actives tout au long de la nuit.

Notons enfin que 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.

Proportion d'activité en fonction de la durée après le coucher du soleil

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

Tableau 11 : Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil

Contacts en altitude	Durée après le coucher du soleil en-dessous de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	4h01	6h09	7h10	7h43	8h17	9h21
Période estivale (22 juillet - 14 août)	1h04	1h36	2h40	3h06	3h41	5h16
Période automnale (15 août – 31 octobre)	4h26	7h20	8h24	7h51	8h20	8h21

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

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée 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 7h43 qui suivent le coucher du soleil ;
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 6h09 qui suivent le coucher du soleil ;
- 50 % de l'activité en altitude a été obtenue entre le coucher du soleil et environ 4h01 après celui-ci.

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

Les chapitres suivants présentent les analyses des activités notées à hauteur de nacelle (120 m) 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 vitesse du vent et de la température par classe reste la minute positive (nombre de minutes au cours desquelles il y a eu au moins un enregistrement de chauves-souris).

Pour ces analyses la période étudiée correspond à celle couverte par le suivi mortalité soit à partir du 11 août 2025. Ce qui correspond à 82 nuits.

2.1.5.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 120 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend du 11 août au 31 octobre, les instruments de mesure installés sur l'éolienne E03 du parc de Monterfil ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vitesse de vent allant de 2 à 19 m/s.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistrée sur l'éolienne E03 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 120 m) et durant les 82 nuits.

Les résultats sont présentés sous la forme de deux graphiques différents montrant :

- La densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (fonction de densité – pdf) ;
- La répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (fonction de répartition – cdf), en considérant pour chaque classe les contacts obtenus pour une vitesse de vent inférieure ou égale à la valeur indiquée en abscisse.

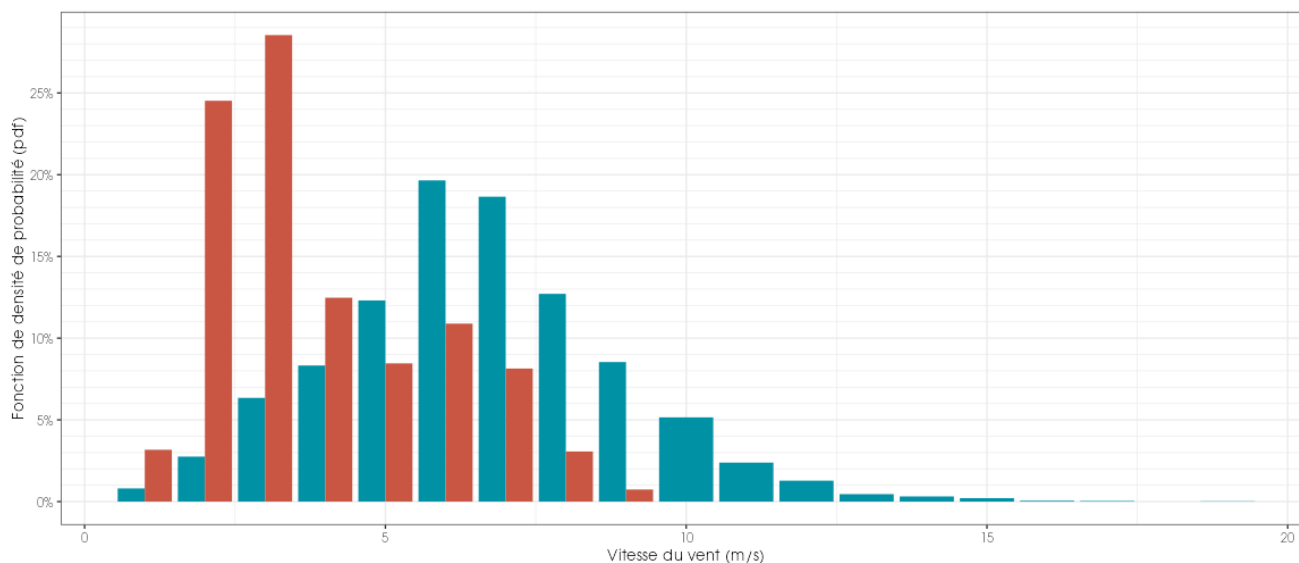


Figure 22 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil

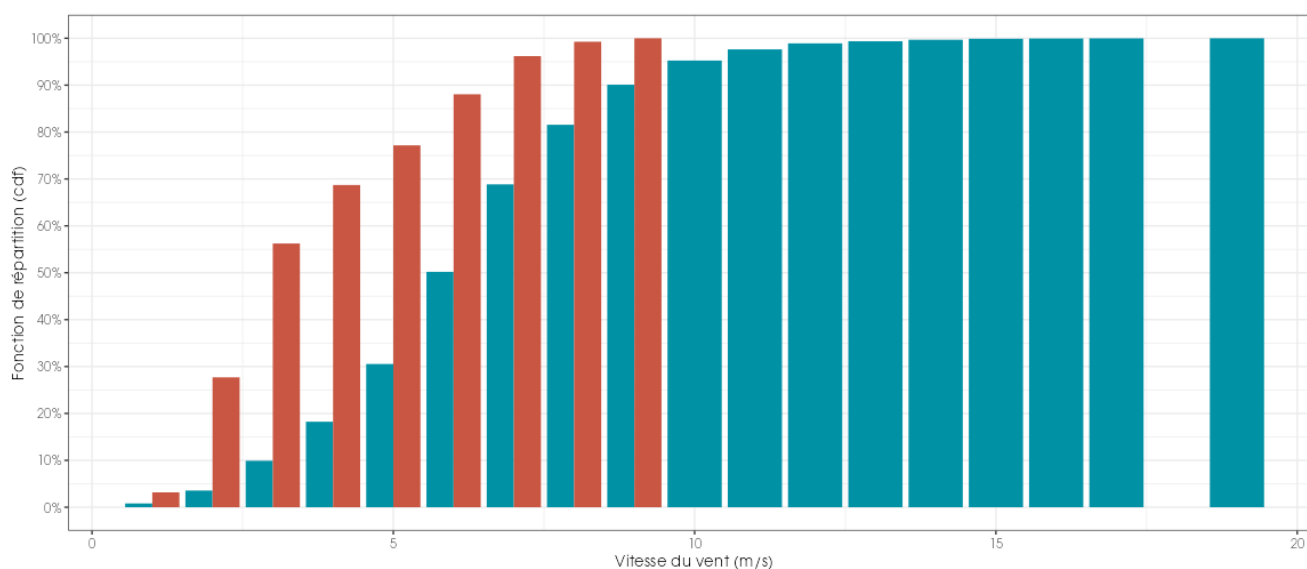


Figure 23 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 120 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la vitesse du vent diminue de façon significative sur le site à partir de 5 m/s ;
- Les chauves-souris utilisent les conditions disponibles jusqu'à 9 m/s.

Le tableau suivant liste les vitesses de vent en-dessous desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données en altitude.

Tableau 12 : Proportions des contacts obtenus en hauteur (120 m) en fonction de la vitesse du vent

Contacts en altitude	Vitesse de vent (en m/s à 120m) en-dessous de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	3,2 m/s	5 m/s	6,1 m/s	6,6 m/s	7,1 m/s	8,3 m/s
Période estivale (11 août au 14 août) *	4,3 m/s	6,3 m/s	6,9 m/s	7 m/s	7,2 m/s	7,6 m/s
Période automnale (15 août au 31 octobre)	3,1 m/s	5 m/s	6,1 m/s	6,6 m/s	7,1 m/s	8,3 m/s

*A titre indicatif uniquement, données non représentatives avec seulement 4 nuits (11 août - 14 août) et 29 minutes positives.

L'analyse de l'affinité permet de décrire le comportement de sélection des conditions environnementales par les chiroptères en s'affranchissant dans une large mesure des biais liés au hasard de l'échantillonnage des conditions disponibles. Une affinité égale à 1 indique qu'il n'y a pas de préférence significative. Une affinité inférieure à 1 indique que les chiroptères semblent éviter ces conditions (**en bleu** dans le graphique suivant). Une affinité supérieure à 1 indique que les chiroptères semblent préférer ces conditions météorologiques pour être actifs (**en rouge** dans le graphique suivant).

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

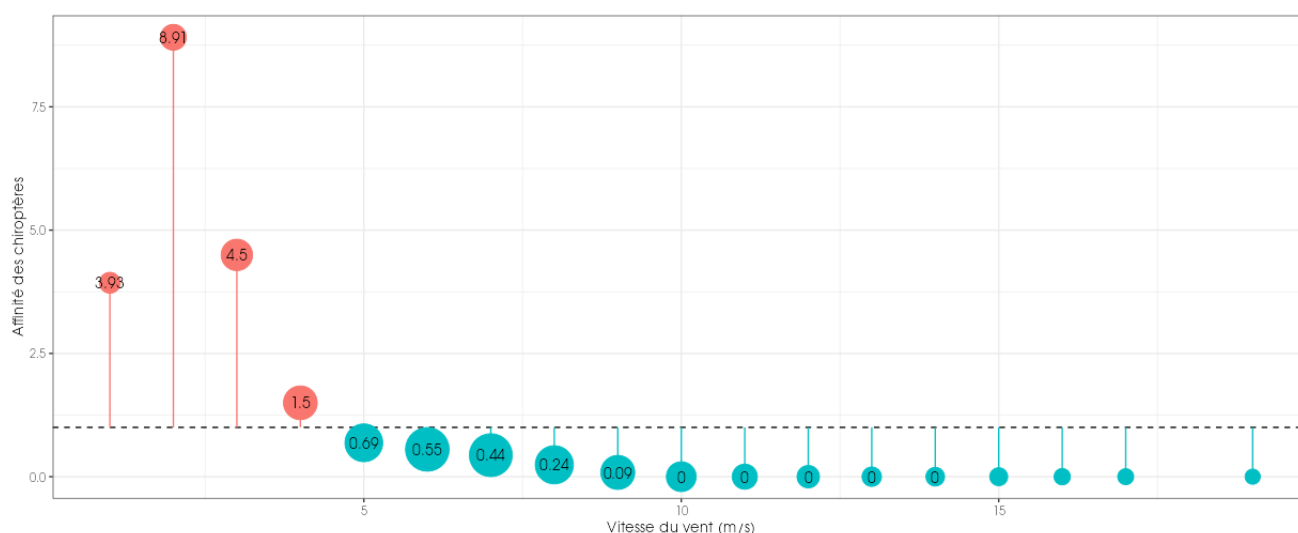


Figure 24 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 120 m), permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude (considérée à risque) a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 6,6 m/s ;
- 75% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures 5 m/s ;
- 50% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 3,2 m/s.

2.1.5.2 Activité en fonction de la température (°C) mesurée à 120 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend du 11 août au 31 octobre, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E03 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de 8 à 31°C.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la température (= **conditions disponibles**) obtenue en altitude (120 m) et durant les 82 étudiées.

Les résultats sont présentés sous la forme de deux graphiques différents montrant :

- La densité des contacts de chauves-souris par classe de température (fonction de densité – pdf) ;
- La répartition des contacts de chauves-souris par classe de température (fonction de répartition – cdf), en considérant pour chaque classe les contacts obtenus pour une température inférieure ou égale à la valeur indiquée en abscisse.

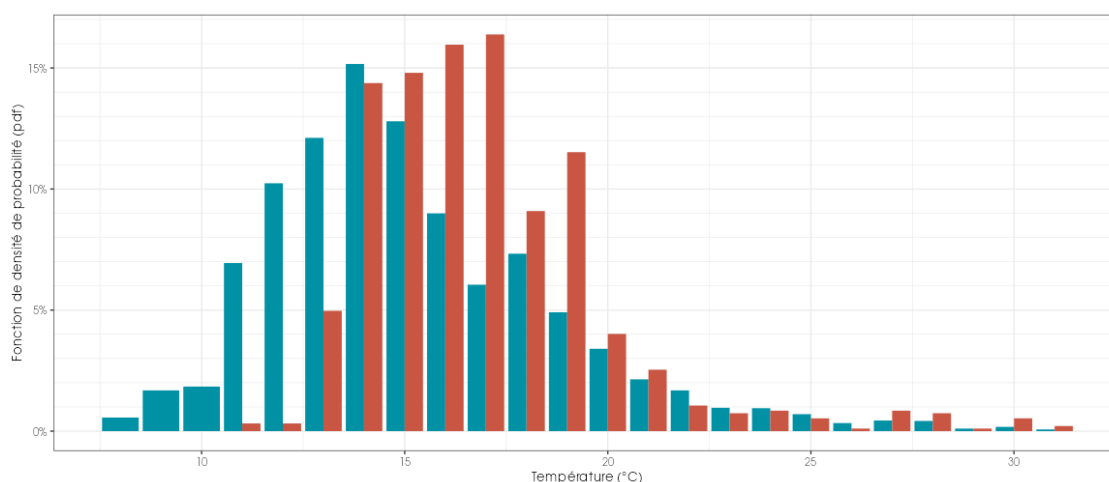


Figure 25 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil

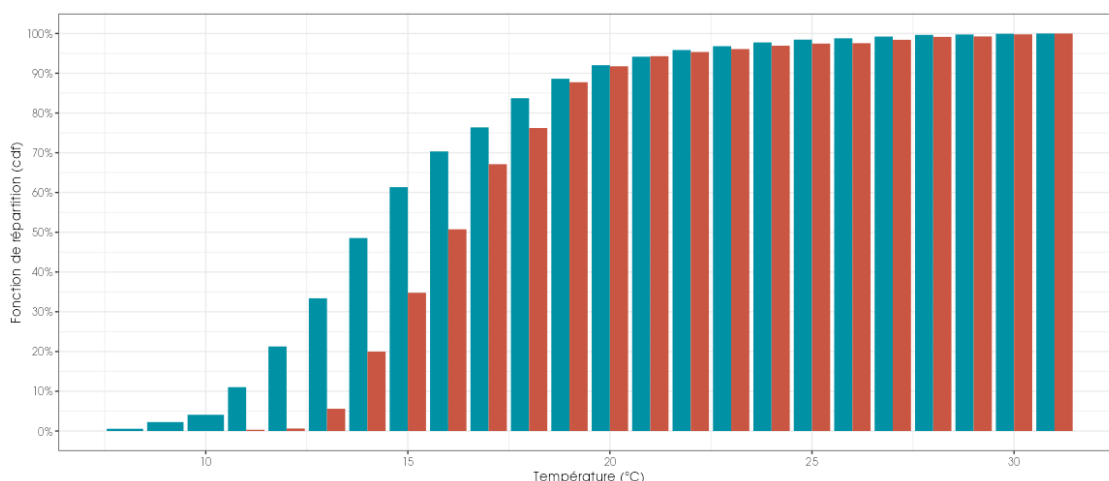


Figure 26 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 120 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la température est plus importante pour des tranches de température au-dessus de 14°C ;

Les chauves-souris utilisent globalement les conditions disponibles au-dessus de 12°C, avec quelques observations à des températures de 11°C et 12°C.

Le tableau suivant liste les températures au-dessus desquelles des proportions ciblées des contacts (toutes espèces confondues) ont été obtenues, pour l'ensemble des données en altitude.

Tableau 13 : Proportions des contacts obtenus en hauteur en fonction de la température

Contacts en altitude	Température (en °C à 120 m) au-dessus de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	16,5°C	15,2°C	14,2°C	14°C	13,5°C	13°C

Contacts en altitude	Température (en °C à 120 m) au-dessus de laquelle les pourcentages ciblés de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Période estivale (11 août au 14 août) *	24,4°C	22,5°C	21,4°C	20,4°C	19,3°C	18,6°C
Période automnale (15 août au 31 octobre)	16,4°C	15,2°C	14,2°C	14°C	13,3°C	13°C

*A titre indicatif uniquement, données non représentatives avec seulement 4 nuits (11 août - 14 août) et 29 minutes positives.

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

Dans le cadre de l'étude, l'analyse des résultats montre une nette préférence des chauves-souris pour des températures nocturnes supérieures à 14°C.

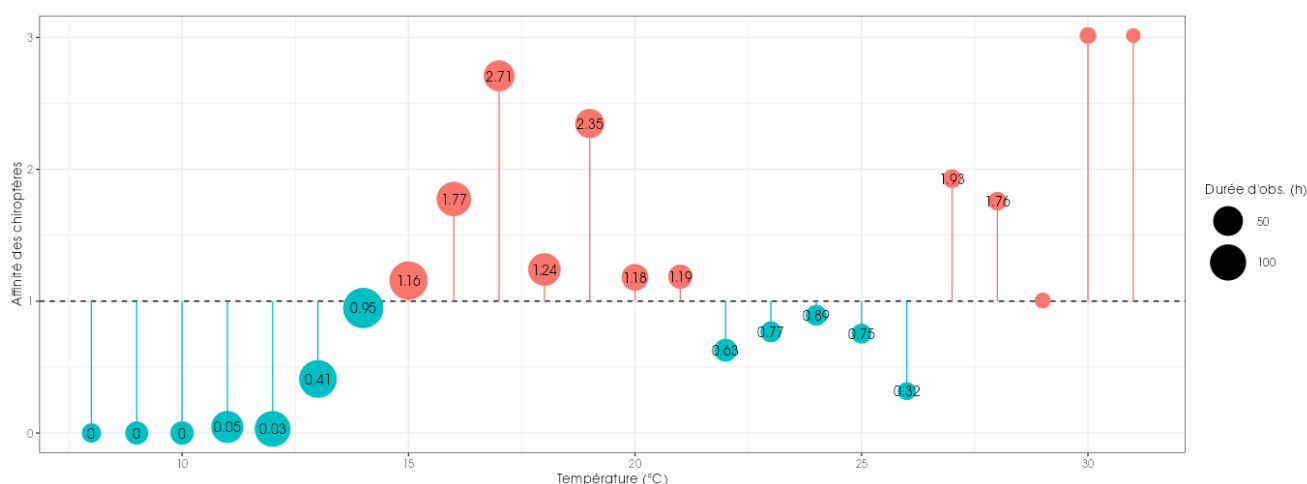


Figure 27 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (120 m)

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 80 m), permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude (considérée à risque) a été enregistrée à des températures supérieures à 14°C ;
- 75% de l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 15,2°C ;
- 50% l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 16,5°C.

2.1.5.3 Combinaison des facteurs température et vitesse de vent

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

Le graphique suivant représente l'affinité bidimensionnelle, à la fois pour la vitesse du vent et la température. 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. Les conditions qui figurent en bleu sont donc celles sélectionnées par les chauves-souris.

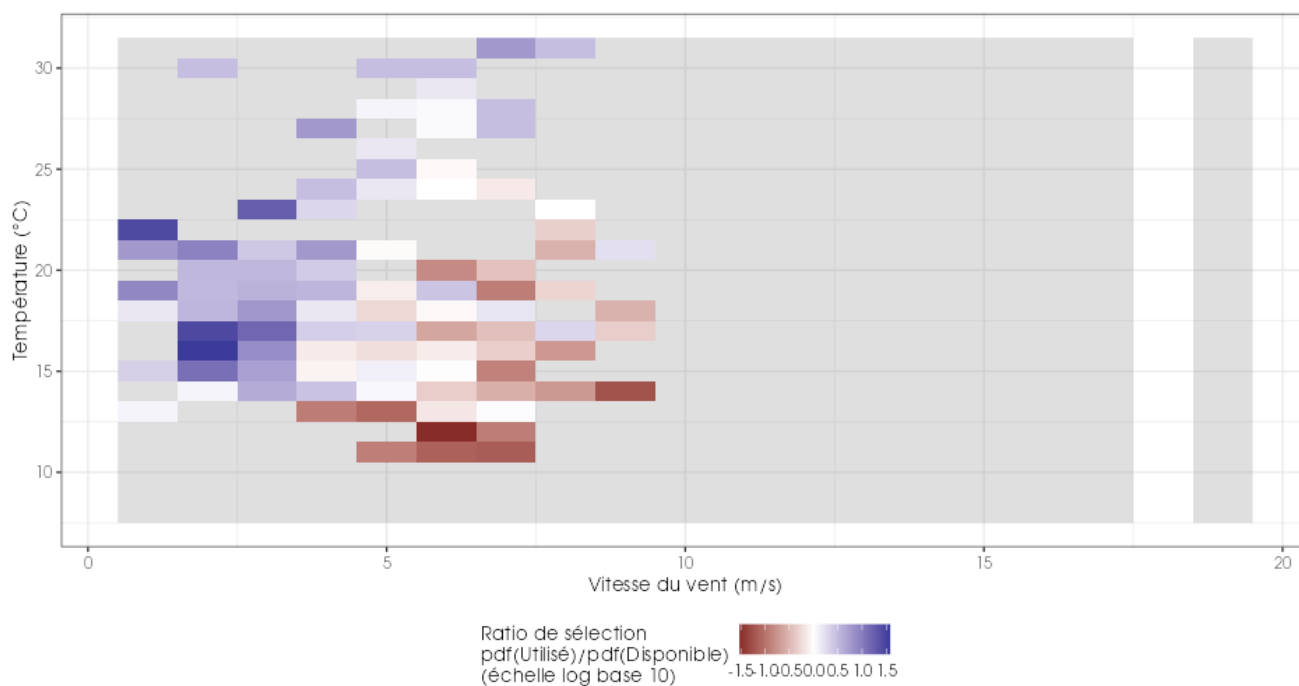


Figure 28 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 120 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

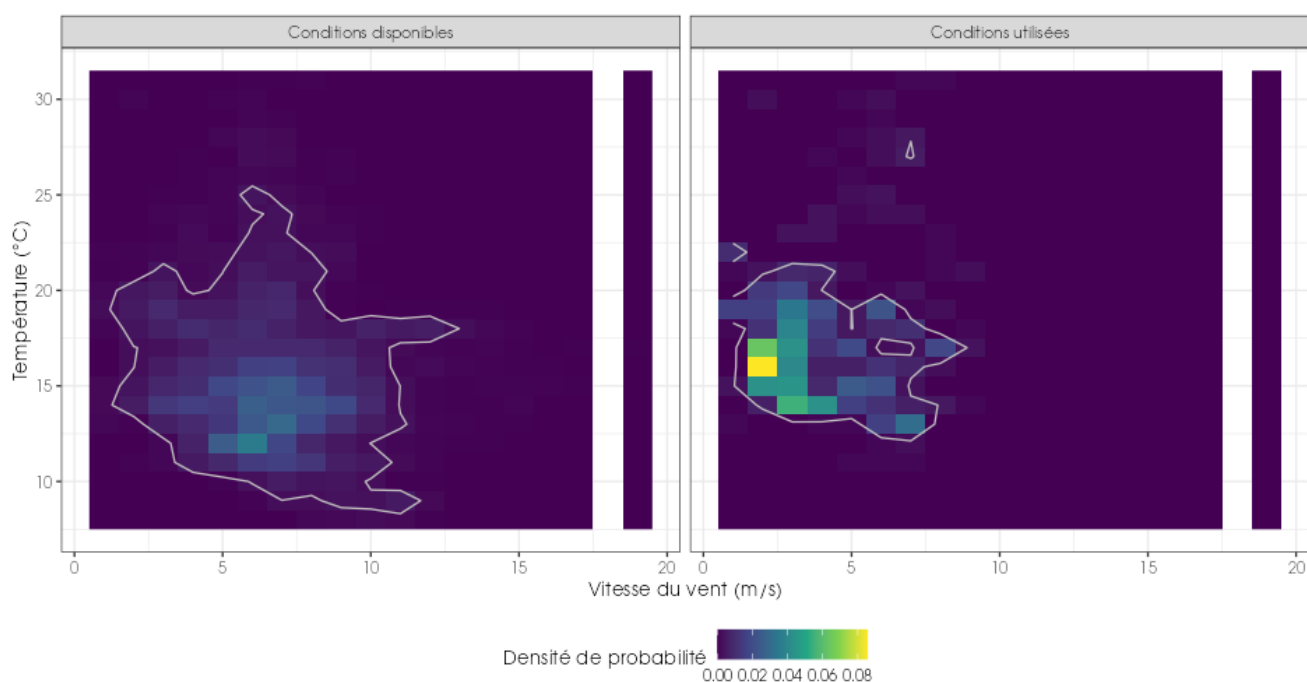


Figure 29 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc de Monterfil et de l'activité des chiroptères enregistrée, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris est majoritaire dans une gamme de températures comprises entre 14 et 22°C et des vitesses de vent comprises entre 0 et 7 m/s.

Il convient de noter que pour des conditions de vent de 6 m/s, les chauves-souris sélectionnent des températures enregistrées plus importantes (au-dessus de 25°C). Elles sélectionnent plus facilement des températures plus faibles lorsque les vitesses de vent sont plus faibles.

2.1.6 Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur

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

Un dispositif d'enregistrement automatique (SMART) équipé d'un micro a été placé à 120 m au sein de la nacelle de l'éolienne E3 du parc éolien de Monterfil en Ille-et-Vilaine (35), en 2025. Il a permis d'enregistrer l'activité des chauves-souris du 22 juillet 2025 au 31 octobre 2025, soit durant 102 nuits.

Les enregistrements ont permis l'identification de 6 espèces. Il s'agit d'une diversité faible pour le département d'Ille-et-Vilaine, mais sous-estimée en l'absence de microphone positionné à proximité du sol. Il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en altitude.

Sur la période d'enregistrement de l'activité des chauves-souris, l'activité en altitude observée durant cette période automnale peut être considérée comme **très forte** au regard du référentiel Actichiro Altitude.

Le suivi en altitude montre que **sur l'ensemble des périodes suivies (2023 et 2025), deux espèces atteignent une activité très forte quelle que soit la méthode de calcul : la Pipistrelle commune (espèce la plus abondante) et la Noctule commune.**

L'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit cependant les 6 et 7 octobre 2025 une activité très importante de Pipistrelle commune a été enregistrée toute la nuit.

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

- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures à 6,6 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des températures supérieures à 14 °C.

2.2 Résultats du suivi de mortalité

2.2.1 Résultats bruts

2.2.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

1 cadavre de chiroptère a été trouvé au sein du parc éolien de Monterfil, l'espèce est une **Pipistrelle commune**, trouvée le 12/08/2025, au cours du premier passage. Aucun oiseau n'a été trouvé durant le suivi.

L'individu découvert est mort par barotraumatisme, soit 100% des individus dont la mort est imputable aux éoliennes.



Figure 30 : Photographie de la Pipistrelle commune découverte.
© Biotope

2.2.1.1 Suivi par éolienne

Sur les 3 éoliennes, seulement E1 présente un cas de mortalité pour les chiroptères. Concernant l'avifaune, aucun cadavre n'a été découvert.

2.2.1.2 Répartition spatiale des observations

Le cadavre de chiroptère a été découvert à 50m au Nord du mât de l'éolienne.

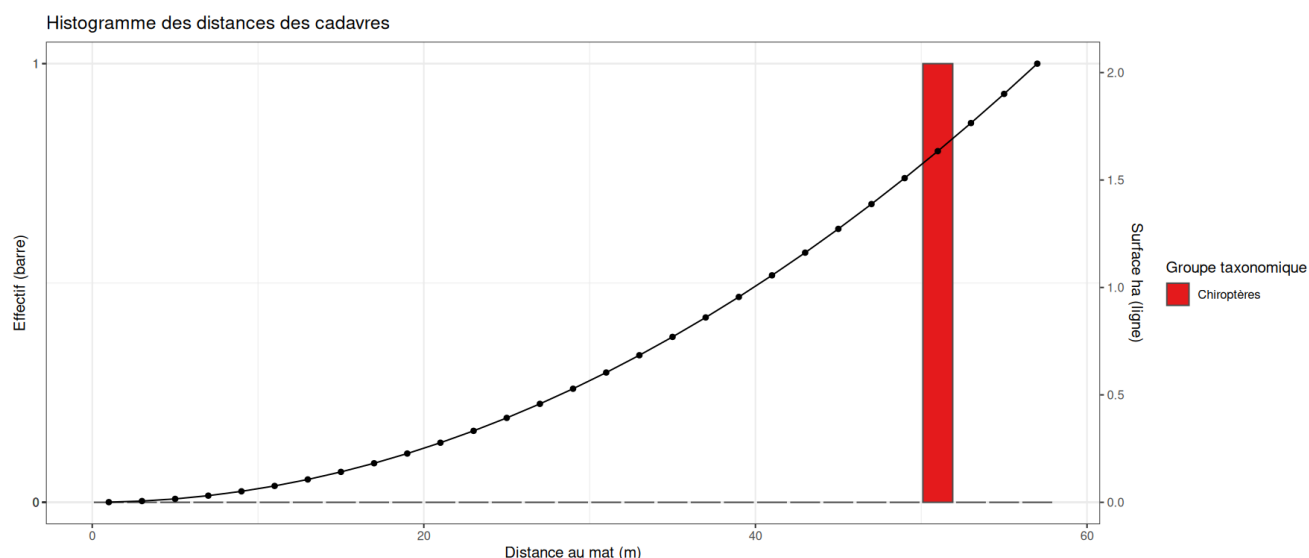


Figure 31 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Monterfil. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

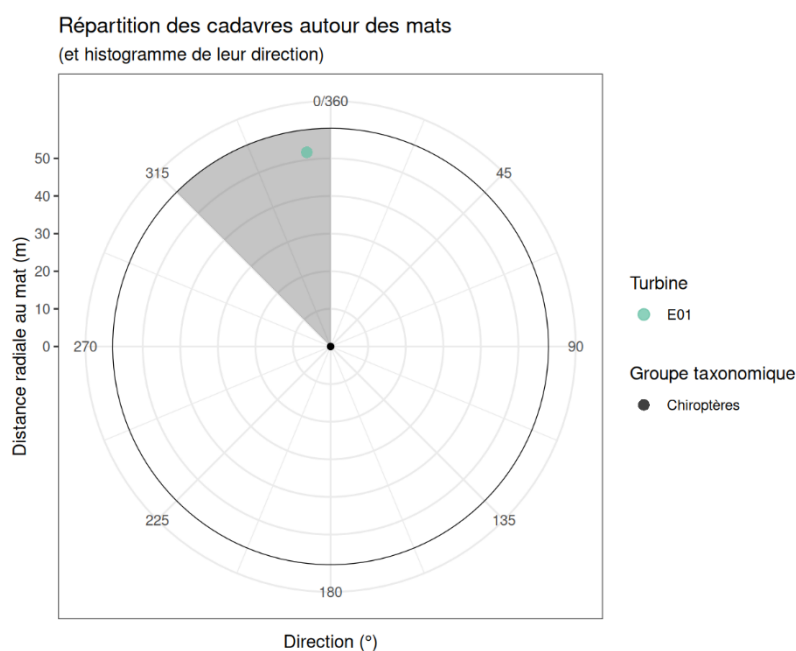


Figure 32 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.

2.2.1.1 Description des oiseaux retrouvés

Aucun oiseau n'a été retrouvé lors du suivi.

2.2.1.2 Description des chauves-souris retrouvées

1 individu a été retrouvé mort sur le parc de Monterfil : la **Pipistrelle commune**.

La Pipistrelle commune est une espèce assez sédentaire. Elle s'éloigne ainsi peu de ses domaines vitaux. L'individu touché est donc probablement issu d'une colonie locale, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

Référentiel mortalité brute Biotope

On constate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquemment observée en France. En effet, sur les 13 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle comptabilise quasiment 50% des découvertes de notre référentiel de mortalité brute.

Référentiel mortalité brute Dürr

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 26 février 2025) sur les cadavres de chauves-souris relate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquemment observée en Europe, ainsi qu'en France métropolitaine.

Tableau 14 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 26/02/2025) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2025) pour des chiroptères impactés par les parcs éoliens en Europe et en France métropolitaine.
Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Espèce/ Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	CH	D	ES	PT	Rang Monterfil
Pipistrelle commune	1 (3643)	1 (2133)	1 (411)	4 (2)	1 (30)	1 (6)	3 (820)	1 (211)	1 (323)	1 (1)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, D = Allemagne, ES = Espagne, FR = France, PT = Portugal

Les bases de données observationnelles de Biotope et Tobias Dürr permettent des comparaisons mais présentent des limites car elles ne prennent pas en compte l'effort de prospection et ne reflètent pas la mortalité réelle. Concernant la base de données de Tobias Dürr, les données sont partielles et proviennent d'une faible proportion de parcs français et restent donc non exhaustives. Cependant cette base européenne est une des plus détaillée à ce jour en Europe et est complétée à l'échelle métropolitaine par le référentiel de mortalité brute réalisé par Biotope.

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2017, on constate que parmi le groupe des pipistrelles, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius avaient été observées. En revanche, les autres espèces de chiroptères n'ont pas été observées lors du suivi de mortalité.

La plupart des chauves-souris effectue des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres.

La Pipistrelle commune fait partie des espèces les plus impactées par les parcs éoliens en fonctionnement (en Europe : Gaultier et al., 2020). Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (Arthur & Lemaire, 2015).

2.2.1.2.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 15 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation de l'espèce de chauves-souris retrouvée sur le parc de Monterfil à l'échelle de la France et de l'Europe. La Pipistrelle commune est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne.

Tableau 15 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Monterfil

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bretagne (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC

Légende :

Protection nationale Arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (modif. Arrêté du 15 septembre 2012) : Article 2 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Habitats : L'annexe IV de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », liste les espèces animales et végétales d'intérêt européen qui nécessitent une protection stricte sur le territoire des états membres de l'Union européenne.

Listes rouges Europe, France et Bretagne

- Liste rouge européenne des espèces menacées (UICN, 2012)
- Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (UICN France & MNHN, 2017)
- GIP Bretagne Environnement (2015). Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Reptiles et batraciens de Bretagne LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable

2.2.2 Analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, plusieurs formules ont été utilisées pour estimer la mortalité du parc éolien. Comme recommandé dans le protocole national, il s'agit des formules de Huso (2010), Erickson et al. (2000) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Les tableaux suivants détaillent les différents résultats des différentes étapes de calcul nécessaires aux estimations de mortalité.

2.2.2.1 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées n'ont pas évolué (cf. Tableau 16, Figure 33 et Figure 34). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres (Domínguez del Valle et al., 2020). Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la seule contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospecter.

L'ensemble de ces événements a été intégré dans les modalités de calcul par 1) le coefficient correcteur de surface et 2) le coefficient d'efficacité de recherche.

Tableau 16 : Bilan de l'occupation du sol pour les trois éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (10 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables.

Milieux	E01	E02	E03	Total
Boisement	2,4%	34,1%	31,9%	22,8%
Chaume	21,0%	-	-	7,0%
Friche	5,8%	37,9%	51,8%	31,8%
Maïs	48,9%	-	-	16,3%
Plateforme	21,7%	15,5%	16,3%	17,8%
Terrassement	-	12,4%	-	4,1%
Transformateur	0,3%	-	-	0,1%
Total	100%	100%	100%	100%

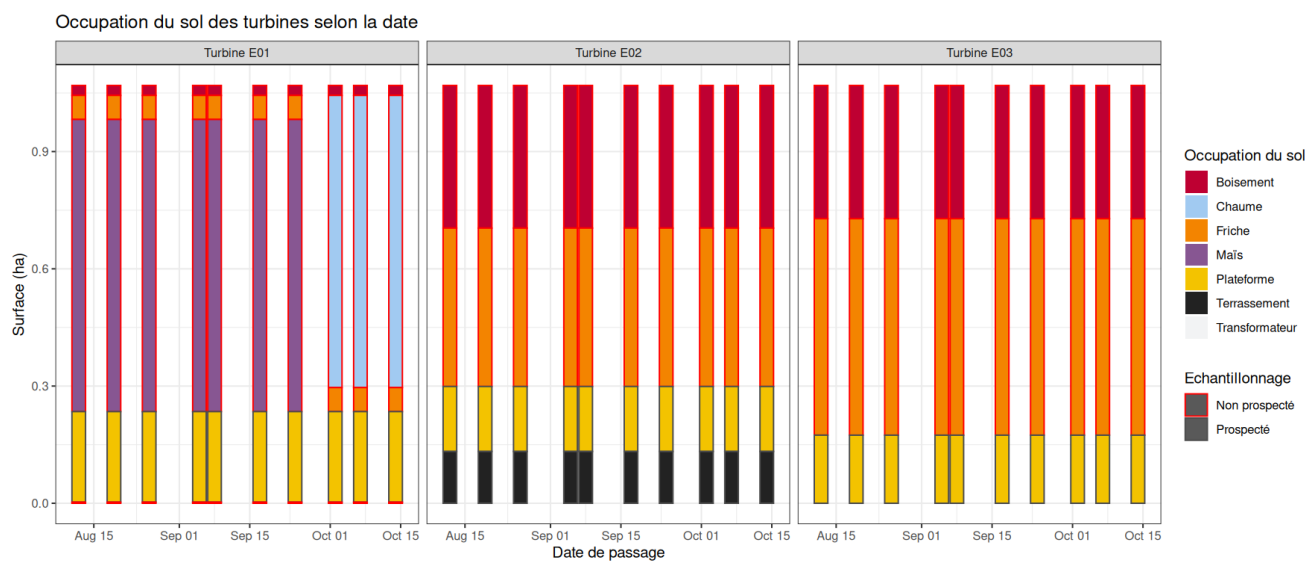


Figure 33 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi.

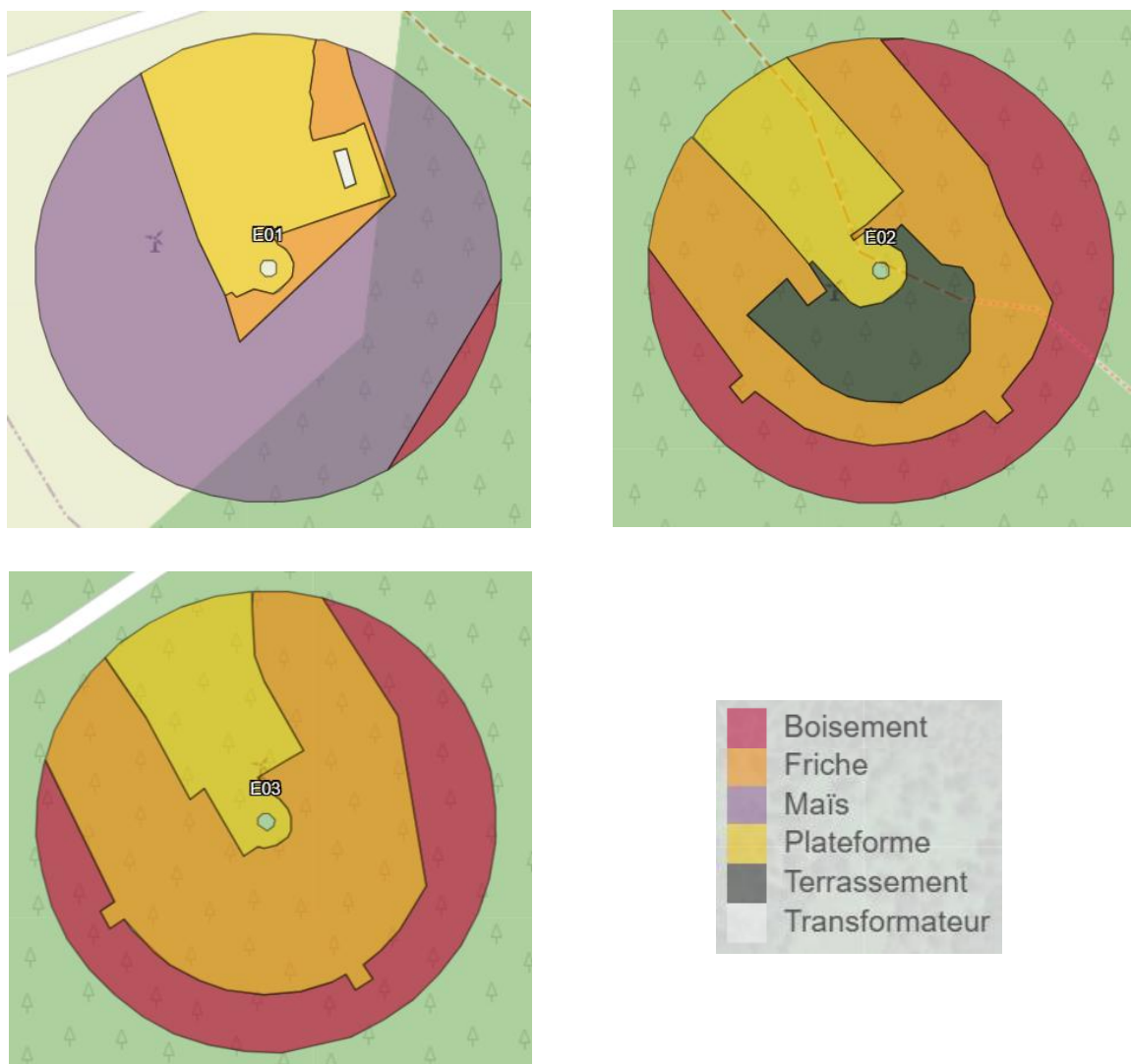


Figure 34 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03 (de gauche à droite et de haut en bas) le 12 août 2025 (premier passage).

2.2.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

Du fait principalement de la présence de végétation, une partie des surfaces n'ont pas pu être prospectées tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est identique pour tous les passages, et peu différent pour chaque éolienne.

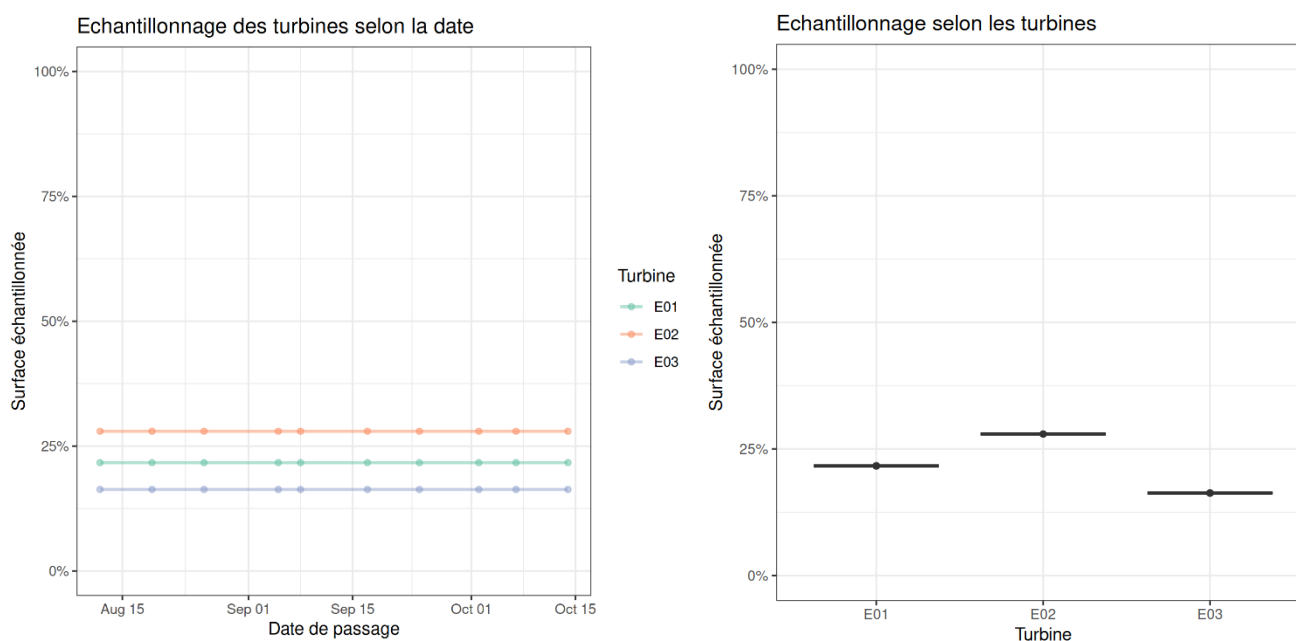


Figure 35 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2.2.2.3 Résultats des tests et calcul des coefficients correcteurs

2.2.2.3.1. Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 17). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens sont très faibles (allant de 0,16 à 0,28). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 17 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 10 passages.

	E01	E02	E03
Quantile 2.5%	0,22	0,28	0,16
Premier quartile	0,22	0,28	0,16
Moyenne	0,22	0,28	0,16
Moyenne pondérée	0,22	0,28	0,16
Médiane	0,22	0,28	0,16
Troisième quartile	0,22	0,28	0,16
Quantile 97.5%	0,22	0,28	0,16

2.2.2.3.1. Coefficient de persistance (s)

À la suite du test de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.88) : « **Persistance ~ TurbID** » en utilisant une famille de distribution « weibull ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les différentes éoliennes.

Durées de persistance moyennes et médianes des cadavres

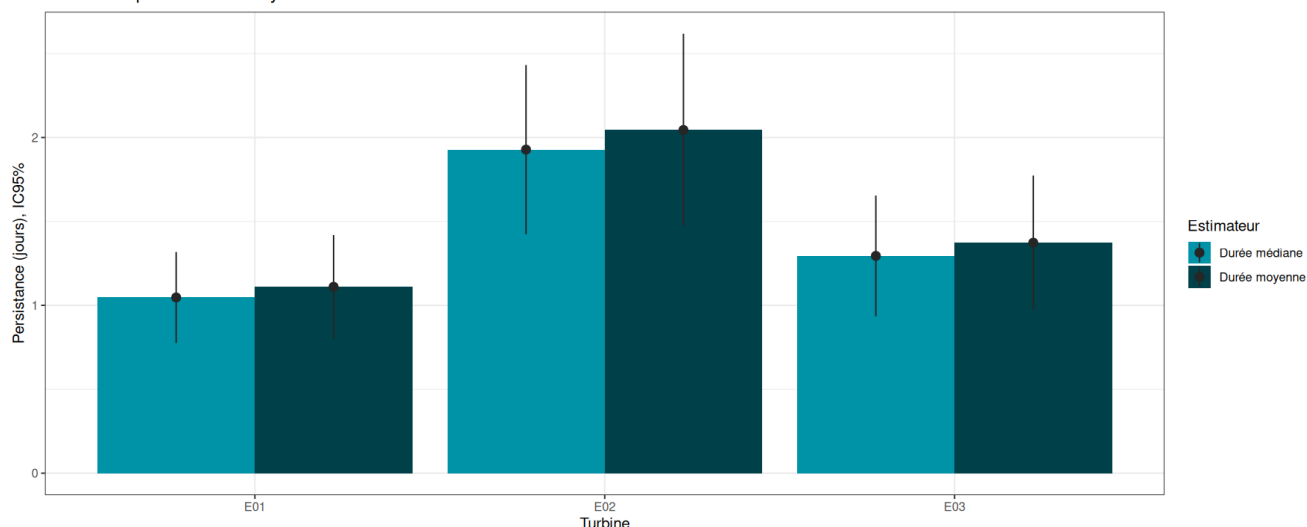


Figure 36 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de persistance.

Nous pouvons observer une légère différence des durées de persistance entre les éoliennes. Les éoliennes ont une durée de persistance faible entre 1 à 2 jours, c'est-à-dire qu'un cadavre disparaît en moyenne après 1 à 2 jours. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la persistance est bonne avec une incertitude faible (Tableau 18 ; Figure 36).

Tableau 18 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour le test de persistance pour chacune des trois éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

Résultats des tests de persistances	E01	E02	E03
Persistance moyenne (en jours)	1,1	2,0	1,4
Intervalle de confiance à 95%	[0,8 ; 1,42]	[1,47 ; 2,62]	[0,97 ; 1,77]

2.2.2.3.2. Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite du test d'efficacité de recherche et au vu de la bonne efficacité de recherche de l'observateur, quel que soit l'occupation du sol et de la hauteur de végétation, le modèle le plus intéressant semble être « **Trouve ~ 1** » (AICw = 0,19). Ce modèle ne comprend aucune variabilité de la détection des leurres. (Tableau 19).

Tableau 19 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations).

	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Observateur	1 [0 ;1]	1 [1 ;1]	Estimation

Les taux d'efficacité prédits et observés sont très élevés pour l'observateur pour le test réalisé. En effet, sur tous les leurres posés, l'observateur en a trouvé 100%.

2.2.2.4 Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de mortalité ont été réalisés strictement à partir des cadavres trouvés et pour lesquels l'origine de la mort est imputable de façon certaine aux éoliennes. Par ailleurs, seules les observations réalisées à partir du 2^{ème} passage ont été prises en compte (un cadavre de Pipistrelle commune avait été découvert lors du premier passage le 12 août 2025 au niveau de l'éolienne E01). En effet, les observations faites au 1^{er} passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1^{er} passage permet d'établir un état zéro afin de garantir que toute nouvelle découverte de cadavre s'est bien produite dans l'intervalle précédent chaque passage.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible (entre 0.1 et 0.3 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est très faible également (entre 16% et 28% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.02 à 0.08, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 11.90 à 45.45.

En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 12 et 45 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).

L'éolienne E03 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, E02 a les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui restent très faibles. E01 est intermédiaire.

Tableau 20 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation.

	E01	E02	E03
Huso (2010)	0,17	0,3	0,21
Erickson et al. (2000)	0,17	0,3	0,21
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,1	0,25	0,14
Coefficient correcteur de surface a			
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,22	0,28	0,16
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$			
Huso (2010)	0,04	0,08	0,03
Erickson et al. (2000)	0,04	0,08	0,03
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,02	0,07	0,02

2.2.2.4.1. Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Méthode de modélisation « no-pooling »

Dans ce modèle les mortalités au niveau de chaque turbine sont indépendantes. On fait l'hypothèse qu'il n'y a aucune similarité entre les turbines suivies. Cette hypothèse rend les estimations précautionneuses mais la mortalité d'une éolienne ne peut s'appuyer que sur les données de l'éolienne considérée. Il y a donc des incertitudes plus importantes par rapport aux autres modèles (partial pooling¹ par exemple). Cette approche implique aussi que la mortalité au niveau d'une éolienne peut être considérée comme très forte, même si aucun cadavre n'a été observé ailleurs dans le parc. Réciproquement, la mortalité peut être considérée très faible sur une turbine (si aucun cadavre observé et conditions d'observation appropriées) même si de nombreux cadavres ont pu être observés partout ailleurs dans le parc. Les avantages de cette méthode sont principalement la rétrocompatibilité et la simplicité d'utilisation.

- **Éoliennes E01 et E03**

L'éolienne E01 et E03 sont celles qui présentent les estimations avec les plus fortes incertitudes. La borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% est entre 78 et 129 oiseaux pour E1, et entre 84 et 124 oiseaux pour E3 (Tableau 21).

Tableau 21 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Monterfil sur la période du suivi.

Estimateurs	E01	E02	E03	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	0	0	0
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 80]	0 [0 ; 35]	0 [0 ; 87]	43 [6 ; 148]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 78]	0 [0 ; 35]	0 [0 ; 84]	42 [5 ; 141]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 129]	0 [0 ; 42]	2 [0 ; 124]	57 [7 ; 215]

- **Ensemble du parc**

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 42 à 57 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 5 à 7 individus et la borne supérieure entre 141 à 215 individus pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante. D'après l'estimateur d'Huso, l'intervalle de confiance à 95% pour la vraie valeur de mortalité s'étend de 6 à 148 cadavres. Cela signifie qu'il y a 95% de probabilité que la vraie valeur se situe dans cet intervalle, sous les hypothèses du modèle.

Les éoliennes présentent une estimation probable de mortalité égale à 0 pour l'avifaune, sauf E03 avec l'estimateur Korner-Nievergelt et al. qui a une estimation probable de mortalité égale à 2. Cela s'explique par le fait qu'aucun cadavre n'a été découvert durant le suivi. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres.

¹ La modélisation selon l'hypothèse du « partial pooling » nécessite notamment que le parc soit composé de 5 éoliennes minimum et n'a donc pas pu être utilisée ici.

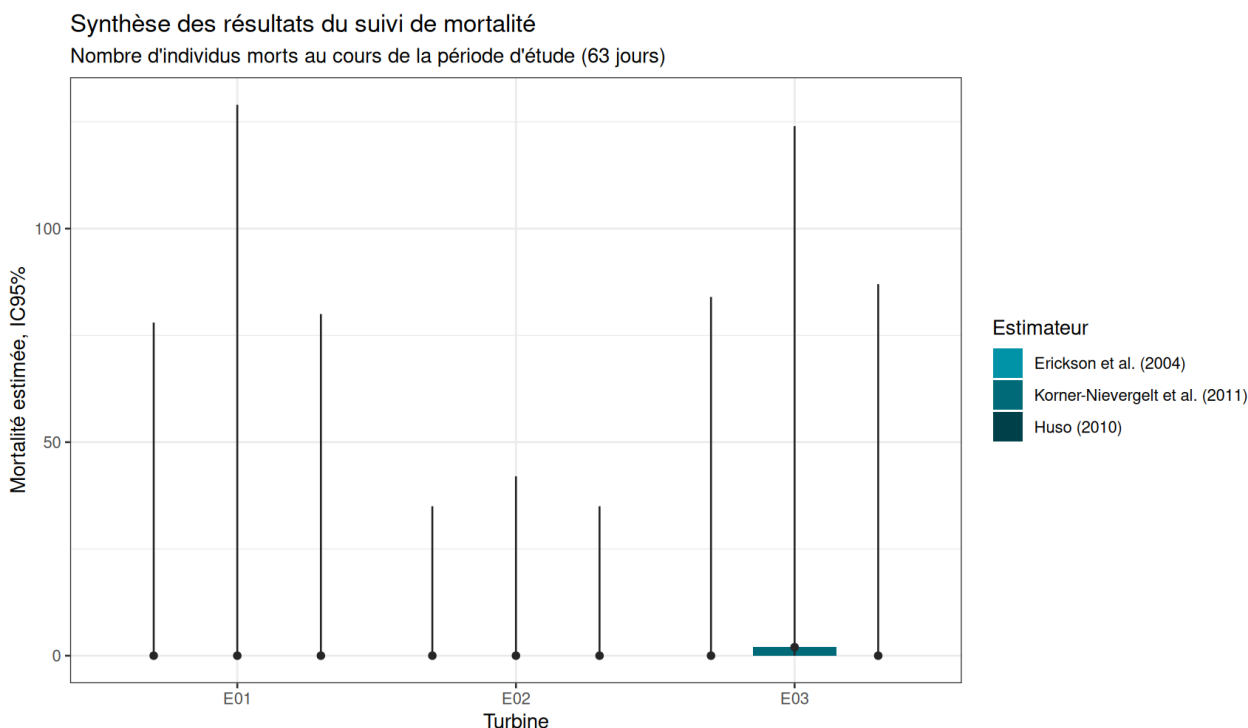


Figure 37 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Monterfil au cours du suivi de 2025 sur 63 jours.

2.2.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

Méthode de modélisation « no-pooling »

Dans ce modèle les mortalités au niveau de chaque turbine sont indépendantes. On fait l'hypothèse qu'il n'y a aucune similarité entre les turbines suivies. Cette hypothèse rend les estimations précautionneuses mais la mortalité d'une éolienne ne peut s'appuyer que sur les données de l'éolienne considérée. Il y a donc des incertitudes plus importantes par rapport aux autres modèles (partial pooling par exemple). Cette approche implique aussi que la mortalité au niveau d'une éolienne peut être considérée comme très forte, même si aucun cadavre n'a été observé ailleurs dans le parc. Réciproquement, la mortalité peut être considérée très faible sur une turbine (si aucun cadavre observé et conditions d'observation appropriées) même si de nombreux cadavres ont pu être observés partout ailleurs dans le parc. Les avantages de cette méthode sont principalement la rétrocompatibilité et la simplicité d'utilisation.

• Éoliennes E01 et E03

Les éoliennes E01 et E03 sont celles qui présentent les estimations avec les plus fortes incertitudes. La borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) est comprise entre 79 et 134 chiroptères pour E01, et entre 85 et 126 chiroptères pour E03 selon l'estimateur utilisé.

La Pipistrelle commune sur E01 a été découverte lors du premier passage (12 août 2025), donc non comptabilisé dans les estimations de mortalité.

Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Monterfil sur la période du suivi.

Estimateurs	E01	E02	E03	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	0	0	0
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 79]	0 [0 ; 35]	0 [0 ; 85]	36 [6 ; 144]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 80]	0 [0 ; 34]	0 [0 ; 86]	50 [5 ; 147]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 134]	0 [0 ; 43]	2 [0 ; 126]	51 [8 ; 224]

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable (estimation modale) des chiroptères est comprise entre 36 et 51 individus sur la durée du suivi, selon les méthodes d'estimation (Tableau 22). En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 5 et 8 individus et la borne supérieure entre 144 et 224 individus pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante. D'après l'estimateur d'Huso, l'intervalle de confiance à 95% pour la vraie valeur de mortalité s'étend de 6 à 144 cadavres. Cela signifie qu'il y a 95% de probabilité que la vraie valeur se situe dans cet intervalle, sous les hypothèses du modèle.

La seule observation (la Pipistrelle commune sur E01) a été découverte lors du premier passage (12 août 2025), donc non comptabilisée dans les estimations de mortalité.

Les éoliennes présentent une estimation probable de mortalité égale à 0 pour les chiroptères, sauf E03 avec l'estimateur Korner-Nievergelt et al. qui a une estimation probable de mortalité égale à 2. Cela s'explique par le fait que le seul cadavre découvert durant le suivi l'a été lors du premier passage et de fait n'est pas comptabilisé. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres.

Synthèse des résultats du suivi de mortalité

Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (63 jours)

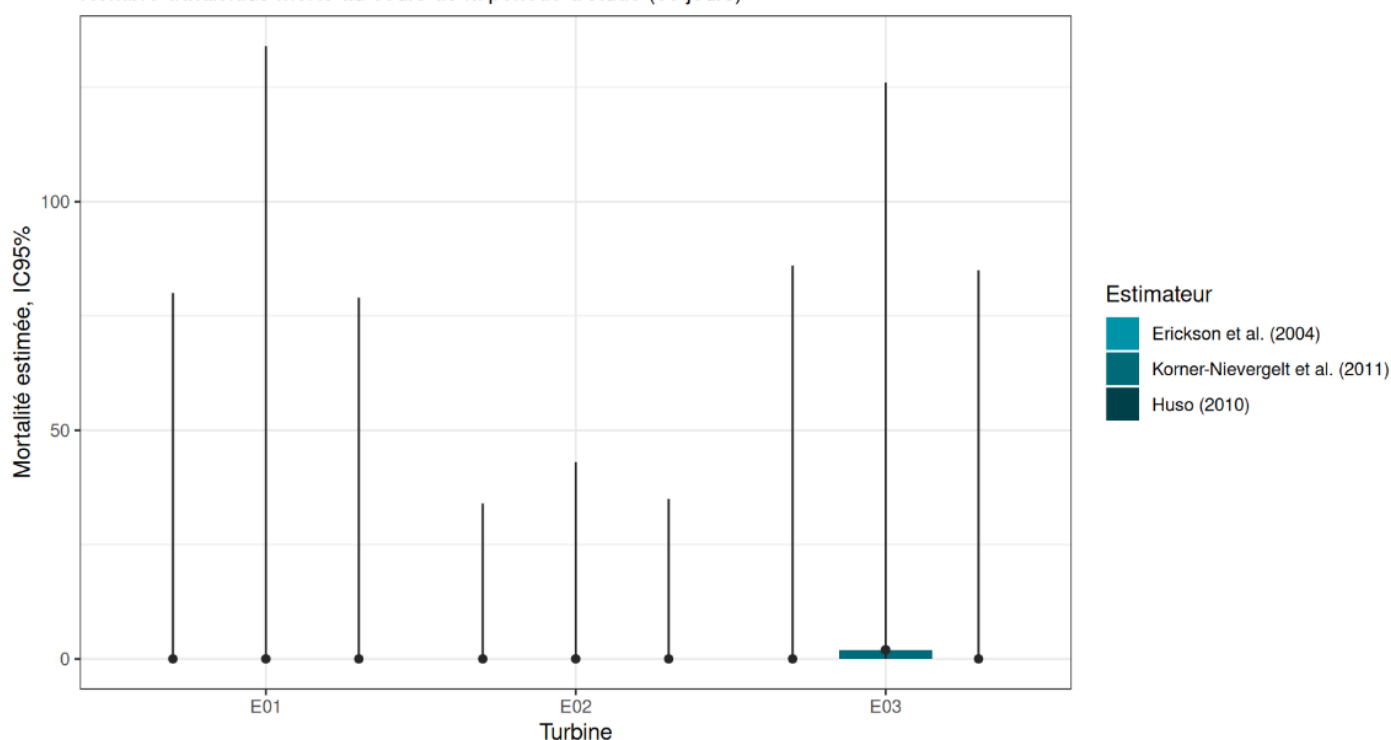


Figure 38 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Monterfil au cours du suivi de 2025 sur 63 jours.

2.2.3 Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs

2.2.3.1 Comparaison des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur a varié pour l'ensemble des éoliennes. Ceci est dû à une variation au niveau des occupations des sols agricoles, ainsi que l'enfrichement de certaines zones. On constate que le coefficient correcteur a fortement baissé entre l'année 2023 et 2025 (Tableau 23).

En 2025 le nombre de passage a également été réduit ce qui peut en partie expliquer cette variation.

Tableau 23 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2023 et 2025 pour le parc de Monterfil.

Année de suivi	E01	E02	E03
2023 (30 passages)	0,57	0,61	0,37
2025 (10 passages)	0,22	0,28	0,16

Persistance des cadavres (s)

La vitesse de disparition des cadavres a fortement augmenté en 2025 par rapport à 2023, passant de 3,1 jours en moyenne pour le parc à 1.5 jour de persistance moyenne. Notons que les incertitudes autour de l'estimation sont relativement plus faibles pour l'année 2025 (Tableau 24). Cette différence pourrait être liée à un effet « mise en service » du parc. En effet, les résultats de notre référentiel corrigé Biotope ont montré que plus la durée entre la mise en service du parc (et donc le premier suivi) et le suivi à l'année N était long, plus les temps de persistance étaient courts. L'hypothèse principale pourrait être un effet d'habituation des prédateurs et charognards.

Tableau 24 : Comparaison des estimations de la persistance moyennes par année sur le parc de Monterfil.

	E01	E02	E03
Résultats 2023 (3 tests)			
Famille de distribution	Log-logistic		
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	5,3 [2.75 ; 7.81]	1,3 [0.65 ; 1.89]	2,7 [1.46 ; 3.84]
Résultats 2025 (1 test)			
Famille de distribution	Weibull		
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	1,1 [0,8 ; 1,42]	2,0 [1,47 ; 2,62]	1,4 [0,97 ; 1,77]

Efficacité de recherche (p)

La capacité de détection des observateurs a été évaluée de manières différentes sur les 2 années (3 tests en 2023 contre 1 test en 2025), on peut constater une légère amélioration de détection entre les suivis de 2023 et 2025. En effet, le taux moyen de détection au niveau du parc éolien est passé de 91 % en 2023 à 100 % en 2025. Cette amélioration pourrait être attribuée à une progression des opérateurs de terrain.

Tableau 25 : Résultats des estimations de la détection des cadavres par l'observateur pour l'année 2023 (3 tests).

	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Observateur	0,91 [0,84 ; 0,95]	0,91 [0,86 ; 0,96]	Estimation

Tableau 26 : Résultats des estimations de la détection des cadavres par l'observateur pour l'année 2025 (1 test).

	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Observateur	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation

Probabilités globales de détection ($\hat{g}$)

La probabilité globale de détection a fortement varié entre les différentes années de suivis. A l'échelle du parc, cette valeur a fortement diminué.

L'éolienne E01 est celle qui a connu la plus grande variation entre les années, passant d'une probabilité de détection de 29% en 2023 à 4% en 2025 (Tableau 27 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010). Tableau 27).

Globalement, la probabilité globale de détection ($\hat{g}$) réduit de manière significative entre les années. Cette forte diminution pourrait être due à une diminution des surfaces prospectables, ainsi qu'une diminution du taux de persistance en 2025 en comparaison au suivi de 2023.

Tableau 27 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).

	E01	E02	E03
Estimation de la probabilité globale de détection (selon Huso, 2010)			
2023	0,29	0,10	0,11
2025	0,04	0,08	0,03

2.2.3.2 Comparaison de la mortalité estimée pour les oiseaux

Il y a eu 3 cas de mortalité observés pour les oiseaux sur le site lors de la première année de suivi, entre le 5 avril 2023 et le 25 octobre 2023 (période de 203 jours). La mortalité estimée par éolienne était comprise entre **3 et 8 individus (selon l'estimateur d'Huso)**. L'E02 représentait l'éolienne la plus mortifère.

En **2025**, lors de la deuxième année de suivi, entre le 12 août et le 14 octobre 2025 (période de 63 jours), la mortalité brute du parc est de 0 individu. La mortalité estimée par éolienne est de **0 individu (selon l'estimateur d'Huso)** (Tableau 28). En prenant en compte les indices de confiance, on constate une augmentation des incertitudes, ceci s'explique par une plus faible probabilité globale de détection, issu de moins bonnes conditions de suivi (Tableau 27).

Tableau 28 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Monterfil entre pour les années 2023 et 2025

	E01	E02	E03
Mortalité brute observée sur le parc de Monterfil pour les années 2023 et 2025			
2023	1	1	1
2025	0	0	0
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Monterfil pour les années 2023 et 2025 (type de modélisation : no-pooling)			
2023	3 [1 ; 15]	8 [1 ; 46]	7 [1 ; 40]
2025	0 [0 ; 80]	0 [0 ; 35]	0 [0 ; 87]

2.2.3.3 Comparaison de la mortalité estimée pour les chiroptères

Il y a eu 3 cas de mortalité observés pour les chiroptères sur le site lors de la première année de suivi, entre le 5 avril 2023 et le 25 octobre 2023 (période de 203 jours). La mortalité estimée par éolienne était comprise entre **0 et 8 individus (selon l'estimateur d'Huso)**. L'E02 représentait l'éolienne la plus mortifère.

En **2025**, lors de la deuxième année de suivi, entre le 12 août et le 14 octobre 2025 (période de 63 jours), la mortalité brute du parc est de 0 individu (le premier cadavre n'est pas comptabilisé). La mortalité estimée par éolienne est de **0 individu (selon l'estimateur d'Huso)** (Tableau 29). En prenant en compte les indices de confiance, on constate une augmentation des incertitudes, ceci s'explique par une plus faible probabilité globale de détection, issu de moins bonnes conditions de suivi (Tableau 27).

Tableau 29 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Monterfil sur les années 2023 et 2025.

	E01	E02	E03
Mortalité brute observée sur le parc de Monterfil sur les années 2023 et 2025			
2023	2	1	0
2025	1*	0	0
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Monterfil sur les années 2023 et 2025 (type de modélisation : no-pooling)			
2023	7 [2 ; 20]	8 [1 ; 46]	0 [0 ; 24]
2025	0 [0 ; 79]	0 [0 ; 35]	0 [0 ; 85]

*individu trouvé hors protocole

2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité

Mortalité brute

Le deuxième suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Monterfil entre le 12 août 2025 et le 14 octobre 2025 (3 éoliennes) a conduit à l'observation d'un cadavre de chauves-souris. L'espèce impactée par le parc est présentée ci-contre.

Tableau 30 : Synthèse du cas de mortalité observée sur le parc de Monterfil en 2025.

Espèce	Nombre de cadavre observé	Cause	Distance au mât (m)
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	1	Barotraumatisme	50

Tests correcteurs

Un test de persistance des cadavres a été réalisé, avec l'utilisation d'un total de 30 rats. Lors de ce test, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été assez variables à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres variant de 1,1 jours (E01) à 2,0 jours (E02). De même, un test d'efficacité de recherche de l'observateur a été mené. La détection estimée, est de 1 [1 ; 1].

Estimation de la mortalité

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (63 jours) et ceci avec 3 estimateurs : Huso (2010), Erickson (2000) et Korner-Nievergelt (2011). L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable comprise entre de 36 à 51 cadavres de chiroptères et de 43 à 57 cadavres d'oiseaux sur la période de suivi. A noter que les intervalles de confiance sont très larges pour les deux estimations, ce qui s'explique par une probabilité globale de détection faible.

Comparaison avec les référentiels régionaux, nationaux & internationaux

Les estimations par éolienne sont inférieures à celles mentionnées par la bibliographie ce qui n'est pas le cas des estimations à l'échelle du parc. Selon Rydell et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. Gaultier, Marx & Roux (2019) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (Korner-Nievergelt et al., 2013).

D'après les résultats du référentiel mortalité corrigée de Biotope, la médiane des mortalités estimées sur l'ensemble des parcs suivi par Biotope est d'environ **5 oiseaux et 3 chiroptères par éolienne et par suivi** (pour un rayon de recherche de 50m et une période de suivi comprise entre la semaine 20 et 43).

Le bureau d'étude Ouest'Am, à travers le projet APOCOPE et en utilisant l'estimateur GenEst, a estimé une mortalité moyenne de 6 oiseaux (se $\pm$ 0.63) et de 3.53 chiroptères (se $\pm$ 0.42) par éoliennes et par suivi (Sand et al., 2024).

En comparaison, les résultats des estimations par éolienne sur le parc de Monterfil sont bien inférieurs, avec des estimations les plus probables comprises entre 0 et 2 pour les oiseaux et les chiroptères sur une période de suivi de 63 jours mais avec des intervalles de confiance très importants entre 0 et 134 pour les chauves-souris et entre 0 et 129 pour les oiseaux, aucune comparaison n'est possible du fait de ces fortes incertitudes.

Le deuxième suivi de mortalité de ce parc a été ciblé sur une période d'évaluation d'efficacité du bridage, il est donc complexe de conclure avec certitude et d'évaluer l'impact du parc de Monterfil en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères sur cette période.

Les conditions de suivi moins favorables laissent apparaître de fortes incertitudes qui s'expliquent par des conditions de suivi entraînant une probabilité globale de détection beaucoup plus faible. En effet, la faible persistance constatée sur le parc et la baisse des surfaces prospectables peuvent expliquer ces incertitudes.

A titre d'information, les conditions de suivi optimales afin de faire baisser les incertitudes sur les estimations de mortalité sont les suivantes :

- Entretien de la végétation dans la zone de prospection et/ou choix des cultures de faible hauteur (augmentation de la surface prospectable) ;
- Extension de la période de suivi (atténuation des variations ponctuelles de surface prospectable au cours du suivi) ;
- Augmentation du nombre de passages par semaine sur une partie ou la totalité du suivi (augmentation du coefficient de persistance).

2.3 Facteurs d'impact et mesures mises en place

2.3.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2025.

Tableau 31 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité.

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Chiroptères			
Pipistrelle commune	Activité forte au sein de l'aire d'étude. Elle représente environ 63% de l'activité chiroptérologique.	1 individu	L'étude d'impact avait identifié l'aire d'étude comme ayant un intérêt moyen à fort. L'étude d'impact avait également conclu à un risque de collision / barotraumatisme et de perte d'habitat très fort.

De manière générale, l'étude d'impact de 2018 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision pour les oiseaux (espèces communes, parfois chassables, à des effectifs modérés). En revanche l'étude d'impact mettait en évidence que le site était attractif pour les chauves-souris et 2 groupes d'espèce présentaient un enjeu modéré à fort : le groupe de pipistrelles et le groupe des sérotules, le groupe des pipistrelles ayant été impacté par la mortalité induite par les éoliennes en 2025.

2.3.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E3 entre fin juillet et fin octobre 2025. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 102 nuits. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 1 chiroptère, sous une autre éolienne qu'E3.

2.3.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité est relativement faible (n=1). La découverte s'est déroulée lors du premier passage à la mi-août. Au regard des effectifs, il ne semble pas y avoir de pic important de mortalité qui se dégage.

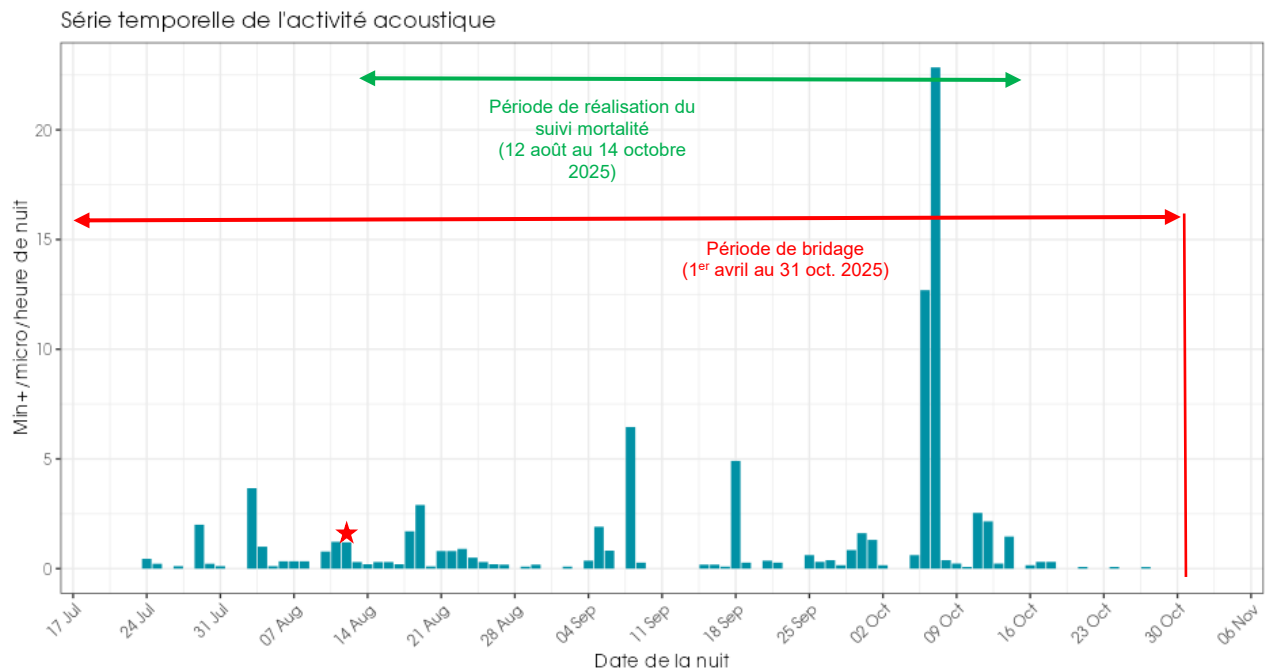


Figure 39 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne Monterfil sur la période de réalisation du suivi mortalité (★ cadavre de chiroptère retrouvé).

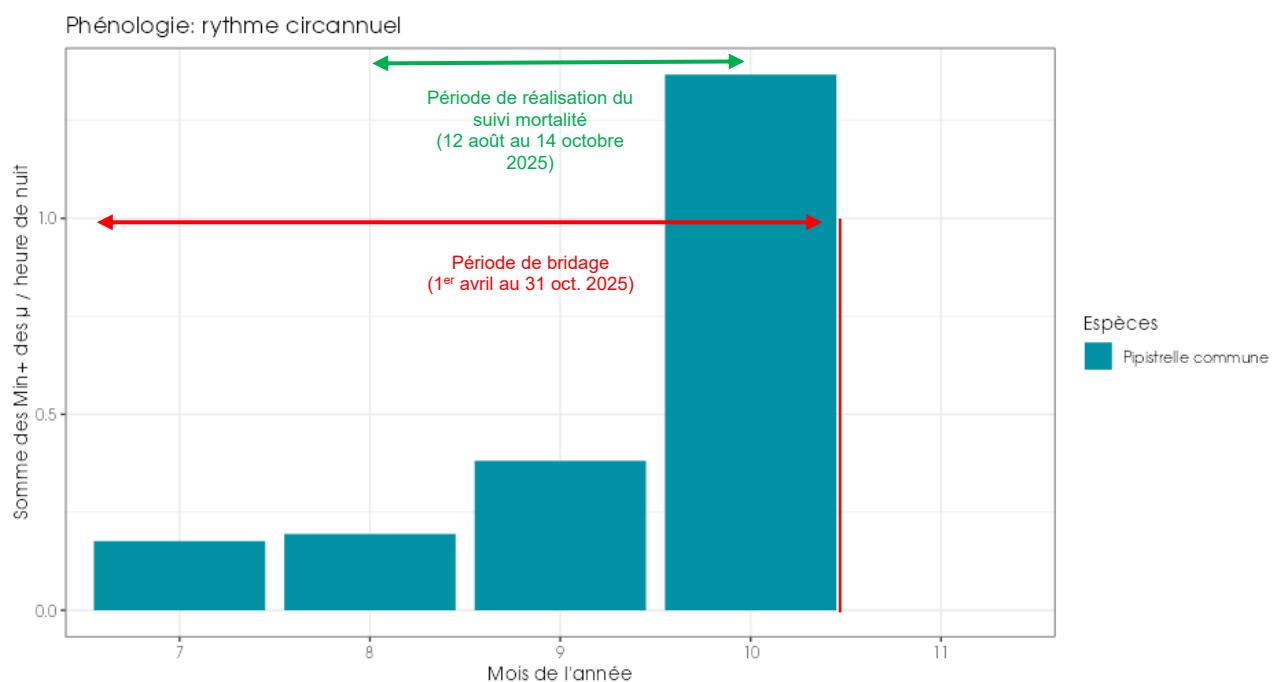


Figure 40 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Monterfil sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2025.

On observe une activité des chauves-souris en altitude sur toute la période d'enregistrement : fin juillet à octobre. L'activité la plus importante est observée sur la période automnale, au cours du mois d'octobre. On observe un pic d'activité en octobre 4 à 5 fois supérieur aux autres mois.

On observe donc une activité des chauves-souris en altitude en période de migration (octobre).

Il est compliqué d'établir un lien phénologique entre la découverte du cadavre et celle de l'activité acoustique en altitude au vu du nombre de découverte qui est plutôt faible (1).

2.3.2.2 Comparaison des cortèges d'espèces détectées lors des suivis mortalité et acoustique

Pour le suivi de mortalité, il y a eu une seule observation de Pipistrelle commune (n=1).

La seule espèce découverte dans le cadre du suivi mortalité (Pipistrelle commune) a également été détectée lors du suivi acoustique et est l'espèce la plus représentée en altitude sur la période de suivi en 2025 (68%).

Tableau 32 : Rappel du nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 120 m au niveau de l'éolienne E03

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	449	6,7%	134	12,0%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	55	0,8%	19	1,7%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	195	2,9%	30	2,7%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	46	0,7%	19	1,7%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	5191	77,7%	763	68,3%
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	200	3,0%	25	2,2%
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	135	2,0%	20	1,8%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	406	6,1%	107	9,6%
Total	6677	100 %	1117	100%

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Pipistrelle commune (68%) et la Noctule commune (12%), suivie du couple d'espèces Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius (10%). Seulement 2% de contacts ont été rattachés à la Sérotine commune et 3% au groupe d'espèces dites « Sérotule ».

2.3.2.3 Phénologie des contacts pour les espèces retrouvées lors du suivi mortalité

■ Pipistrelle commune

En 2025, la Pipistrelle commune domine l'activité en hauteur avec 68 % du total des minutes positives obtenues et a une activité très forte qui se concentre en octobre, l'activité étant bien moins importante en juillet, août et septembre.

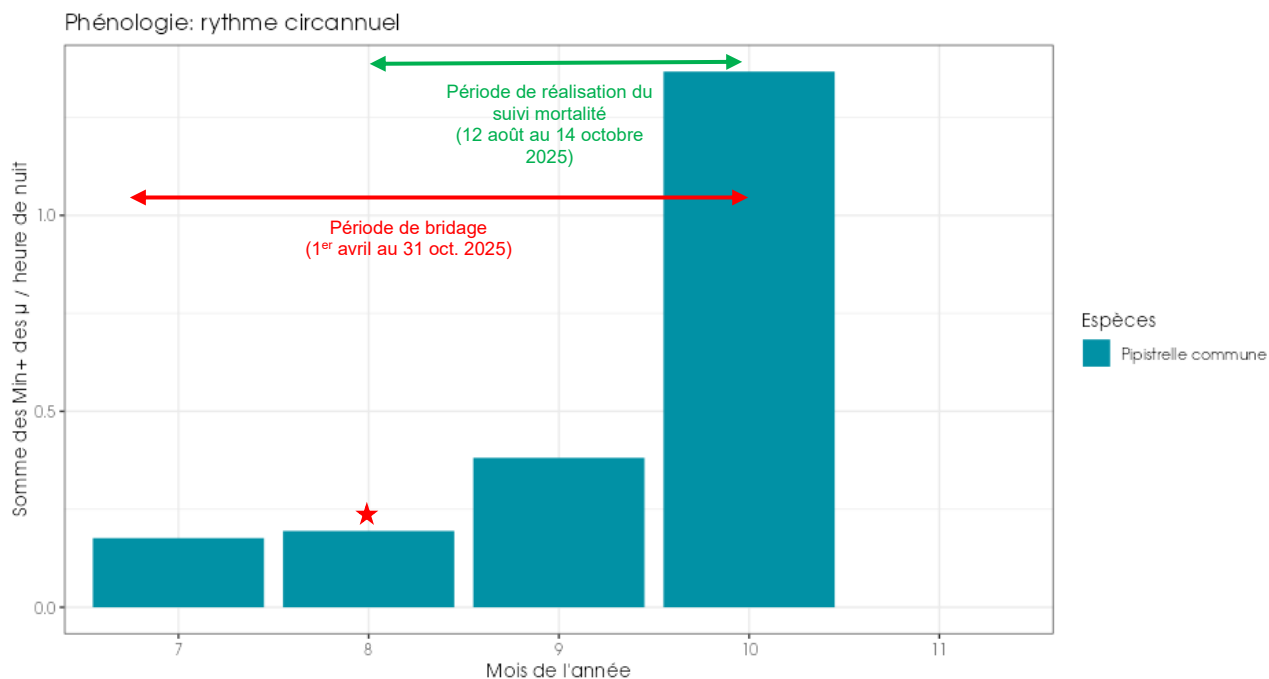


Figure 41 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025 (★cadavres de chiroptères retrouvés).

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 33 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces).

Tableau 33 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	Avant le 12/08
Période	Migration automnale
Bridage	Bridage actif
Pipistrelle commune	1
Total général	1

2.3.2.1 Bilan du croisement des informations des deux suivis mortalité/acoustique

La seule espèce découverte durant le suivi de mortalité correspond à la principale espèce identifiée durant le suivi acoustique, qui est la Pipistrelle commune. La Noctule commune est la deuxième espèce contactée dans le cadre du suivi acoustique (12%) mais n'a fait l'objet d'aucune découverte durant le suivi mortalité.

Le chiroptère retrouvé durant le suivi de mortalité n'a pas été retrouvé au niveau de l'éolienne E3 équipée de l'enregistreur automatisé, ce qui limite fortement le croisement des informations.

Limites du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique : La comparaison des données acoustiques issues d'une seule éolienne (comparativement au suivi de mortalité qui est réalisé sur l'ensemble des éoliennes du parc) peut limiter l'interprétation du fait du manque de représentativité de l'activité locale de l'éolienne suivie en acoustique. Cette analyse comparative reste une analyse visuelle qui permet simplement de mettre en avant des éléments convergents ou non entre les deux types de suivis sur le même pas de temps.

2.3.3 Evaluation du bridage chiroptère en fonctionnement

2.3.3.1 Contrôle des paramètres de la régulation

Dans le cadre de l'évaluation de ces calculs d'asservissement, l'unité de mesure retenue pour calculer les pourcentages de couverture par classe est la minute positive (minute avec présence d'activité chiroptérologique).

Le volume de données utilisé pour l'analyse et l'évaluation du bridage correspond au nombre total de minutes positives pour lesquelles les données météorologiques sont disponibles en période automnale, soit N=979 minutes positives sur 78 nuits de suivi, entre le 11 août 2025 et le 31 octobre 2025.

Pour cette analyse, nous avons fait le choix de regrouper les observations de Pipistrelle de Nathusius avec le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius.

Pour cette analyse spécifique, toutes les données de chauves-souris enregistrées sont utilisées pour les calculs. Ces contacts sont tous jugés à risque car présent dans ou à proximité du volume de brassage des pales.

Le parc éolien de Monterfil fait déjà l'objet d'un bridage en fonction de l'activité des chauves-souris. Les caractéristiques du bridage proposées à l'issue du suivi en 2023 et appliquées en 2025 sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 34 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Monterfil.

Période	Paramètre	Critère d'asservissement
1 avril au 14 août	Température	Supérieur ou égale à 11°C
	Vitesse du vent	Inférieur ou égale à 7 m/s
	Heure relative	4 premières heures de la nuit
15 août au 15 octobre	Température	Supérieur ou égale à 11°C
	Vitesse du vent	Inférieur ou égale à 7 m/s
	Heure relative	9 premières heures de la nuit
16 octobre au 31 octobre	Température	Supérieur ou égale à 11°C
	Vitesse du vent	Inférieur ou égale à 7 m/s
	Heure relative	4 premières heures de la nuit

Les résultats de l'évaluation des paramètres de bridage actuellement mis œuvre sur les données d'activité enregistrées au niveau de l'éolienne E3 du parc de Monterfil en 2023 et 2025 sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

N.B.1 : Pour les données 2023 les informations présentées ci-dessous sont des données estimées issues de la simulation de l'application des paramètres de bridage s'ils avaient été mis en place dès 2023 alors que les informations présentées pour 2025 sont effectives et réelles.

N.B.2 : Le bridage a été renforcé entre le 15/08 et le 15/10. L'efficacité sera donc évaluée sur cette période uniquement.

2.3.3.1 Période du 15 août au 15 octobre

Tableau 35 Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage du 15/08 au 15/10

	2023	2025
Nombre de nuits suivis et de minutes positives	62 nuits et 1784 minutes positives	62 nuits et 966 minutes positives
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	93,4%	91,4%
Nombre de minute positive restant à risque	118	83
Proportion d'activité le groupe des Sérotines / Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	Sérotule indéterminée : 94,3% Noctule commune : 95,1% Noctule de Leisler : 92,3% Sérotine commune : 100%	Sérotule indéterminée : 85,7% Noctule commune : 92,4% Noctule de Leisler : 93,3% Sérotine commune : 75%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des sérotines / noctules	3 minutes positives de Sérotule indéterminée 9 minutes positives de Noctule commune 2 minutes positives de Noctule de Leisler	2 minutes positives de Sérotule indéterminée 8 minutes positives de Noctule commune 1 minute positive de Noctule de Leisler 1 minute positive de Sérotine commune
Proportion d'activité des pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius : 95,7% Pipistrelle commune 92%	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius : 96,7% Pipistrelle commune 90,5%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	18 minutes positives de Pipistrelle de Kuhl / Nathusius 86 minutes de Pipistrelle commune	4 minutes positives de Pipistrelle de Kuhl / Nathusius 67 minutes de Pipistrelle commune

Le bridage actuel montre sur la période étudiée un taux de couverture de l'activité toutes espèces confondues supérieur à 90% du 15 août au 15 octobre 2025.

Le renforcement du bridage proposé à l'issue de la première année de suivi en 2023 a permis d'augmenter significativement les taux de protection de l'activité des chiroptères en hauteur : 59,3% d'activité protégée toutes espèces confondues en 2023 contre 91% en 2025.

2.3.3.2 Vérification de la mise en place du pattern de régulation

Pour garantir l'efficacité des mesures et la conformité des résultats présentés ci-dessus, nous avons vérifié auprès d'ABO Energy (gestionnaire d'exploitation pour la Ferme éolienne de Monterfil) que la mise en place du schéma de régulation des éoliennes a bien été mis en œuvre et a été conforme en 2025. La bonne mise en place du bridage, durant toute la période préconisée, est indispensable pour garantir son efficacité. ABO ENERGY nous a également confirmé qu'aucun défaut de régulation n'a été enregistré sur la période de mise en œuvre du 1^{er} avril au 31 octobre 2025.

3 Mesures correctives et préconisations

Ce rapport, constituant l'analyse du deuxième suivi de mortalité et d'activité des chauves-souris, avait pour objectif de vérifier l'efficacité du bridage sur la période du 15 août au 15 octobre suite à son renforcement. Les estimations de mortalité ayant de fortes incertitudes pour le parc éolien de Monterfil, aucune conclusion ne peut être apportée quant à la significativité du parc.

Le renforcement du bridage a porté ses fruits et le taux de protection sur la période étudiée (15/08 au 15/10/25) dépasse les 90%. **Ainsi aucune mesure corrective supplémentaire n'apparaît nécessaire.**

Sur la courte période du suivi mortalité, les estimations de mortalité les plus probables d'après l'estimateur d'Huso sont de 43 [6 ; 148] individus pour les oiseaux et 36 [6 ; 144] individus pour les chiroptères pour l'ensemble du parc (3 éoliennes) sur la durée du suivi (63 jours). Ces estimations doivent être interprétées avec vigilance au regard des grandes incertitudes (barres d'erreur). Les conditions de réalisation du suivi (faible persistance constatée sur le parc et baisse des surfaces prospectables) ont conduit à une probabilité globale de détection faible pouvant en partie expliquer ces incertitudes.

Pour informations les conditions de suivi optimales afin de faire baisser les incertitudes sur les estimations de mortalité du parc seraient :

- Réaliser le suivi sur une période minimum de S20 à S43 (idéalement sur la période de mise en œuvre du bridage) ;
- Réaliser a minima 2 tests de persistance comme en 2023 ;
- **Réaliser 2 passages** par semaine sur une période ciblée ou durant la totalité du suivi pour affiner les estimations en lien avec le coefficient de persistance des cadavres trop faible pour ce parc.

Dans la mesure du possible :

- Augmenter la surface prospectable sous E1 : maintien d'un couvert végétal relativement ras. Cette mesure passe par une démarche de concertation avec les exploitants agricoles locaux. Cela pourrait permettre d'améliorer l'efficacité de recherche globale des surfaces à prospecter en maintenant une hauteur de végétation faible et des cultures compatibles avec nos prospections.
- Augmenter la surface prospectable sous E2 et E3 : entretien des zones prospectables en 2023 qui ont subi un enrichissement rapide.
- Communiquer le calendrier des maintenances pour permettre également d'anticiper et replanifier si cela est possible le passage du suivi hors de ces périodes de maintenance.

Ces préconisations devront si possible être appliquées pour la réalisation des prochains suivis.

4 Conclusions

Ce rapport analyse le deuxième suivi de mortalité et de l'activité en hauteur au sein du parc éolien de Monterfil.

Concernant le suivi de la mortalité, il a été réalisé sur les 3 éoliennes du parc, entre le 12 août 2025 et le 14 octobre 2025, soit 10 passages en 63 jours. A noter que durant le suivi de mortalité de 2025, la période de prospection était inférieure passant de 203 jours en 2023 à 63 jours en 2025, avec un nombre de passages passant de 30 en 2023 à 10 en 2025.

Aucun cadavre d'oiseaux n'a été découvert en 2025, comparé à l'année 2023 où 3 oiseaux avaient été retrouvés au total (dont 1 sur la même période de suivi 2025).

Pour les chauves-souris, 1 cadavre de Pipistrelle commune a été retrouvé sous les éoliennes du parc. Ce résultat est inférieur à celui du suivi précédent de 2023 où 3 cadavres de chauves-souris avaient été découvert au total (dont 2 sur la même période de suivi 2025).

Les estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi, soit 63 jours. Ces résultats sont à considérer en regard des fortes incertitudes liés aux conditions de réalisation du suivi.

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer sur la période étudiée (2 mois) une **mortalité la plus probable de l'ordre de 43 cas de mortalité d'oiseaux et de l'ordre de 36 cas de mortalité de chauves-souris**.

Concernant le suivi en altitude, l'enregistreur a été installé sur E3 entre le 22 juillet et le 31 octobre 2025. La Pipistrelle commune domine l'activité chiroptérologique en hauteur (68%) suivie de la Noctule commune (12%).

Le bridage renforcé à l'issue de la première année de suivi a permis de protéger plus de 90% de l'activité sur la période renforcée. Ce renforcement a donc été efficace pour augmenter la proportion d'activité protégée.

5 Bibliographie

- ④ ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.
- ④ AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. IEEE transactions on automatic control, 1974, vol. 19, no 6, p. 716-723. ANDRE, Y. 2004. - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort. 20 p.
- ④ ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNES J. & HORN J., 2005. – Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.
- ④ ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. – Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.
- ④ ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021 - Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- ④ BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. – Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.
- ④ BARATAUD, M. 2020. Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, Etudes de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Museum National D'histoire Naturelle, Paris (Collection Inventaires et biodiversité), 344 P.
- ④ BARRIENTOS, Rafael, MARTINS, Ricardo C., ASCENSÃO, Fernando, et al. A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. Biological conservation, 2018, vol. 222, p. 146-153.
- 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 BORNER, L., DURIEZ, Olivier, BESNARD, A., et al. Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. Ecosphere, 2017, vol. 8, no 11, p. e01966.
- ④ BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- ④ DALTHORP, D., MADSEN, L., HUSO, M., RABIE, P., WOLPERT, R., STUDYVIN, J., SIMONIS, J., and MINTZ, J., (2018), GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.
- ④ DALTHORP, Daniel, HUSO, Manuela, DALTHORP, Mark, et al. Accounting for the Fraction of Carcasses outside the Searched Area and the Estimation of Bird and Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. arXiv preprint arXiv:2201.10064, 2022.
- ④ DIETZ, C. ET VON HELVERSEN, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.
- ④ DOMÍNGUEZ DEL VALLE, Jon, CERVANTES PERALTA, Francisco, et JAQUERO ARJONA, María I. Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. Journal of Applied Ecology, 2020, vol. 57, no 10, p. 1926-1935.
- ④ DÜRR, T. (2023). Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.
- ④ ERICKSON, W.P.; JOHSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.
- ④ FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- ④ FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.
- ④ GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf
- ④ GAULTIER, Simon P., BLOMBERG, Anna S., IJÄS, Asko, et al. Bats and wind farms: The role and importance of the Baltic Sea countries in the European context of power transition and biodiversity conservation. Environmental Science & Technology, 2020, vol. 54, no 17, p. 10385-10398.
- ④ GROUPE CHIROPTÈRES DE LA SFEPM, 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016des recommandations SFEPM, Version 2.1(février2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 33 pages+ annexes

- 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.
- HAQUART A., 2015. — ACTICHIRO, un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustique en France. Symbiose (34-35): 1-9.
- HAQUART, A., BAS, Y., TRANCHARD, J. & LAGRANGE, H., 2012. Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mats de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. Présentation. In Rencontres nationales "chauves-souris" 2012.
- HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.
- HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.
- HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. 2005. Bat migrations in Europe: A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* No. 28: 1-172.
- KORNER-NIEVERGELT F, BEHR O, BRINKMANN R, ETTERSON MA, HUSO MM, DALTHORP D, KORNER-NIEVERGELT P, ROTH T and NIEMANN I (2015). "Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial." *Wildlife Biology*, pp. 30-43.
- KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIEMANN, I. & BEHR, O. (2013). Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PLoS ONE* 8(7), e67997. doi:10.1371/journal.pone.0067997.
- KORNER-NIEVERGELT, F., KORNER-NIEVERGELT, P., BEHR, O., et al. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*, vol. 17, no 4, p. 350-363.
- LABROSSE, A. (2009). Determining factors affecting carcass removal and searching efficiency during the post-construction monitoring of wind farms. University of Northern British Columbia.
- LAWSON M, JENNE D, THRSHER R, HOUCK D, WIMSATT J, STARW B, 2020 - An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats. *LoS ONE* 15(12) - <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>
- MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- MATUTINI, F. 2014. Détermination de l'effort d'échantillonnage pour la réalisation d'inventaires chiroptérologiques a 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.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.
- MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFK B., REIJNDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRÁLIK V. & ZIMA J., 1999 - The atlas of European mammals, Societas Europaea Mammalogica, Poyser National History, 484 p.
- PONCE, Carlos, ALONSO, Juan Carlos, ARGANDOÑA, Gonzalo, et al. Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. *Animal Conservation*, 2010, vol. 13, no 6, p. 603-612.
- REYES, Gabriel A., RODRIGUEZ, Meredith J., LINDKE, Kenneth T., et al. Searcher efficiency and survey coverage affect precision of fatality estimates. *The Journal of Wildlife Management*, 2016, vol. 80, no 8, p. 1488-1496.
- RODRIGUES, L., BACH, L., DUBORG-SAVAGE, M. J., KARAPANDZA, B., KOVAC, D., KERVYIN, T., DEKKER, J, KEPEL, A., BACH, P., COLLINS, J., HARBUSCH, C., PARK, K., MICEVSKI, B. & MINDERMAN, J., 2015. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2015. EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.
- RUSS J., 2023. — Les chauves-souris par le son. Delachaux et Niestlé, 480 p.
- RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.
- SAND, Camille-Amélie; NORMAND, Brice; KERBIRIOU, Christian; BARRÉ, Kévin; RAVACHE, Andreas. Suivis réglementaires de la mortalité dans les parcs éoliens : de l'analyse locale à l'approche intégrée. *Sciences Eaux & Territoires, [S. I.]*, n. 46, p. article 8312, 2024. DOI: 10.20870/Revue-SET.2024.46.8312. Disponible en: <https://revue-set.fr/article/view/8312>. Accès en: 6 janv. 2025.
- SMALLWOOD, K. Shawn. Estimating wind turbine-caused bird mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 2007, vol. 71, no 8, p. 2781-2791.
- SVENSSON L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.
- TAPIERO A., 2017 – Plan national d'actions en faveur des chiroptères 2016-2025. FCEN. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. 83 p.
- 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.

Sites Internet

- ④ DURR, 2022: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/#>
- ④ SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfepm.org>.
- ④ ECOLOGIE ACOUSTIQUE DES CHIROPTÈRES - <http://ecologieacoustique.fr/>

6 Annexes

Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
12/08/2025	E01	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	50 m

Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité

“Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

L'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement est modifié conformément aux dispositions des articles 2 à 22 du présent arrêté. “

« Arrêté du 22 juin 2020 - art. 9 a modifié les dispositions suivantes :

Modifie Arrêté du 26 août 2011 - art. 12 (V) , L'article 12 est remplacé par : »

« Art. 12.-L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation. « Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation. « Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées. « Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de “ dépôt légal de données de biodiversité ” créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil. « Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'article R. 181-46 du code de l'environnement.

Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques spécifiques	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques en période hivernale
Suivi d'activité des chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

Figure 42 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

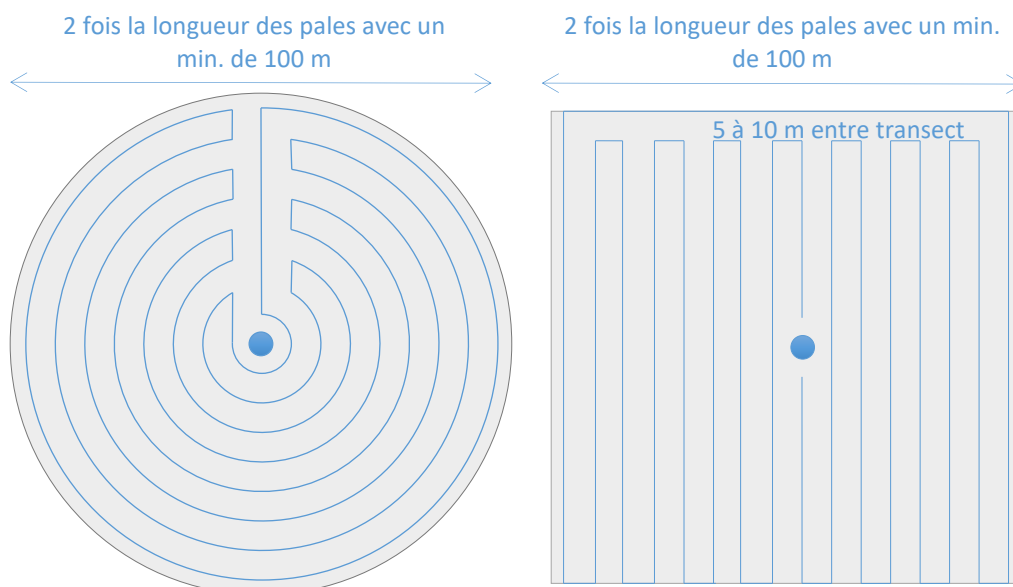


Figure 43 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité réelle des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

Tel que demandé par le protocole national, deux tests de persistance ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leurres ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections.

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. De 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

$$Ne = Nd / (a \times P(s,f))$$

Ne = nombre estimé le plus probable de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes au sein de la zone prospectée.

Nd = nombre total de cadavres découvert de chauves-souris ou d'oiseaux dont la mort est imputable aux éoliennes.

a = Coefficient correcteur de surface moyen pondéré, calculé par simple proportion du taux moyen de surfaces prospectées et pondéré par la durée inter-passage.

P(s,f) = Probabilité de détection propre à chaque méthode d'estimation (e.g. de Erickson, de Jones, de Huso, de Korner-Nievergelt etc.). Les équations sous-jacentes à chaque méthode d'estimation font toutes appel à **deux coefficients correcteurs** que sont le coefficient de persistance (**s**) (qui peut être exprimée comme une durée de persistance ou comme une probabilité de survie suivant les formules) et le coefficient d'efficacité de recherche moyen (**f**). La valeur de **P(s,f)** obtenue correspond à une probabilité de détection moyenne tenant compte du fait que certains cadavres sont manqués faute de détection parfaite et d'autre du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éolienne (**Nd**) ainsi qu'à la surface moyenne prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a x P(s,f)** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

La détermination des coefficients correcteurs « **s** » et « **f** » est très importante du fait de leur effet sur l'estimation de **Ne**. C'est pour cela qu'il est particulièrement important d'avoir la capacité d'évaluer *a posteriori* la précision de leurs évaluations.

Limites générales à la démarche d'estimation de la mortalité :

Pour le moment, les incertitudes des différents coefficients correcteurs ne sont pas utilisées dans les calculs de l'incertitude de l'estimation de la mortalité. Toutefois, il est possible d'évaluer cela en regardant 1) les incertitudes de chaque coefficient correcteur pour vérifier leur qualité et 2) en analysant en même temps les incertitudes de l'estimation de mortalité finale elle-même. En effet, l'intervalle de confiance de l'estimation de mortalité sera d'autant plus large que la probabilité de détection globale moyenne est faible et que le nombre de cadavres découverts est grand.

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le design expérimental des tests (notamment le nombre de leurres déployés qui limitent la capacité prédictive des modèles) en respectant les contraintes statistiques et aussi 3) de réaliser la meilleure stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur de surface par simple proportion, tel que demandé par le protocole national suppose comme hypothèse que la densité des cadavres est identique entre les zones prospectées et celles non prospectées. Par ailleurs, il est assez fréquent que le faible nombre de cadavres ne permette pas de quantifier la relation entre la densité de cadavres et la distance au sol de l'éolienne. Toutefois, ce sont majoritairement les zones éloignées des mats qui ont le plus de chance

de ne pas pouvoir être prospectées du fait de la présence récurrente d'une plateforme et chemin d'accès prospectable au pied des éoliennes. Ainsi, considérer à tort que la densité est homogène, peu importe la distance à éolienne, est donc en général conservateur (ne réduit pas l'estimation) au contraire d'une relation distance dépendance (Arnett et al. 2005). Toutefois, ces zones non prospectables participent à minimiser la mortalité observée mais aussi à surestimer la mortalité estimée par l'effet direct du coefficient correcteur de surface sur la probabilité de détection globale.

Tous les estimateurs utilisés ici se basent sur l'hypothèse que la mortalité est constante tout au long du suivi. Ce qui est vraisemblablement faux du fait des différentes phases du cycle biologique que peut couvrir un suivi. Des variables supplémentaires (comme l'activité acoustique pour les chiroptères), pourraient permettre de pondérer l'estimation de la mortalité en fonction de l'activité au cours du temps.

Le protocole national précise « Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité. ». Pour le test de persistance, le nombre de cadavres déployés va directement influencer la puissance statistique permettant d'estimer la vitesse de persistance moyenne, et d'autant plus si la vitesse de disparition est forte. En fonction de la pression de prédation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de persistance pour chaque éolienne, voir même à l'échelle du parc. Ainsi, suivant les situations, cela peut remettre en cause cette demande spécifique du protocole national. Cela peut même engendrer l'incapacité de répondre au protocole national dans son ensemble si l'estimation de mortalité devient impossible. D'autre part, le nombre important de rats déposés (concentration), ainsi que leur taille et leur couleur peuvent générer des phénomènes d'attraction/saturation sur les prédateurs. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les souris/rats blancs mais cela est rarement possible en raison du manque de production de rongeurs gris. Ainsi, les rongeurs doivent correspondre le plus possible en taille à des chiroptères, en l'absence d'alternative satisfaisante (répétabilité des tests notamment).

Le protocole national prévoit également une « Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités, entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce...) ». Comme les protocoles acoustique et mortalité sont réalisés de manière indépendante, notamment pour les éoliennes suivies, la cohérence des résultats reste très aléatoire. A minima, la comparaison sera descriptive et tentera de mettre en lumière les possibles liens entre ces deux sources de données.

Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%

- L'AIC est l'anagramme du critère d'information d'Akaike, (en anglais Akaike information criterion ou AIC). Il s'agit d'un indice calculé pour évaluer la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Cet indice permet de comparer plusieurs modèles sur une base objective et notamment en pénalisant les modèles en fonction du nombre de paramètres (complexification) afin de satisfaire le critère de parcimonie. Les modèles avec une valeur d'AIC la plus faible sont les plus pertinents à sélectionner. L'AIC weight permet de classer les modèles par leur pourcentage d'intérêt relativement aux autres par pondération des valeurs d'AIC.
- L'intervalle de confiance à 95% se caractérise par une borne basse et haute entre lesquelles la valeur réelle (et estimée statistiquement) a 95% de chance de se situer.

Annexe VI : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope

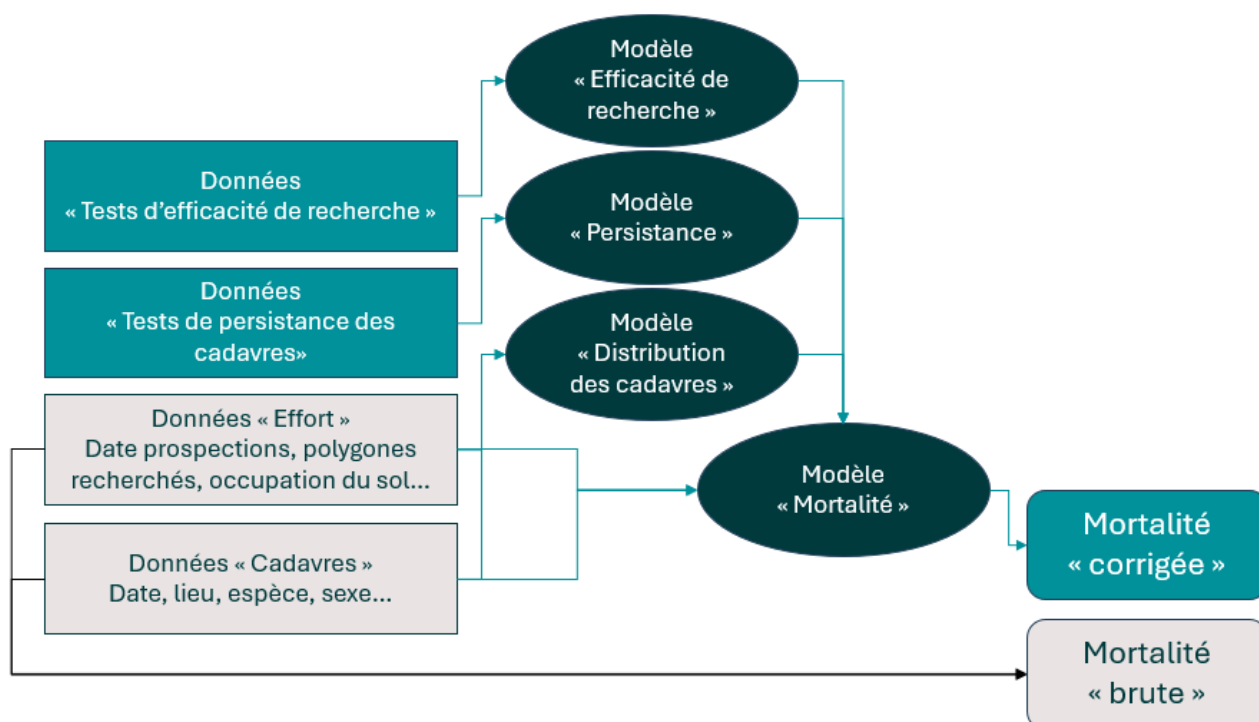


Figure 44 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalité brute et corrigée

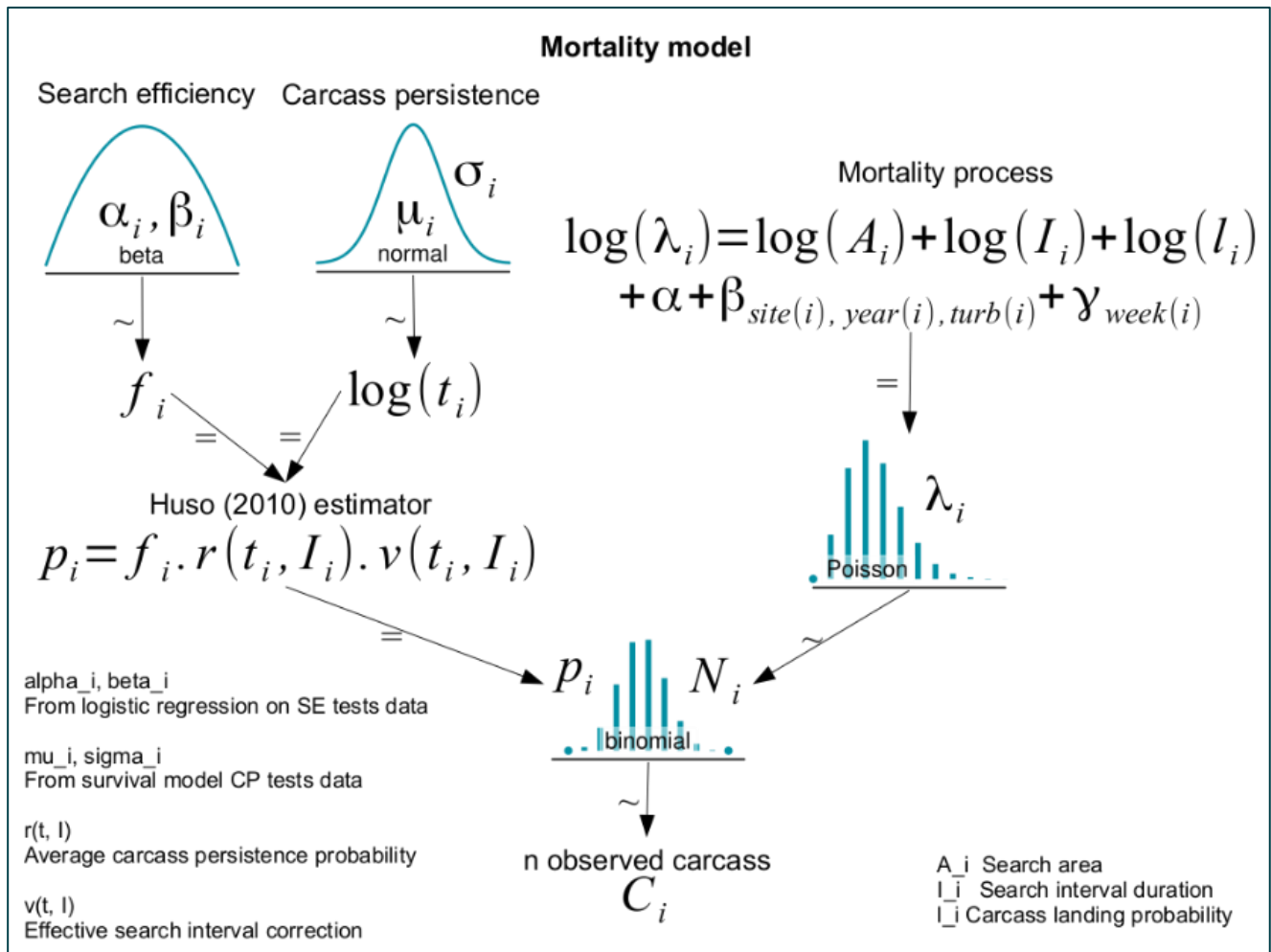


Figure 45 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée

Principales limites de comparaison et d'interprétation concernant l'utilisation du référentiel mortalité corrigée

1. Modélisation différente des coefficients correcteurs par rapport à celles faites classiquement

- *Persistence* : ajout d'effets aléatoires sites, turbines, années, loi de distribution uniquement exponentielle ;
- *Efficacité de recherche* : ajout d'effets aléatoires diverses, d'effets nichés ;
- *Coefficient correcteur de surface* : approche « DWP » avec une prise en compte de la densité de cadavre par anneaux concentriques ;
- *Probabilité globale de détection ($\hat{g}$)* : modélisation dans un cadre bayésien ;
- *Estimation de la mortalité (M)* : priors de modélisation bayésienne plus informatifs ; approche de modalisation « partial-pooling ».

2. Nombre de données utilisées pour réaliser les modélisations et la construction des modèles

- *Concernant le référentiel Biotope* : 23000 leures pour les tests d'efficacité de recherche et de persistance, plus de 80 OCS différentes, large éventail de conditions environnementales, temporalité longue (plusieurs mois et années)
- *Concernant les données pour un suivi* : au maximum 300 leures, une dizaine d'OCS différentes, conditions environnementales propre au site d'étude, temporalité courte (1 année entre S20 et S43).

7 Index des tableaux, cartes et figures

Index des tableaux

Tableau 1 : Paramétrage de l'enregistreur en hauteur	16
Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période	17
Tableau 3 : Identification des espèces de chiroptères	18
Tableau 4 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude	21
Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques	24
Tableau 6 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	25
Tableau 7 : Équipe de travail	26
Tableau 8 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc de Monterfil en 2025.	27
Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 120 m	28
Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur	29
Tableau 11 : Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil	35
Tableau 12 : Proportions des contacts obtenus en hauteur (120 m) en fonction de la vitesse du vent	37
Tableau 13 : Proportions des contacts obtenus en hauteur en fonction de la température	38
Tableau 14 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 26/02/2025) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2025) pour des chiroptères impactés par les parcs éoliens en Europe et en France métropolitaine.	44
Tableau 15 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Monterfil	44
Tableau 16 : Bilan de l'occupation du sol pour les trois éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (10 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables.	45
Tableau 17 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 10 passages.	47
Tableau 18 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour le test de persistance pour chacune des trois éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	48
Tableau 19 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations).	49
Tableau 20 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation.	49
Tableau 21 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Monterfil sur la période du suivi.	50
Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Monterfil sur la période du suivi.	51
Tableau 23 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2023 et 2025 pour le parc de Monterfil.	53
Tableau 24 : Comparaison des estimations de la persistance moyennes par année sur le parc de Monterfil.	53

Tableau 25 : Résultats des estimations de la détection des cadavres par l'observateur pour l'année 2023 (3 tests).	54
Tableau 26 : Résultats des estimations de la détection des cadavres par l'observateur pour l'année 2025 (1 test).	54
Tableau 27 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).	54
Tableau 28 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Monterfil entre pour les années 2023 et 2025	55
Tableau 29 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Monterfil sur les années 2023 et 2025.	56
Tableau 30 : Synthèse du cas de mortalité observée sur le parc de Monterfil en 2025.	57
Tableau 31 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité.	58
Tableau 32 : Rappel du nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 120 m au niveau de l'éolienne E03	60
Tableau 33 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	61
Tableau 34 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Monterfil.	62
Tableau 35 Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage du 15/08 au 15/10	63

Index des figures

Figure 1 : Vue d'ensemble des trois éoliennes du parc éolien de Monterfil le 31 janvier 2024.	5
Figure 2 : Eoliennes E1, E2 et E3 prises le 31 janvier 2024 (de gauche à droite et de haut en bas).	6
Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Monterfil.	7
Figure 4 : Arrêté de 2020 portant autorisation environnementale d'exploiter une installation de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent sur la commune de Monterfil par la société ferme éolienne de Monterfil (Article II-3 ; I : Protection des chiroptères/avifaune).	11
Figure 5 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	14
Figure 6 : Méthode d'expertise des chiroptères en nacelle.	15
Figure 7 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.	16
Figure 8 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du parc de Monterfil	17
Figure 9 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope	18
Figure 10 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude	20
Figure 11 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude	22
Figure 12. Schéma temporel de la vitesse du vent à 120 m depuis la nacelle de l'éolienne E03 du parc de Monterfil, entre aout 2025 et octobre 2025	23
Figure 13. Schéma temporel de la température à 120 m depuis la nacelle de l'éolienne E03 du parc de Monterfil, entre aout 2025 et octobre 2025	23
Figure 14 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	25
Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistrée en altitude (120 m) au niveau de l'éolienne E3 de fin juillet 2025 à octobre 2025	30
Figure 16 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (120 m) au niveau de l'éolienne E3 de fin juillet 2025 à octobre 2025	31
Figure 17 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025.	31
Figure 18 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025.	32

Figure 19 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour le groupe Séroline commune / Noctule de Leisler / Noctule commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025.	33
Figure 20 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (120 m), toutes espèces confondues, de fin juillet à octobre 2025	34
Figure 21 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (120 m)	34
Figure 22 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil	36
Figure 23 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil	36
Figure 24 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil	37
Figure 25 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil	38
Figure 26 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (120 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc de Monterfil	38
Figure 27 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (120 m)	39
Figure 28 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 120 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris	40
Figure 29 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	40
Figure 30 : Photographie de la Pipistrelle commune découverte. © Biotope	42
Figure 31 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Monterfil. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	43
Figure 32 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.	43
Figure 33 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi.	46
Figure 34 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03 (de gauche à droite et de haut en bas) le 12 août 2025 (premier passage).	46
Figure 35 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	47
Figure 36 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de persistance.	48
Figure 37 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Monterfil au cours du suivi de 2025 sur 63 jours.	51
Figure 38 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Monterfil au cours du suivi de 2025 sur 63 jours.	52
Figure 39 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne Monterfil sur la période de réalisation du suivi mortalité (cadavre de chiroptère retrouvé).	59
Figure 40 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Monterfil sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2025.	59
Figure 41 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Monterfil en 2025 (cadavres de chiroptères retrouvés).	61
Figure 42 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	71
Figure 43 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	71
Figure 44 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalité brute et corrigée	74

Figure 45 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée

75



Biotope Siège Social
22, boulevard Maréchal Foch
B.P. 58
34140 MÈZE
Tél. : +33 (0)4 67 18 46 20
www.biotope.fr

