



BORALEX

BORALEX

Parc éolien de Bazougeais

Communes de Bazouges-la-Pérouse et
Noyal-Sous-Bazouges, Bretagne (35)

18 avril 2025

**Suivi 2024 de
mortalité de l'avifaune
et des chiroptères**



Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2025 – Suivi 2024 de mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien de Bazougeais - Communes de Bazouges-la-Pérouse et Noyal-Sous-Bazouges, Bretagne (35) - BORALEX - 93 p.		
Nom de fichier	BAZ_Boralex_SuiviMortalite-2024_v2_20250418.docx		
N° de contrat	2023014-14		
Date de démarrage de la mission	15/03/2024		
Maître d'ouvrage	Boralex SAS - Bazougeais 9 rue Jean Mermoz 44115 Haute Goulaine		
Interlocuteur	Vézians DUPONT <i>Chargé de projet Biodiversité</i>	Contact : Vezians.dupont@boralex.com	
Biotope, Responsable du projet / Contrôleur qualité	Marine RIU <i>Cheffe de projet chiroptérologue</i>	Contact : mriu@biotope.fr	
Version 1	Rédacteur : Alex TREMBLAIS 28/03/2025	Contrôle qualité : Marine RIU 16/04/2025	Description des modifications apportées au document : ● Création du document.
Version 2	Rédacteur : Marine RIU 18/04/2025	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.

« Propriété de Biotope - Ne peut être diffusé sans autorisation préalable de Biotope »

Avant-propos

Le parc éolien est situé sur les communes de Noyal-Sous-Bazouges et Bazouges-la-Pérouse dans le département d'Ille-et-Vilaine (35). Ce parc est composé de 4 éoliennes Vestas V117/3300 3,3 MW (116,5 mètres au moyeu et 175 mètres en bout de pales), mises en service en 2021.

À la suite de sa récente implantation, le parc de Bazougeais a fait l'objet d'un suivi environnemental en 2022 et 2023, permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Les résultats du suivi de mortalité ont mis en évidence une mortalité significative des chiroptères.

L'exploitant s'est engagé, sur la base de ces résultats et des préconisations de Biotope, de façon proactive, à mettre en place en 2023 un bridage ciblé des éoliennes visant à réduire la mortalité des chauves-souris. Un modèle d'asservissement spécifique, dimensionné au regard des caractéristiques du parc éolien et sur la base des résultats des suivis 2022 a été réalisé par Biotope début 2023. Par la suite, les résultats de l'activité des chiroptères en nacelle pour l'année 2023 a conduit à un rehaussement de l'asservissement en début d'année 2024.

La société Boralex a missionné Biotope pour la réalisation, en 2024, d'un nouveau suivi de mortalité du parc éolien, ainsi que pour la réalisation d'une étude de l'activité des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018), afin de reconduire ces études et évaluer l'efficacité du bridage mis en œuvre.

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 2024 par le bureau d'études BIOTOPE. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien de Bazougeais.

Au regard des éléments fournis (volet faune de l'étude d'impact) 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. Ce dernier permettra également d'évaluer l'efficacité de la modification du bridage mis en œuvre en 2024.

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	6
1.1	Contexte – présentation du parc et données historiques	6
1.1.1	Présentation du parc	6
1.1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	8
1.2	Méthodologie appliquée en 2024	9
1.2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	9
1.2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	10
1.2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères	23
1.2.1	Équipe de travail	27
2	Synthèse et analyse des résultats	28
2.1	Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur	28
2.1.1	Espèces contactées	28
2.1.2	Abondance relative	29
2.1.3	Évaluation de l'activité en hauteur	30
2.1.4	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur	33
2.1.5	Comparaison avec les suivis de l'activité des chiroptères antérieures	37
2.1.6	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	39
2.1.7	Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur	45
2.2	Résultats du suivi de mortalité	46
2.2.1	Résultats bruts	46
2.2.2	Analyse des résultats	52
2.2.3	Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs	65
2.2.4	Synthèse du suivi de mortalité	68
2.3	Facteurs d'impact et mesures mises en place	69
2.3.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	69
2.3.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	70
2.3.3	Évaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement	73
3	Mesures correctives et conclusion	75
3.1	Mesures correctives	75
3.1.1	Évolution des mesures correctives depuis 2022	75
3.1.2	Efficacité du bridage mis en place durant l'année 2024	76
3.2	Conclusions	77
4	Bibliographie	78
5	Annexes	81
	Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.	81
	Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	82
	Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	83
	Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	84
	Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%	85
	Annexe VI : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope	86

6 Index des tableaux et figures

89

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 éolien de Bazougeais se situe sur les communes de Noyal-Sous-Bazouges et Bazouges-la-Pérouse dans le département d'Ille-et-Vilaine (35), en région Bretagne. Il est localisé entre Rennes et le Mont Saint-Michel, à environ 40 km au nord de Rennes et à environ 30 km au sud du Mont Saint-Michel.

Le parc, mis en service en 2021, comprend 4 éoliennes Vestas V117/3300 3,3 MW disposées selon une ligne courbe. Ces éoliennes ont une hauteur de 116,5 m au moyeu et disposent d'un rotor de 117 m de diamètre soit une hauteur en bas de pale de 58 m.

Le parc de Bazougeais se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage avec un bocage encore bien présent dans certains secteurs.



Eolienne BAZ1 le 17 mars 2022



Eolienne BAZ2 le 17 mars 2022



Eolienne BAZ3 le 17 mars 2022



Eolienne BAZ4 le 17 mars 2022

Figure 1 : Photographies des 4 éoliennes du parc éolien de Bazougeais en 2022 © Biotope



Figure 2 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite, BAZ1, BAZ2, BAZ3 et BAZ4)

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 2017 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2024.

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

Plusieurs aires d'étude avaient été retenues pour l'état initial de l'étude d'impact :

- L'aire d'étude immédiate : zone d'implantation potentielle (ou ZIP) des éoliennes et ses abords proches (1 km autour de la zone potentielle d'implantation), située sur le territoire de 4 communes : Bazouges-la-Pérouse principalement, Noyal-sous-Bazouges au sud, Cuguen en limite ouest et Trans-la-Forêt pour l'extrémité nord.
- L'aire d'étude naturaliste : elle correspond à la ZIP et ses abords. Elle est utilisée pour la réalisation de la partie faune/flore de l'étude d'impact et les thématiques liées (zones humides, occupation du sol).
- L'aire d'étude rapprochée : elle correspond, dans le cadre de l'étude paysagère à environ 3 km autour de la ZIP.
- L'aire d'étude intermédiaire : Elle contient l'ensemble des éléments structurants du paysage qui seront retenus pour la composition paysagère. Elle s'étend sur environ 10 kilomètres autour de la ZIP.
- L'aire d'étude éloignée : elle correspond à l'aire d'étude retenue pour l'analyse paysagère compte tenu des éléments du territoire et des caractéristiques du projet et ce, afin d'intégrer l'ensemble des impacts sur les espaces perçus, reconnus et renommés. Ainsi elle correspond à une zone tampon d'environ 15 km à 20 km autour de la ZIP.

Les habitats présents sur la ZIP sont des secteurs de grande culture intensive, peu favorables à la présence de la flore sauvage. Ce sont des habitats soumis à une forte pression anthropique qui est en général peu favorable à la faune. Hormis pour les oiseaux et les chauves-souris, l'implantation des éoliennes ne devait pas avoir un impact significatif sur la biodiversité.

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

L'enjeu sur l'avifaune était faible en général. Aucun couloir de migration prénuptiale n'a été établi.

Les oiseaux nicheurs observés correspondaient à des espèces communes. À l'exception des haies et boisements où les enjeux peuvent être qualifiés de moyens, l'enjeu sur l'avifaune nicheuse était considéré faible.

Concernant la migration postnuptiale, des individus en migration ont été observés mais la migration semblait diffuse sur l'ensemble de la zone d'étude, sans présence d'une voie de migration clairement identifiée.

La fréquentation du site par l'avifaune hivernante était faible. Aucun rassemblement majeur n'a été observé. Le seul enjeu concernait la Mouette rieuse (hivernante déterminante ZNIEFF), mais présente avec des effectifs très restreints. Seuls les effectifs d'Alouette lulu (annexe I de la directive « Oiseaux ») ont été estimés importants.

La plupart des espèces d'oiseaux recensées sont des espèces communes. L'importance du site pour les oiseaux a été considérée comme faible sur toutes les phases de leur cycle biologique, à l'exception des haies et boisements où l'enjeu a été jugé moyen.

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

15 espèces de chauves-souris ont été recensées parmi les 21 espèces présentes en Bretagne : le Petit Rhinolophe, la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle pygmée, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux, la Sérotine commune, la Noctule de Leisler, le Murin de Bechstein, le Grand Murin, le Murin de Daubenton, le Murin à moustaches, le Murin d'Alcathoe et le Murin de Natterer.

Le site est considéré très favorable aux chauves-souris, notamment en été, lié aux activités d'épandage de lisier, qui attire les insectes (proies pour les chauves-souris), constituant ainsi des terrains de chasse intéressants. La présence d'une mare constitue aussi un terrain de chasse favorable aux chauves-souris.

Les potentialités de gîtes sont faibles à moyennes au sein des îlots boisés.

Le site semblait très favorable aux chauves-souris, avec un nombre important d'espèces recensées. Le site présente un intérêt comme terrain de chasse, en raison de la présence d'une mare et de la présence importante d'insectes liée aux épandages de lisier sur les cultures.

1.2 Méthodologie appliquée en 2024

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.

La présente étude vient répondre aux obligations induites par le protocole national ainsi que par l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

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 48). Pour le nombre d'éoliennes à surveiller, il 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 49). 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, y compris 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. Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés 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 préfectoral autorisant l'exploitation a stipulé des obligations réglementaires complémentaires :

- Un système de bridage suivant ces prescriptions :

Éolienne	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4
Conditions météorologiques	Température nocturne > 13° C, absence de pluie et vent à la hauteur de la nacelle < 5 m/s			Pas de Bridage
Dates	Mi-juillet à fin septembre			
Horaires	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil	Trois premières heures de la nuit	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil	

- Un premier suivi environnemental de la fréquentation/activité des chiroptères et de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères sur les 3 premières années après la mise en service, puis une fois tous les 10 ans.
- Le suivi de mortalité, sur les 3 premières années de fonctionnement, sera réalisé la première année de mise en service sur une période prolongée par rapport au protocole national, de mi-mars à fin octobre à raison d'un comptage hebdomadaire soit environ 33 semaines. Au terme de la première année, et en fonction des résultats, la période de suivi pourra être adaptée après validation de l'inspection des installations classées.
- Le suivi de l'activité des chiroptères doit être couplé au suivi de mortalité et porter sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (de mi-mars à fin octobre).

Si des impacts significatifs étaient constatés lors des suivis, des actions devraient 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.

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 Bazougeais. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

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

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.

1.2.2.1.1. 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**.

1.2.2.1.2. 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)**, trois 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 (carabes, mouches, 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 (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 de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année 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. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

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

1.2.2.1.3. Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de 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 prédation en fonction du type de leurre déployé

(mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. 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 prédites en fonction des facteurs retenus.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité 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 que sont : le type d'occupation du sol, le pourcentage recouvrement végétale et la hauteur de végétation. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AIC. 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 figures 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** c'est-à-dire $a \times P(s, f)$ 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-Nievelgelt 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-Nievelgelt 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 maximum 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**.

1.2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

1.2.2.2.1. 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, 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 58.5 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 (58.5 m), 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 58.5 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.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 2 240 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

1.2.2.2.2. 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. 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 (p81 à 83).

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.

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

Totalisant 158 suivis conformes au protocole national entre 2019 et 2023, sur 104 parcs éoliens (584 éoliennes) et pour un effort de prospection de 22815 recherche.éolienne, le référentiel mortalité Biotope constitue probablement la plus grande base de données compilée 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 (densité 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 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.

1.2.2.4 Étude de l'activité des chiroptères

1.2.2.4.1. Localisation des dispositifs d'écoute

En 2024, comme en 2022 et 2023, le dispositif d'acquisition des données chiroptérologiques a été installé sur l'éolienne E3 du parc éolien de Bazougeais.

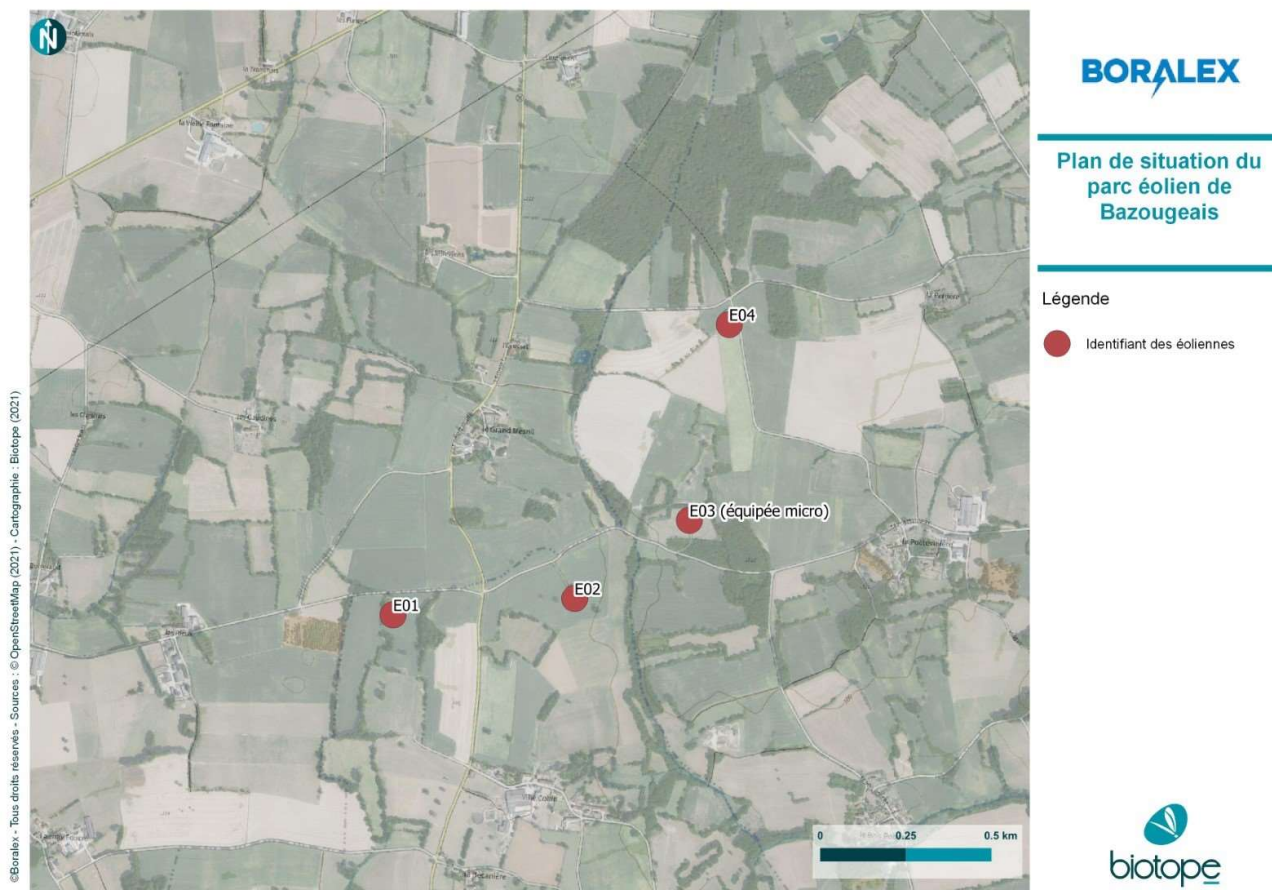


Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite, BAZ1, BAZ2, BAZ3 et BAZ4)

1.2.2.4.2. Collecte des données

L'étude du comportement des chauves-souris se fait grâce à la détermination de leur indice d'activité basé sur la détection des ultrasons émis par ces animaux pour se repérer et chasser.

Le système utilisé est basé sur un enregistreur d'ultrasons SM4BAT (Wildlife Acoustics) capable d'enregistrer les sons de chauves-souris suivant différents paramètres de déclenchement (cf. Tableau 1).

En 2022, 2023 et 2024, le microphone a été installé sur l'éolienne E03, en nacelle, à 105 m de hauteur.

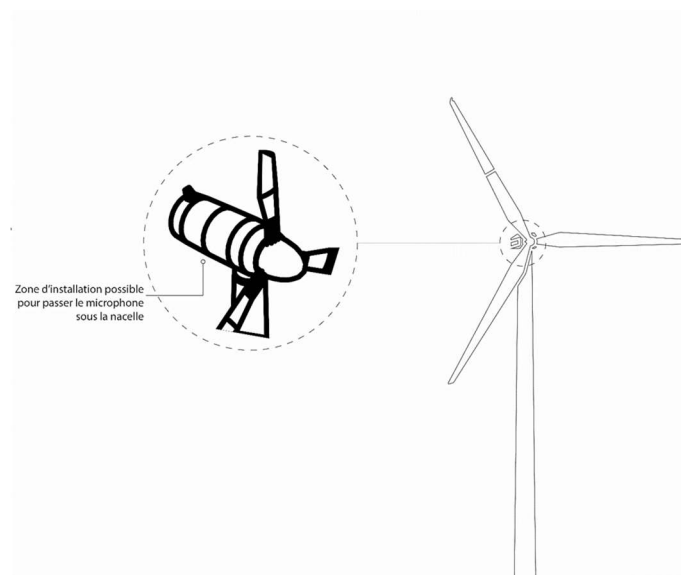


Figure 4 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.

Tableau 1 : Paramétrage de l'enregistreur en hauteur

Paramètres d'enregistrement	SM4BAT
Type de microphone utilisé	SMM-U2
Filtre Pass Haut	Off
Fréquence d'échantillonnage	256 KHz
Fréquence minimale	14 KHz
Fréquence maximale	128 KHz
Durée minimale de déclenchement	1 ms
Niveau du trigger	6 dB
Trigger maximal	5 sec.
Déclenchement avant le coucher du soleil	30 min.
Arrêt après le lever du soleil	30 min.

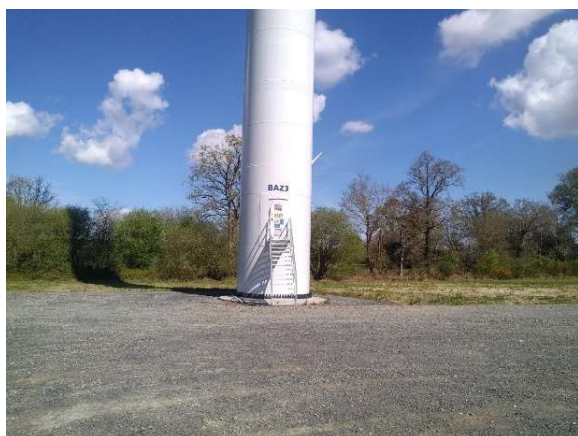


Photo éolienne E3



Photo enregistreur dans l'éolienne 3

Microphone et enregistreur SMART installé en nacelle E02 du parc de Bazougeais

1.2.2.4.2.1. Calendrier des enregistrements

L'activité des chauves-souris en altitude a été analysée durant 9 mois, du 21 mars 2024 au 15 novembre 2024.

Au total, 235 nuits ont été analysées. Une brève interruption des enregistrements a eu lieu du 15 juin au 19 juin 2024. Lors de la maintenance déclenchée à la suite de l'arrêt de l'enregistreur, celui-ci a été retrouvé débranché.

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			
Mars 2024	11	Aout 2024	31
Avril 2024	30	Septembre 2024	30
Mai 2024	31	Octobre 2024	31
Juin 2024	26	Novembre 2024	14
Juillet 2024	31		
TOTAL			235

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

1.2.2.4.2.2. Représentativité des inventaires

Du fait du nombre de nuits d'enregistrement, 235 nuits entre mars 2024 et novembre 2024, **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 2024 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.

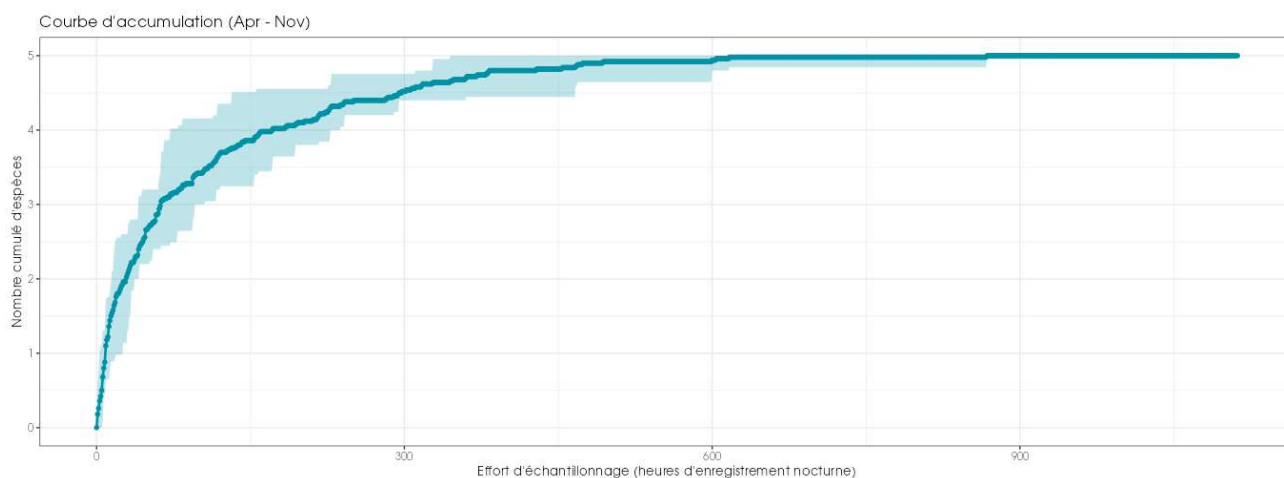


Figure 5 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du Parc de Bazougeais

1.2.2.4.3. 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.

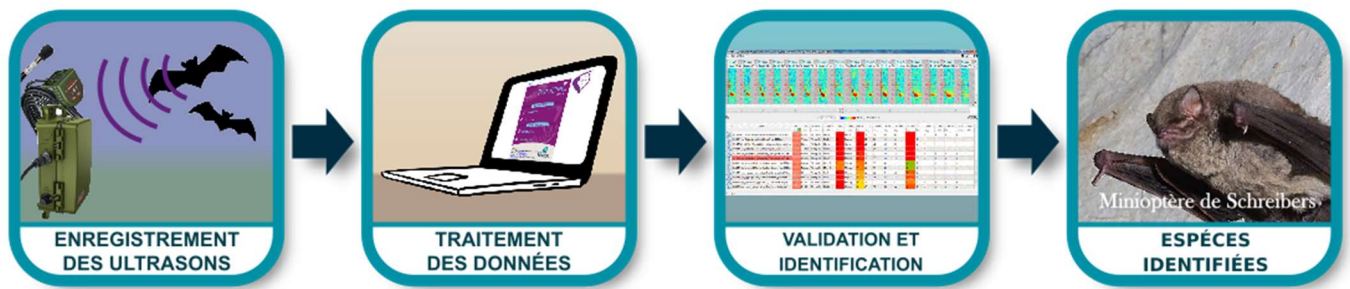


Figure 6 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

1.2.2.4.4. 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.

1.2.2.4.5. 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	
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>		

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables
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 pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle pygmée	Pipistrelle / Minioptère
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	
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	Groupe Molosse / Grande Noctule
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Molosse de Cestoni	

1.2.2.4.6. Évaluation des niveaux d'activité

1.2.2.4.6.1. 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).

1.2.2.4.6.2. 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.

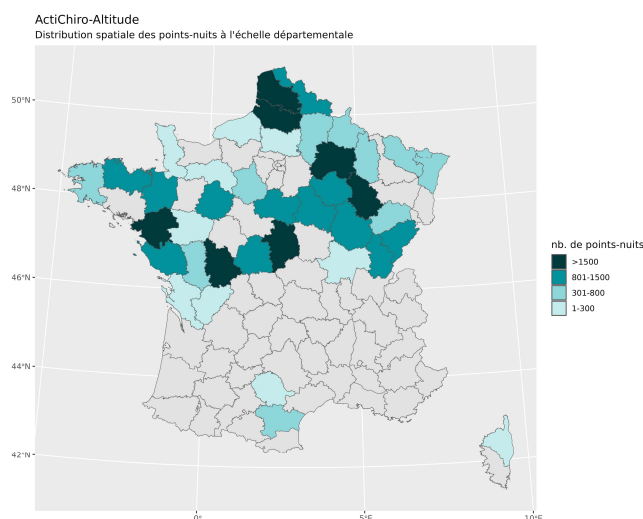


Figure 7 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude

1.2.2.4.6.3. Référentiel ActiChiro® dédié à cette étude

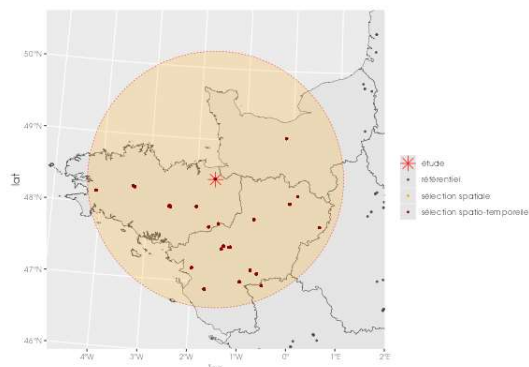
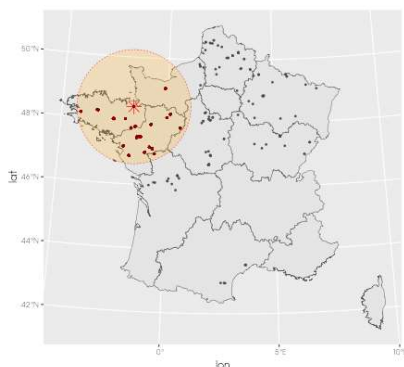
Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée au site d'étude et au type d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. **Le nouvel 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 :

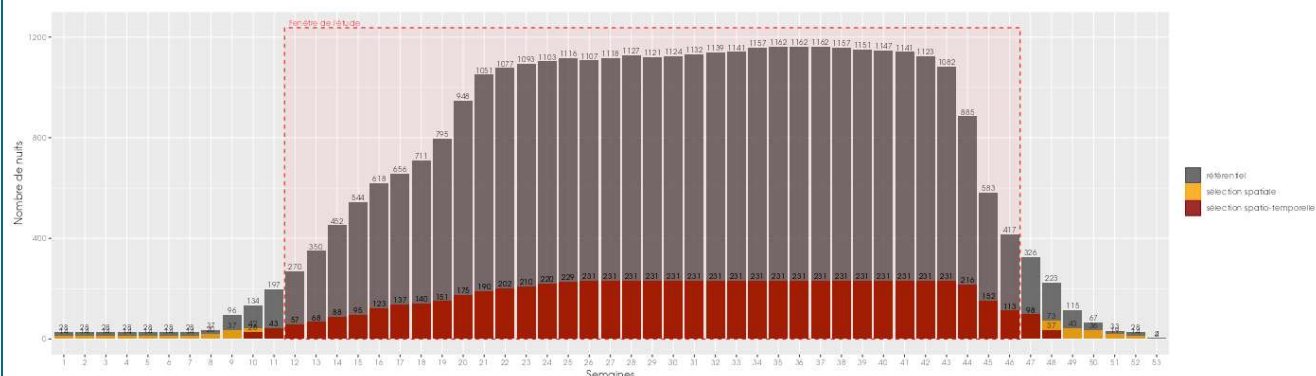
Tableau 4 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude

Pour le suivi sur l'ensemble de l'année 2024 (21 mars-15 novembre)	
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 80 à 120 m
Sélection temporelle du référentiel	+/- 15 jours autour de la période étudiée
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude

Pour le suivi sur l'ensemble de l'année 2024 (21 mars-15 novembre)



Sélection temporelle du référentiel



Pour le suivi en période de migration printanière (avril à fin mai)

Sélection spatiale du référentiel

Rayon de 200 km autour du centroïde des points d'écoute réalisés dans le cadre de cette étude.

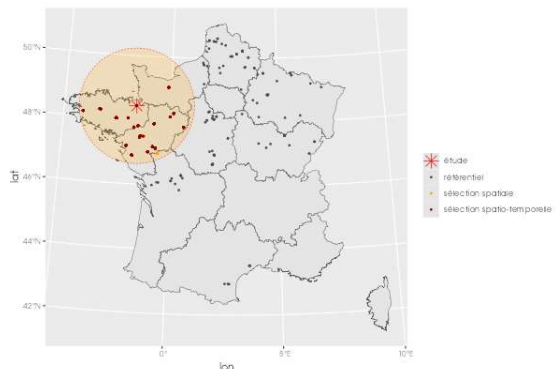
Sélection de l'altitude du référentiel

Hauteur des points d'écoute de 80 à 120 m

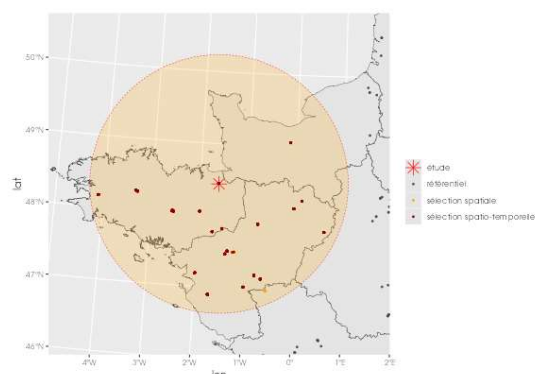
Sélection temporelle du référentiel

+/- 15 jours autour de la période étudiée

Carte du référentiel

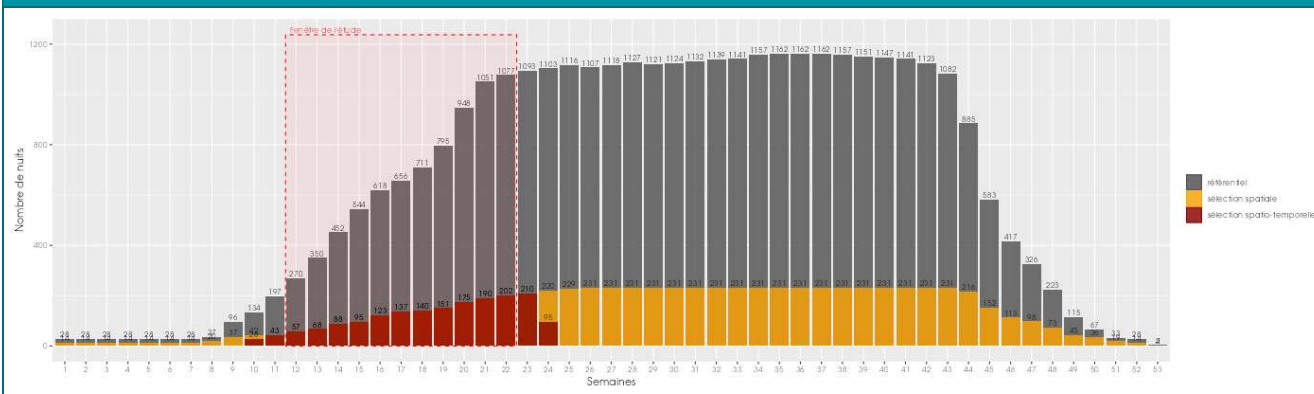


Zoom sur la zone d'étude



Sélection temporelle du référentiel

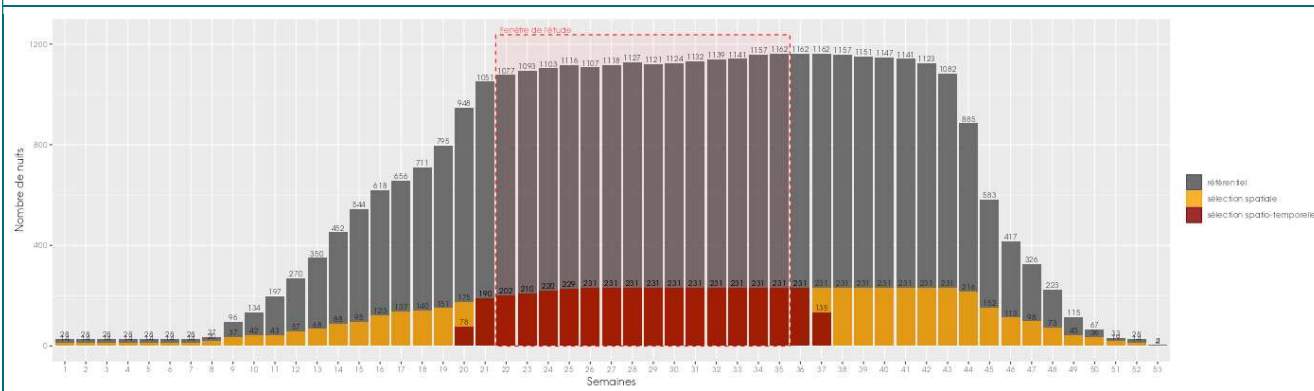
Pour le suivi en période de migration printanière (avril à fin mai)



Pour le suivi en période de mise-bas et estival (juin-août)

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 80 à 120 m
Sélection temporelle du référentiel	+/- 15 jours autour de la période étudiée
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude

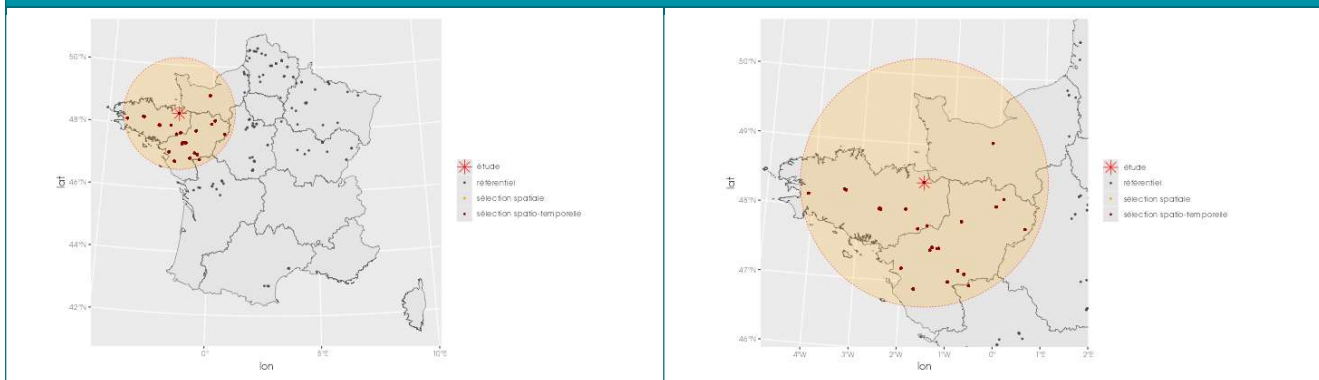
Sélection temporelle du référentiel



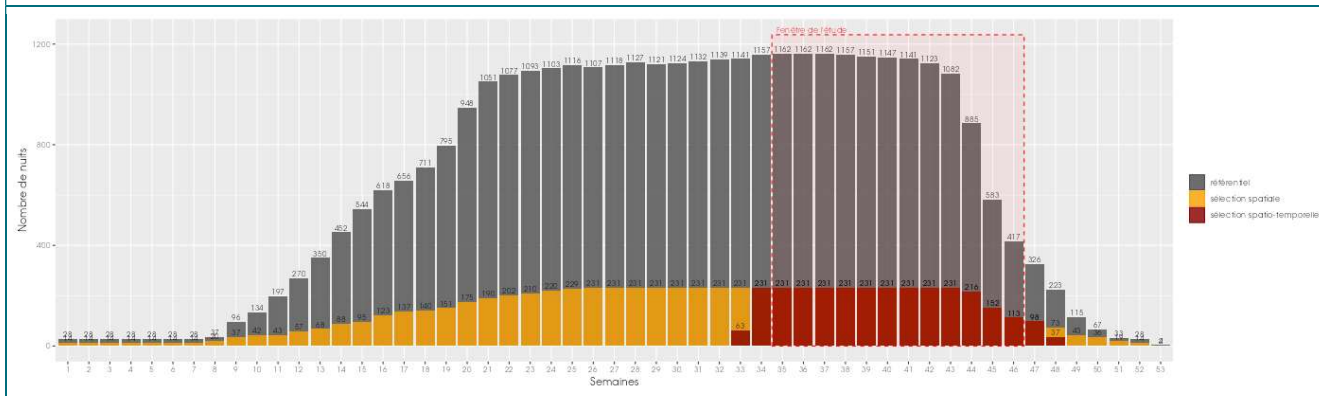
Pour le suivi en période automnale (septembre-novembre)

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 80 à 120 m
Sélection temporelle du référentiel	+/- 15 jours autour de la période étudiée
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude

Pour le suivi en période automnale (septembre-novembre)



Sélection temporelle du référentiel



1.2.2.4.6.4. 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.

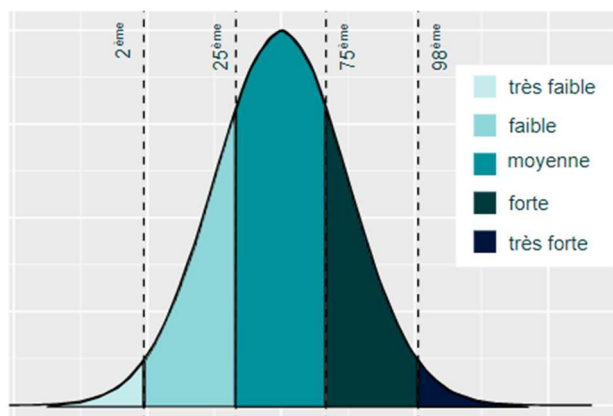


Figure 8 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude

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.

1.2.2.4.7. Acquisition et croisement des données météorologiques

Les données météorologiques ont été transmises par Boralex. Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur l'éolienne E3 du parc éolien de Bazougeais. La vitesse de vent et la température sont mesurées à 105 m de haut. Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

Des données météorologiques sont absentes sur quelques plages horaires uniquement en journée (hors période d'activité des chiroptères).

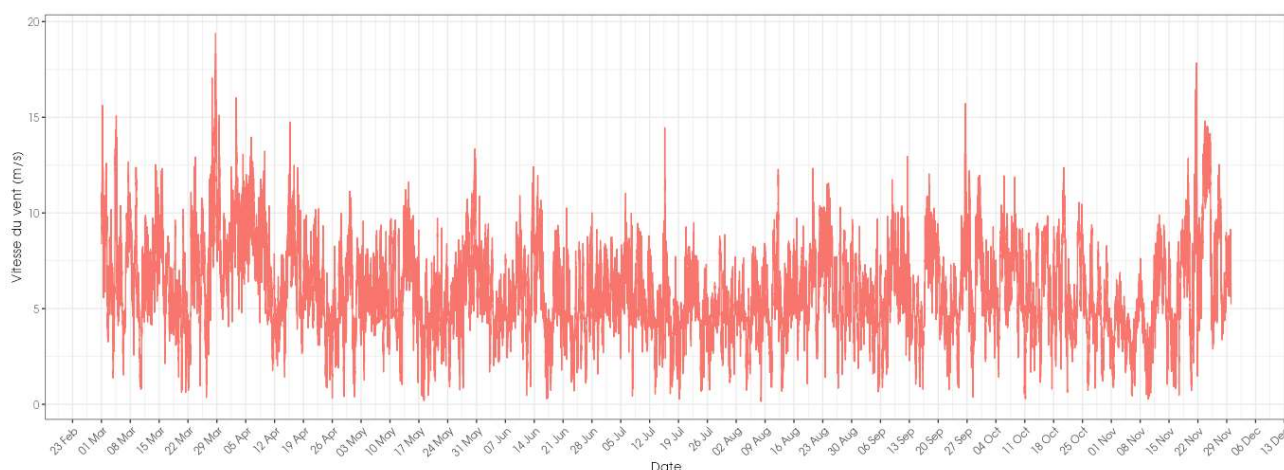


Figure 9. Schéma temporel de la vitesse du vent à 105 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E3 du parc de Bazougeais en 2024

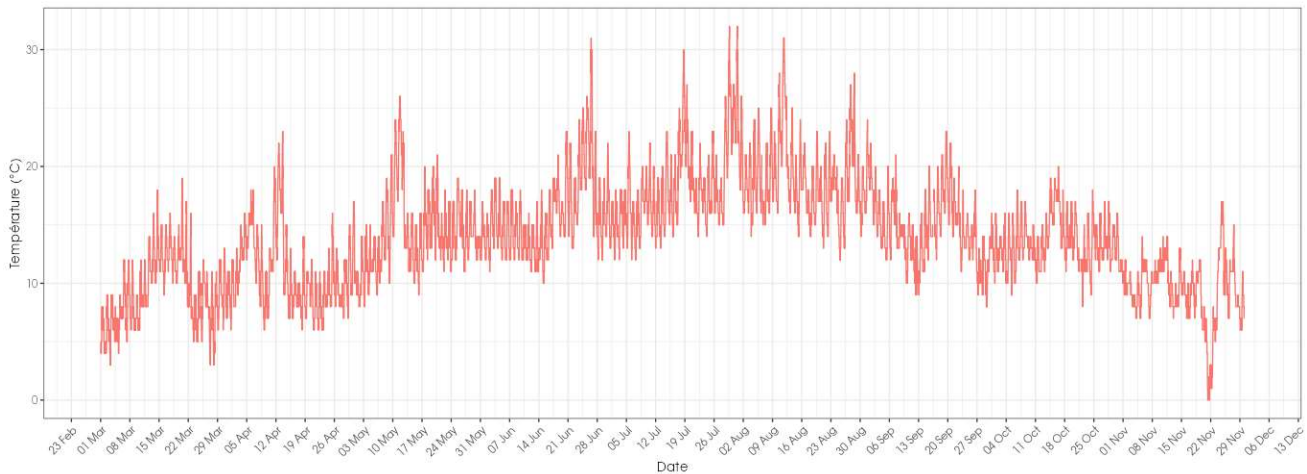


Figure 10. Schéma temporel de la température à 105 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E3 du parc de Bazougeais en 2024

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 105 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 déterminé 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 passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le Tableau 5.

Ainsi 65 passages ont été réalisés, à raison de 2 par semaine, du 15 mars 2024 au 24 octobre 2024.

Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (65 passages)		
1	15/03/2024	Vent moyen :25,8 km/h; Température moyenne: 14,6°C; Nébulosité:96%
2	19/03/2024	Vent moyen :11,8 km/h; Température moyenne: 13,5°C; Nébulosité:93%
3	22/03/2024	Vent moyen :12 km/h; Température moyenne: 10,7°C; Nébulosité:98%
4	26/03/2024	Vent moyen :4,8 km/h; Température moyenne: 9°C; Nébulosité:95%
5	29/03/2024	Vent moyen :27,8 km/h; Température moyenne: 11,4°C; Nébulosité:91%
6	02/04/2024	Vent moyen :36,4 km/h; Température moyenne: 11,1°C; Nébulosité:97%
7	05/04/2024	Vent moyen :27,8 km/h; Température moyenne: 15,7°C; Nébulosité:96%
8	10/04/2024	Vent moyen :24,2 km/h; Température moyenne: 11,6°C; Nébulosité:99%
9	12/04/2024	Vent moyen :11,7 km/h; Température moyenne: 18,7°C; Nébulosité:0%

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
10	17/04/2024	Vent moyen :25,8 km/h; Température moyenne: 10,4°C; Nébulosité:91%
11	19/04/2024	Vent moyen :24,4 km/h; Température moyenne: 10,6°C; Nébulosité:100%
12	23/04/2024	Vent moyen :5 km/h; Température moyenne: 9,6°C; Nébulosité:97%
13	26/04/2024	Vent moyen :8,9 km/h; Température moyenne: 10,7°C; Nébulosité:96%
14	30/04/2024	Vent moyen :22,3 km/h; Température moyenne: 13,7°C; Nébulosité:89%
15	03/05/2024	Vent moyen :5,7 km/h; Température moyenne: 12,2°C; Nébulosité:92%
16	06/05/2024	Vent moyen :6,5 km/h; Température moyenne: 12,5°C; Nébulosité:94%
17	10/05/2024	Vent moyen :14,6 km/h; Température moyenne: 19,2°C; Nébulosité:0%
18	13/05/2024	Vent moyen :24,2 km/h; Température moyenne: 14,6°C; Nébulosité:100%
19	16/05/2024	Vent moyen :12,3 km/h; Température moyenne: 13,7°C; Nébulosité:92%
20	20/05/2024	Vent moyen :13,3 km/h; Température moyenne: 15,5°C; Nébulosité:94%
21	25/05/2024	Vent moyen :8,7 km/h; Température moyenne: 16,7°C; Nébulosité:95%
22	28/05/2024	Vent moyen :22 km/h; Température moyenne: 16,2°C; Nébulosité:98%
23	31/05/2024	Vent moyen :20,5 km/h; Température moyenne: 15,7°C; Nébulosité:93%
24	04/06/2024	Vent moyen :10,1 km/h; Température moyenne: 15,4°C; Nébulosité:100%
25	07/06/2024	Vent moyen :5,1 km/h; Température moyenne: 14,6°C; Nébulosité:100%
26	10/06/2024	Vent moyen :20 km/h; Température moyenne: 14,6°C; Nébulosité:98%
27	14/06/2024	Vent moyen :21,6 km/h; Température moyenne: 15,3°C; Nébulosité:96%
28	17/06/2024	Vent moyen :6,4 km/h; Température moyenne: 17,9°C; Nébulosité:95%
29	21/06/2024	Vent moyen :10,3 km/h; Température moyenne: 17,2°C; Nébulosité:98%
30	25/06/2024	Vent moyen :12,2 km/h; Température moyenne: 20,3°C; Nébulosité:88%
31	28/06/2024	Vent moyen :9,8 km/h; Température moyenne: 16,3°C; Nébulosité:92%
32	02/07/2024	Vent moyen :17,1 km/h; Température moyenne: 15,7°C; Nébulosité:98%
33	05/07/2024	Vent moyen :21,6 km/h; Température moyenne: 19,4°C; Nébulosité:98%
34	09/07/2024	Vent moyen :19,2 km/h; Température moyenne: 18,7°C; Nébulosité:100%
35	12/07/2024	Vent moyen :15,1 km/h; Température moyenne: 16,4°C; Nébulosité:94%
36	16/07/2024	Vent moyen :13 km/h; Température moyenne: 18°C; Nébulosité:91%
37	19/07/2024	Vent moyen :9,9 km/h; Température moyenne: 20,6°C; Nébulosité:94%
38	22/07/2024	Vent moyen :20,6 km/h; Température moyenne: 20,3°C; Nébulosité:99%
39	25/07/2024	Vent moyen :12,7 km/h; Température moyenne: 19,6°C; Nébulosité:99%
40	29/07/2024	Vent moyen :10,8 km/h; Température moyenne: 23,7°C; Nébulosité:94%
41	02/08/2024	Vent moyen :18,3 km/h; Température moyenne: 19,4°C; Nébulosité:96%

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
42	06/08/2024	Vent moyen : 7,6 km/h; Température moyenne: 18,1°C; Nébulosité: 98%
43	09/08/2024	Vent moyen : 13 km/h; Température moyenne: 19,7°C; Nébulosité: 98%
44	12/08/2024	Vent moyen : 1,2 km/h; Température moyenne: 20,2°C; Nébulosité: 100%
45	16/08/2024	Vent moyen : 16 km/h; Température moyenne: 20,4°C; Nébulosité: 99%
46	20/08/2024	Vent moyen : 12,8 km/h; Température moyenne: 18,8°C; Nébulosité: 97%
47	23/08/2024	Vent moyen : 11,5 km/h; Température moyenne: 19,3°C; Nébulosité: 100%
48	27/08/2024	Vent moyen : 12,8 km/h; Température moyenne: 22,8°C; Nébulosité: 100%
49	30/08/2024	Vent moyen : 12,8 km/h; Température moyenne: 18,2°C; Nébulosité: 95%
50	02/09/2024	Vent moyen : 14 km/h; Température moyenne: 18,3°C; Nébulosité: 99%
51	06/09/2024	Vent moyen : 5,6 km/h; Température moyenne: 16,5°C; Nébulosité: 96%
52	10/09/2024	Vent moyen : 16,9 km/h; Température moyenne: 15,9°C; Nébulosité: 100%
53	13/09/2024	Vent moyen : 10,5 km/h; Température moyenne: 14,7°C; Nébulosité: 88%
54	17/09/2024	Vent moyen : 22,7 km/h; Température moyenne: 17,8°C; Nébulosité: 0%
55	19/09/2024	Vent moyen : 17,1 km/h; Température moyenne: 19,6°C; Nébulosité: 0%
56	24/09/2024	Vent moyen : 11,8 km/h; Température moyenne: 15,7°C; Nébulosité: 99%
57	27/09/2024	Vent moyen : 14,1 km/h; Température moyenne: 12,7°C; Nébulosité: 100%
58	30/09/2024	Vent moyen : 23,2 km/h; Température moyenne: 15,4°C; Nébulosité: 99%
59	03/10/2024	Vent moyen : 12,5 km/h; Température moyenne: 15,6°C; Nébulosité: 85%
60	08/10/2024	Vent moyen : 29,4 km/h; Température moyenne: 16,3°C; Nébulosité: 85%
61	11/10/2024	Vent moyen : 8,3 km/h; Température moyenne: 13°C; Nébulosité: 100%
62	15/10/2024	Vent moyen : 14,6 km/h; Température moyenne: 16,6°C; Nébulosité: 98%
63	18/10/2024	Vent moyen : 11,6 km/h; Température moyenne: 15°C; Nébulosité: 95%
64	21/10/2024	Vent moyen : 3,9 km/h; Température moyenne: 12,6°C; Nébulosité: 100%
65	24/10/2024	Vent moyen : 18,4 km/h; Température moyenne: 13,2°C; Nébulosité: 98%
Tests de prédation (3 tests)		
Test 1	27/05/2024	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4)
Test 2	26/08/2024	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7)
Test 3	14/10/2024	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4)
Tests d'efficacité de recherche (3 tests)		
Test 1	10/06/2024	Dépôt de 90 leurres
Test 2	29/07/2024	Dépôt de 40 leurres
Test 3	03/10/2024	Dépôt de 32 leurres

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de l'activité des chiroptères		
	Du 21/03 au 15/11/2024	Enregistrements en continu depuis l'éolienne E03, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 105 m de hauteur, du 21 Mars au 15 Novembre 2024, soit pendant 8 mois.

1.2.3.1 Réalisation des tests de prédation

Les trois tests de prédation ont été réalisés sur 7 jours pour l'une des éoliennes du parc, et 4 jours pour les deux autres, comme tous les rats avaient déjà disparu aux J+4 ou J+7. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 40 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, J+7), tôt le matin, pendant une semaine. 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. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 32 à 90 leurres disposés par 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 11 : 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 3 tests).

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Parc ensemble
Occupations du sol					
Chemin	-	-	-	30	30
Fossé	-	-	-	15	15
Labour	18	6	13	3	40
Maïs	-	-	-	15	15
Plateforme	4	9	15	18	46
Tas de terre	-	-	16	-	16
Hauteurs de végétation					
0	19	15	35	33	102
3	-	-	-	15	15

5	-	-	-	3	3
10	2	-	-	-	2
15	1	-	-	-	1
25	-	-	-	15	15
30	-	-	5	-	5
50	-	-	4	-	4
70	-	-	-	15	15
Dates de tests					
10/06/2024	20	7	23	40	90
29/07/2024	1	4	15	20	40
03/10/2024	1	4	6	21	32
Total	22	15	44	81	162

1.2.3.1 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 (6 / 65 passages réalisés).

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 faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les trois tests réalisés, ce sont 6 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 9 hauteurs différentes de végétation.

1.2.1 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, analyse du bridage et contrôle qualité	Marine RIU	Cheffe de projet – Chiroptérologue
Expertise des chiroptères en hauteur	Youenn FOULIARD	Expert fauniste – Chiroptérologue
Suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (59 sessions)	Arnaud GUYARD	Technicien suivi de mortalité
- Suivi de mortalité : Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (3 sessions) - Rédaction de l'étude	Alex TREMBLAIS	Chargé de missions
Suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (3 sessions)	Pierre TRUHAUD	Technicien suivi de mortalité

2 Synthèse et analyse des résultats

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

2.1.1 Espèces contactées

D'après les enregistrements réalisés en hauteur, 6 espèces de chiroptères sont présentes ou considérées comme telles au niveau du parc éolien de Bazougeais :

- 4 espèces contactées lors des inventaires de terrain (Cf. Annexe IV)
 - Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
 - Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
 - Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ;
 - Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*).
- 2 groupes d'espèces correspondant aux contacts de chiroptères n'ayant pas pu être déterminés jusqu'à l'espèce par la méthode acoustique :
 - Groupes des « sérotules » (*Eptesicus sp.* / *Nyctalus sp.*) ;
 - Groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius (*Pipistrellus kuhlii* / *P. nathusii*).

En 2024, six espèces de chauves-souris ont été contactées, à hauteur de nacelle, au niveau de l'éolienne E3, ce qui représente 29% des 21 espèces présentes en région Bretagne.

La richesse spécifique contactée lors de l'étude en hauteur (6 espèces) est jugée moyenne. Néanmoins, il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en hauteur.

Tableau 8 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc de Bazougeais en 2024.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Statuts réglementaires		Statuts patrimoniaux			
	Europe	France	LRN	LRR	Dét. ZNIEFF	Responsabilité biologique régionale
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	An. IV	Art.2	NT	NT	DZ	Modérée
Noctule commune <i>Nyctalus noctua</i>	An. IV	Art.2	VU	NT	DZ	Modérée
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	An. IV	Art.2	NT	LC	-	Mineure
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An. IV	Art.2	NT	LC	-	Mineure
Paire d'espèces identifiée						
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	An. IV	Art.2	LC	LC	-	Mineure
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	An. IV	Art.2	NT	NT	-	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.
- Art. 3 : espèces inscrites à l'article 3 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 : protection des individus.
- LRN : La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine (UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017) : RE : disparu de France métropolitaine ; CR : en danger critique ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi-menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; NE : non évalué.
- LRR : Liste rouge régionale des mammifères & Responsabilité biologique régionale (2015) : RE : disparu au niveau régional ; CR : en danger critique ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi-menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; NE : non évalué.
- Dét. ZNIEFF : listes d'espèces déterminantes des ZNIEFF, (2021).

2.1.2 Abondance relative

Au cours de la période d'enregistrement (235 nuits exploitables entre le 21 mars et le 15 novembre 2024), 1 284 contacts de 5 secondes ou 855 minutes (soit 14h15) d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenus.

Le tableau suivant synthétise la répartition des contacts enregistrés par espèce et groupe d'espèces de chiroptères obtenue à hauteur de nacelle (105 m), pendant les 235 nuits d'écoute.

Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 105 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 (%)
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	40	3,1%	16	1,9%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	315	24,5%	203	23,7%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	60	4,7%	38	4,4%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	16	1,2%	16	1,9%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	619	48,2%	448	52,4%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i> .	234	18,2%	134	15,7%
Total	1284		855	

Sur l'ensemble de la période comprise entre mars et novembre 2024, l'analyse montre que :

- La **Pipistrelle commune** est l'**espèce la plus représentée en altitude**, avec 52% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude ;
- La **Noctule de Leisler** est la deuxième espèce la plus fréquente sur site, avec 23% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude. Cette espèce est typiquement fortement représentée en altitude ;
- Le groupe **Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius** arrive en troisième position avec 15% des « minutes positives »
- La **Sérotine commune** représente également une petite part des contacts en altitude avec 4.4% des « minutes positives ». Il s'agit de l'espèce la moins présente en altitude au sein du groupe « sérotines »
- La **Noctule commune** est peu fréquente sur site bien qu'elle fasse généralement partie des espèces les plus fréquentes en altitude. Cette noctule représente seulement 1,9% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrée en altitude.

En 2024, le suivi a permis de comptabiliser 855 minutes positives au cours des 235 nuits de suivi effectives. Ainsi, **on obtient une moyenne de 3,6 minutes positives par nuit.**

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 2023. Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée 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 II : Méthodes d'inventaires).

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 au printemps quand présence ou absence	Niveau d'activité au printemps quand présence uniquement
Noctule commune	235	2,6%	0,07	2,67	Activité faible	Activité faible
Noctule de Leisler	235	24,7%	0,85	3,43	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle commune	235	24,7%	1,90	7,69	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	235	15,7%	0,57	3,62	Activité forte	Activité très faible
Sérotine commune	235	5,5%	0,16	2,92	Activité très forte	Activité très forte
Sérotine / Noctule	235	6,0%	0,07	1,14	Activité très faible	Activité très faible
Toutes espèces	235	43%	3,53	8.14	Activité très forte	Activité forte

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 de la période suivi, trois espèces montrent une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Sérotine commune. L'ensemble des autres espèces ou groupes d'espèces montrent une activité faible à très faible, hormis la paire Pipistrelle de Kuhl / Nathusius qui atteint une activité forte « quand présence ou absence » mais très faible en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 43 % des nuits, avec une activité très forte.

2.1.3.1 Activité en période printanière (avril à mai)

Tableau 11 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période printanière

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence	Niveau d'activité au printemps quand présence uniquement
Noctule commune	72					
Noctule de Leisler	72	9,7%	0,15	1,57	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle commune	72	12,5%	0,50	4,00	Activité forte	Activité faible
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	72	8,3%	0,32	3,83	Activité forte	Activité faible
Sérotine commune	72					
Sérotine / Noctule	72	1,4%	0,01	1,00	Activité moyenne	Activité très faible
Toutes espèces	72	21%	0.99	4.73	Activité forte	Activité faible

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-nuits 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).

En période printanière, une seule espèce montre une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler. L'ensemble des autres espèces ou groupes d'espèces montrent une activité forte à moyenne ou faible à très faible en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente. La Noctule commune n'a pas été détectée à cette période.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 21 % des nuits, avec une activité forte.

2.1.3.2 Activité en période estivale (juin à aout)

Tableau 12 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période estivale

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence	Niveau d'activité au printemps quand présence uniquement
Noctule commune	88	6,8%	0,18	2,67	Activité moyenne	Activité faible
Noctule de Leisler	88	34,1%	1,27	3,73	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle commune	88	34,1%	3,20	9,40	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	88	19,3%	0,61	3,18	Activité forte	Activité très faible
Sérotine commune	88	12,5%	0,39	3,09	Activité très forte	Activité très forte
Sérotine / Noctule	88	9,1%	0,11	1,25	Activité faible	Activité très faible
Toutes espèces	88	58%	5,70	9,84	Activité très forte	Activité très forte

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).

En période estivale, trois espèces montrent une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Sérotine commune. L'ensemble des autres espèces ou groupes d'espèces montrent une activité moyenne à très faible, hormis la paire Pipistrelle de Kuhl / Nathusius qui atteint une activité forte « quand présence ou absence » mais très faible en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 58 % des nuits, avec une activité très forte.

2.1.3.3 Activité en période automnale (septembre à novembre)

Tableau 13 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période automnale

Espèces	Nombre de nuits	Occurrence par nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence	Niveau d'activité au printemps quand présence uniquement
Noctule commune	75					
Noctule de Leisler	75	26,7%	0,99	3,70	Activité très forte	Activité très forte
Pipistrelle commune	75	24,0%	1,69	7,06	Activité très forte	Activité forte
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	75	17,3%	0,75	4,31	Activité forte	Activité moyenne
Sérotine commune	75	1,3%	0,01	1,00	Activité moyenne	Activité très faible
Sérotine / Noctule	75	5,3%	0,05	1,00	Activité très faible	Activité très faible
Toutes espèces	75	47%	3,32	7,11	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).

En période automnale, deux espèces montrent une activité très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune. La paire Pipistrelle de Kuhl / Nathusius atteint une activité forte « quand présence ou absence » et moyenne en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente. La Sérotine commune montre une activité moyenne à très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 47 % des nuits, avec une activité très forte.

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.

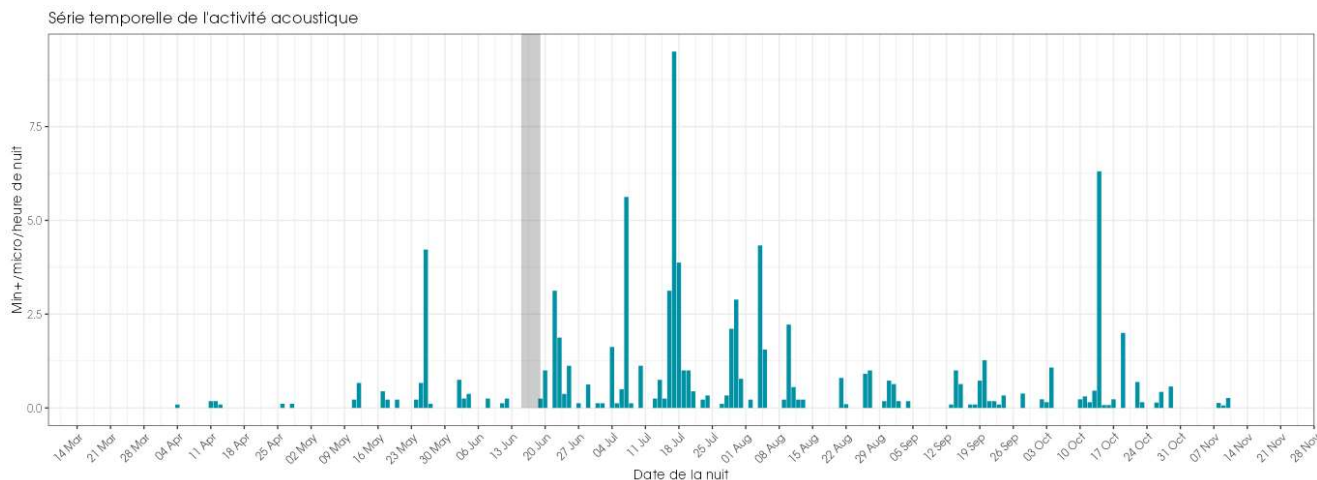


Figure 12 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistrée en altitude (105 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2024

L'activité enregistrée à 105 m au niveau de l'éolienne E03 du parc de Bazougeais montre d'importante variation de l'activité des chauves-souris. La plupart des pics d'activité les plus importants ont été observé durant la période estivale. Deux autres pics ont eu lieu en mai et octobre.

2.1.4.1 Activité mensuelle

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

L'activité augmente progressivement au cours des mois d'avril à juillet, ensuite l'activité diminue de la même manière avec toutefois un regain d'activité en octobre.

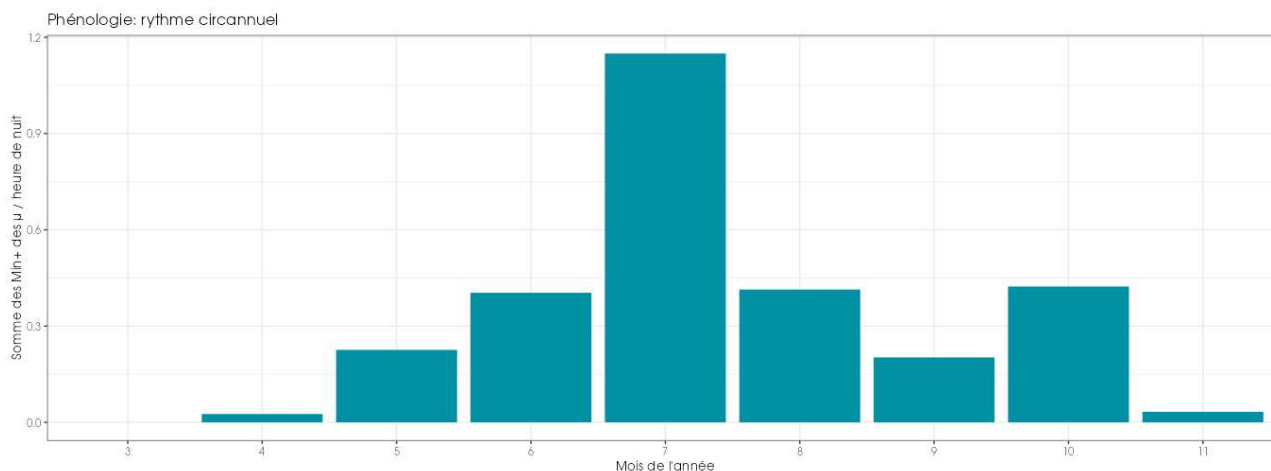


Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (105 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2024

■ Pipistrelle commune

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 52 % du total des minutes positives obtenues et a une activité passant de forte à très forte entre le printemps et l'été et l'automne.

L'activité de la Pipistrelle commune augmente progressivement au cours des mois d'avril à juillet, ensuite l'activité diminue de la même manière avec toutefois un regain d'activité en octobre.

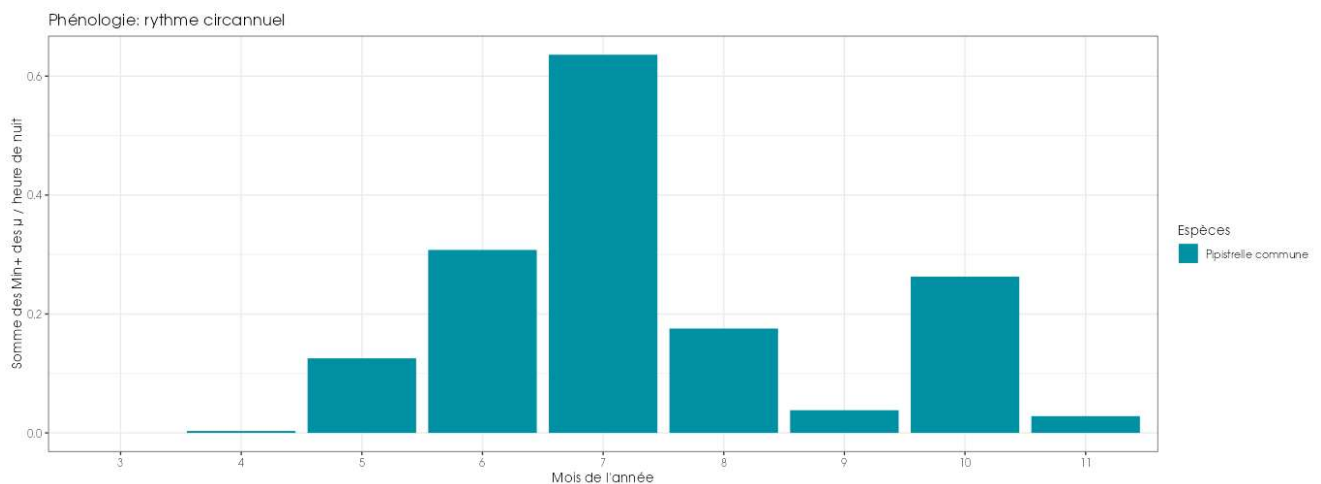


Figure 14 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Bazougeais en 2024.

■ Groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius

Pour rappel, la paire Pipistrelle de Kuhl / Nathusius représente 15 % du total des minutes positives obtenues et a une activité forte sur toute l'année.

L'activité de la paire d'espèce est assez hétérogène entre les mois. Le pic de juin correspond probablement plutôt à la Pipistrelle de Kuhl tandis qu'en mai, septembre et octobre il est probable qu'une partie des contacts soit des Pipistrelles de Nathusius. La faible activité en août est surprenante

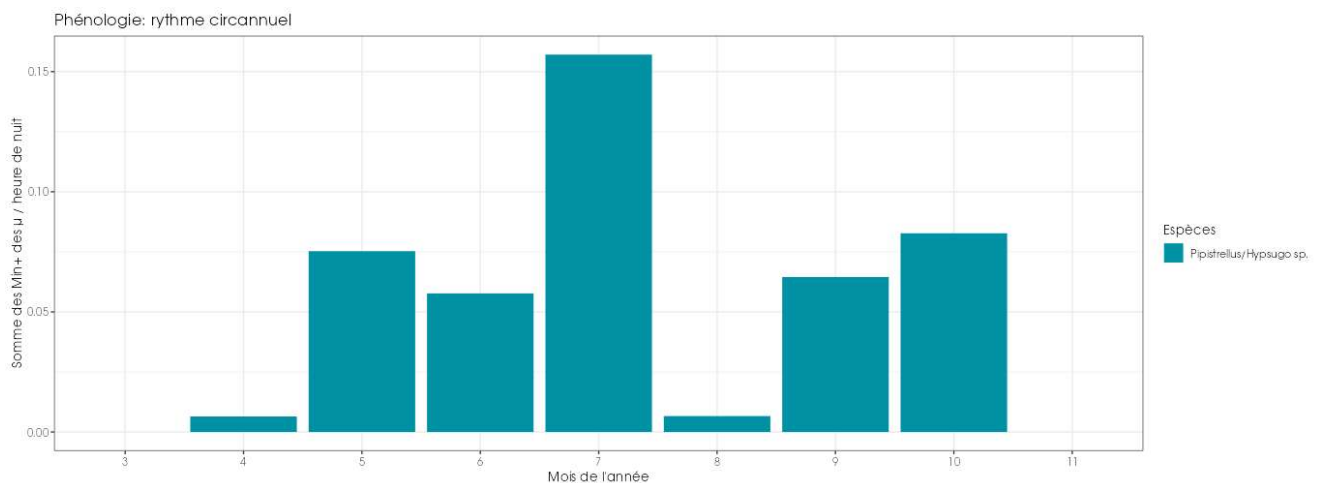


Figure 15 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 de Bazougeais en 2024.

■ Groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune

Pour rappel, la Noctule de Leisler est la deuxième espèce la plus fréquente sur site, avec 23% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude avec une activité très forte sur toute la période. La Sérotine commune représente une petite part des contacts en altitude avec 4.4% des « minutes positives ». Son activité est hétérogène, absente au printemps mais avec une activité très forte l'été et moyenne à l'automne. La Noctule commune est peu fréquente sur site avec seulement 1,9% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude. Elle atteint une activité moyenne uniquement en période estivale. 1.9% de contacts n'ont pas pu être associés à une espèce et sont associés au groupe « sérotules ».

Deux pics d'activité sont présents en juillet et août dominés par la Noctule de Leisler mais les deux autres espèces sont présentes. En période automnale l'activité reste importante et est largement dominée par la Noctule de Leisler. Au printemps

l'activité est plus réduite mais reste très forte pour la Noctule de Leisler en considérant les résultats comparatifs avec notre référentiel ActiChiro®.

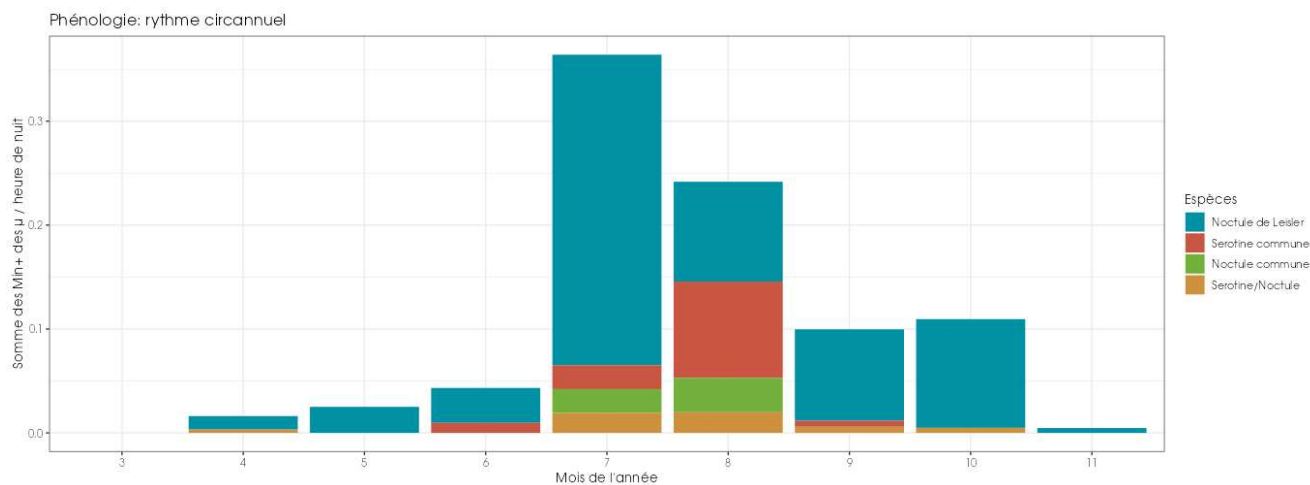


Figure 16 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les sérotules, en altitude sur l'éolienne E3 de Bazougeais en 2024.

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 progressivement.

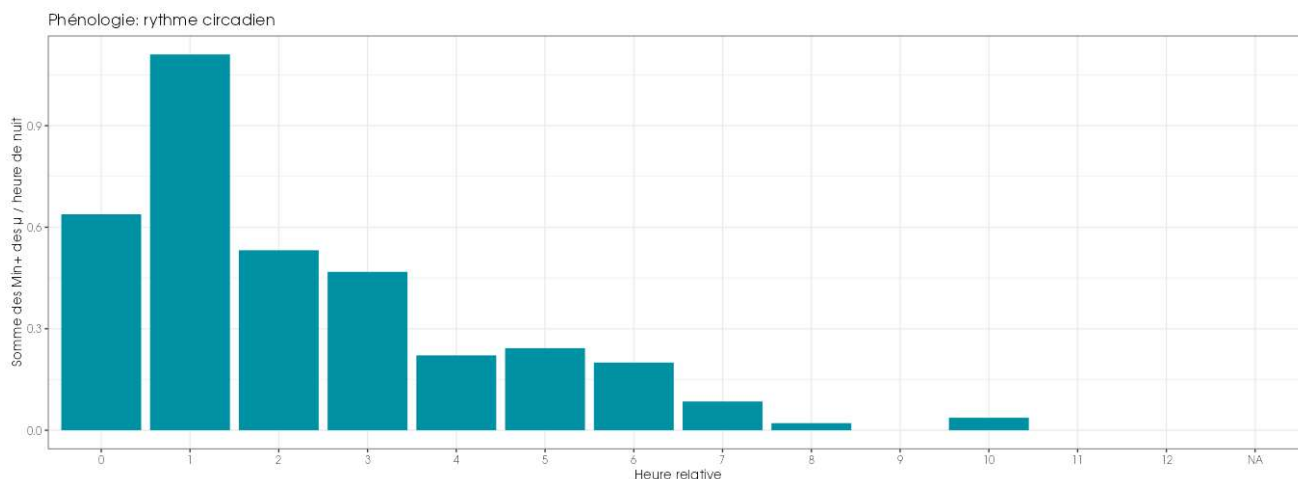


Figure 17 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (105 m), toutes espèces confondues, de mars à novembre 2024

On observe globalement le même rythme d'activité si on regarde l'activité horaire en fonction des périodes de l'année (printemps, été et automne). Les activités horaires sur ces périodes et sur les mois présentant une activité des chauves-souris sont présentées sur les diagrammes suivants (cf. Figure 18).

On peut voir que quelque soit le mois on observe un pic d'activité durant les premières heures de la nuit. L'activité diminue ensuite.

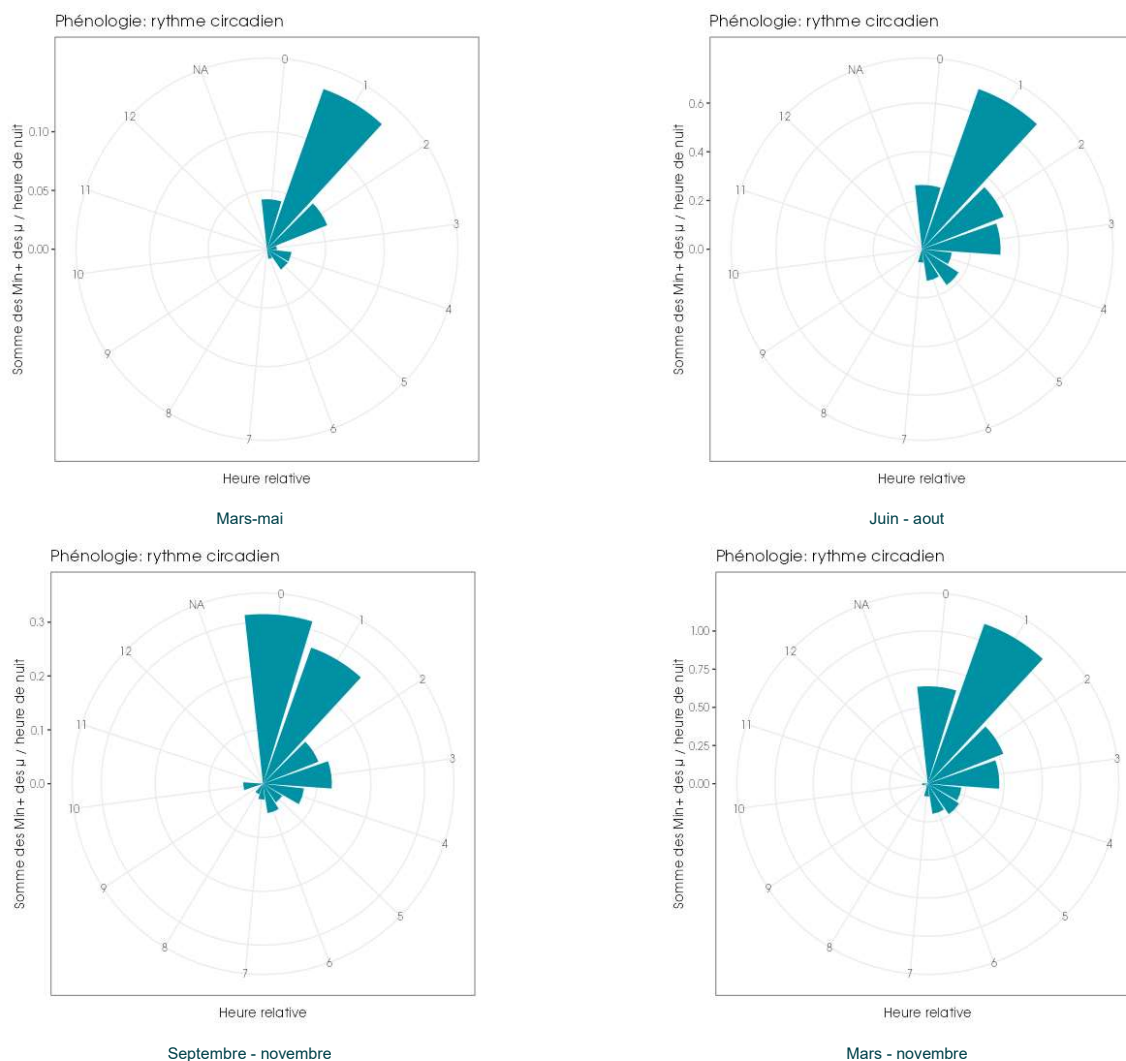


Figure 18 : Nombre de contacts par tranche horaire en fonction de la période de l'année, après le coucher du soleil, en altitude (105 m) et toutes espèces confondues

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

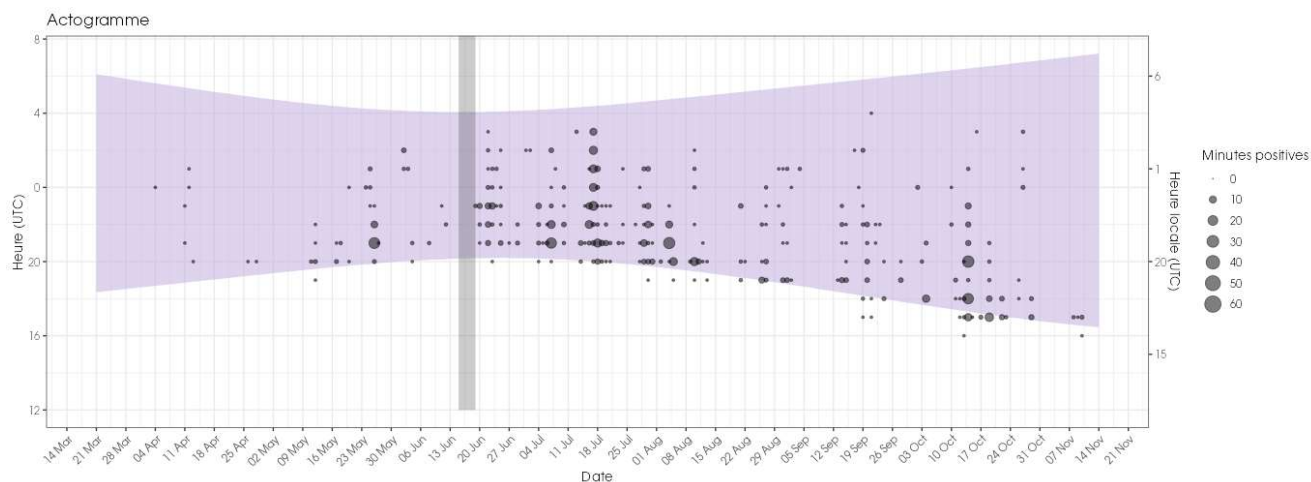


Figure 19 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (105 m)

Cette représentation graphique montre bien que l'activité chiroptérologique est plus intensément marquée au début de la nuit. Néanmoins, elle ne disparaît pas totalement au cours de la nuit, les chauves-souris restent actives tout au long de la nuit. Notons néanmoins 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 14 : 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	2h00	2h39	5h02	5h52	6h35	7h58
Période printanière (avril à mai)	1h47	2h17	4h21	4h44	5h48	6h09
Période estivale (juin à août)	2h12	3h46	5h19	5h53	6h29	7h17
Période automnale (septembre à novembre)	1h38	3h29	4h42	6h14	7h29	10h08

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 5h52 qui suivent le coucher du soleil ;
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 2h39 qui suivent le coucher du soleil ;
- 50 % de l'activité en altitude a été obtenue entre le coucher du soleil et environ 2h00 après celui-ci.

2.1.5 Comparaison avec les suivis de l'activité des chiroptères antérieures

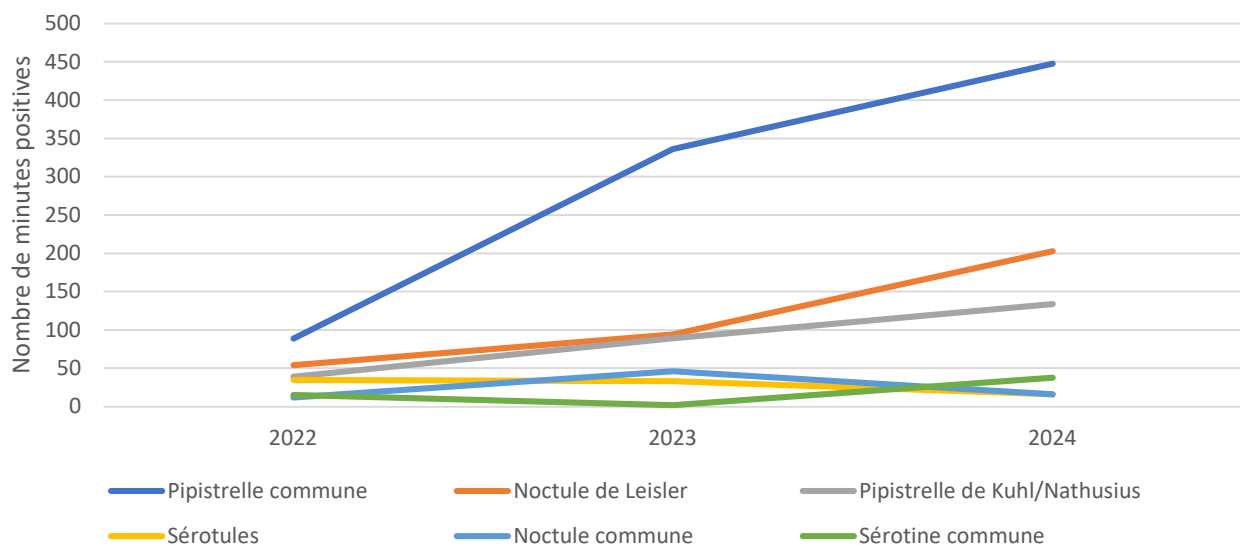
L'année 2024 correspond à la troisième année de suivi de l'activité des chauves-souris en altitude sur le parc éolien de Bazougeais.

Le tableau ci-dessous fait le bilan des périodes d'inventaire, des espèces identifiées et des résultats obtenus lors des enregistrements réalisés en altitude des suivis de 2022, 2023 et 2024.

Tableau 15 : Croisement des informations sur l'évaluation de l'activité en altitude issues des deux années de suivi.

	En 2022	En 2023	En 2024
Localisation des dispositifs d'écoute	Eolienne E3 - Parc de Bazougeais (105m).		
Période de fonctionnement du dispositif	247 nuits exploitables Entre le 14 mars et le 30 novembre 2022.	191 nuits exploitables Entre le 14 avril et le 2 novembre 2023.	235 nuits exploitables Entre le 21 mars 2024 et le 15 novembre 2024
Espèces identifiées	6 espèces de chauves-souris ont été identifiées : Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle de Kuhl et Pipistrelle commune. 2 groupes d'espèces sont également présents : Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées et groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius.	4 espèces de chauves-souris ont été identifiées : Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune et Pipistrelle commune. 2 groupes d'espèces sont également présents : Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées et groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius	4 espèces de chauves-souris ont été identifiées : Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune et Pipistrelle commune. 2 groupes d'espèces sont également présents : Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées et groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius

	En 2022	En 2023	En 2024
Activité générale	Eolienne E3 : 475 contacts de « 5 secondes » ou 244 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus.	Eolienne E3 : 1050 contacts de « 5 secondes » ou 600 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus.	Eolienne E3 : 1284 contacts de « 5 secondes » ou 855 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus.
Activité des espèces	<p>La Noctule de Leisler est la deuxième espèce en altitude avec 54 « minutes positives » enregistrées en altitude.</p> <p>La Noctule commune est peu fréquente avec 12 « minutes positives » enregistrées en altitude.</p> <p>La Sérotine commune est peu fréquente avec 15 « minutes positives ».</p> <p>La Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquente avec 89 « minutes positives ».</p> <p>Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius représente lui 39 « minutes positives ».</p> <p>Le Groupe « sérotules » représente 35 « minutes positives ».</p>	<p>La Noctule de Leisler est la deuxième espèce en altitude avec 94 « minutes positives » enregistrées en altitude.</p> <p>La Noctule commune est peu fréquente avec 46 « minutes positives » enregistrées en altitude.</p> <p>La Sérotine commune est peu fréquente avec 2 « minutes positives ».</p> <p>La Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquente avec 336 « minutes positives ».</p> <p>Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius représente lui 89 « minutes positives ».</p> <p>Le Groupe « sérotules » représente 33 « minutes positives ».</p>	<p>La Noctule de Leisler est la deuxième espèce en altitude avec 203 « minutes positives » enregistrées en altitude.</p> <p>La Noctule commune est peu fréquente avec 16 « minutes positives » enregistrées en altitude.</p> <p>La Sérotine commune est peu fréquente avec 38 « minutes positives ».</p> <p>La Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquente avec 448 « minutes positives ».</p> <p>Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius représente lui 134 « minutes positives ».</p> <p>Le Groupe « sérotules » représente 16 « minutes positives ».</p>



La comparaison des enregistrements et de l'activité entre les trois années montre une augmentation importante du nombre de contacts entre 2022 et 2024 pour la Pipistrelle commune, la Noctule de Leisler et le groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius. Concernant la Sérotine commune et la Noctule commune l'activité est variable sans tendance marquée.

2.1.6 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 (105 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 l'analyse de l'activité en fonction des paramètres météorologiques, le nombre total de minutes positives pour lesquelles les données météorologiques sont disponibles est de N= 855 minutes positives sur 235 nuits de suivi.

2.1.6.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 105 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur l'éolienne E03 du parc de Bazougeais ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vitesse de vent allant de 0,16 à 19,41 m/s.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistré sur l'éolienne E3 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 105 m) et durant les 235 nuits de l'étude.

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.

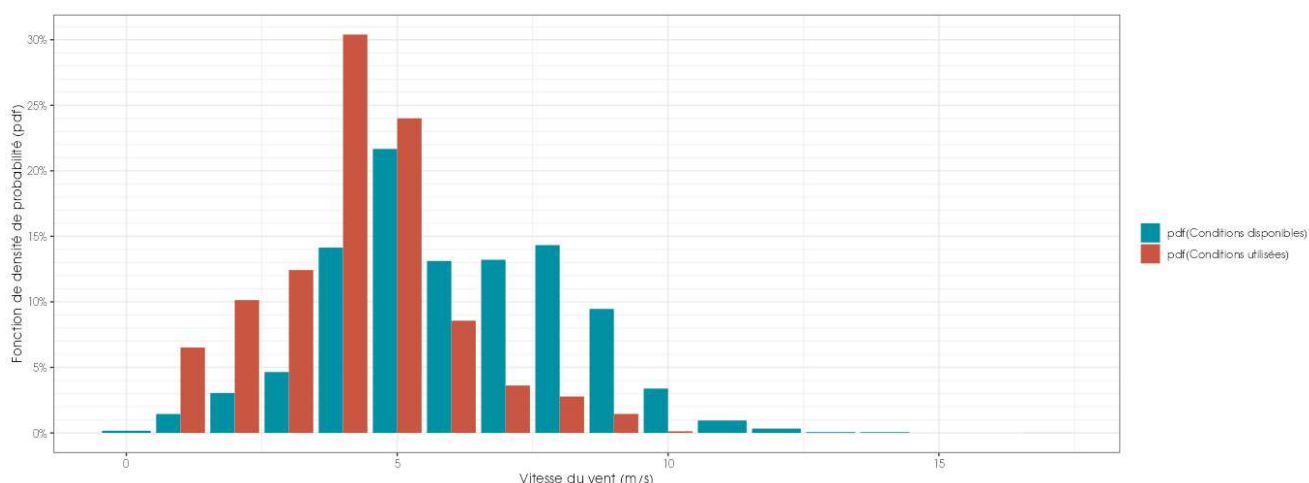


Figure 20 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais

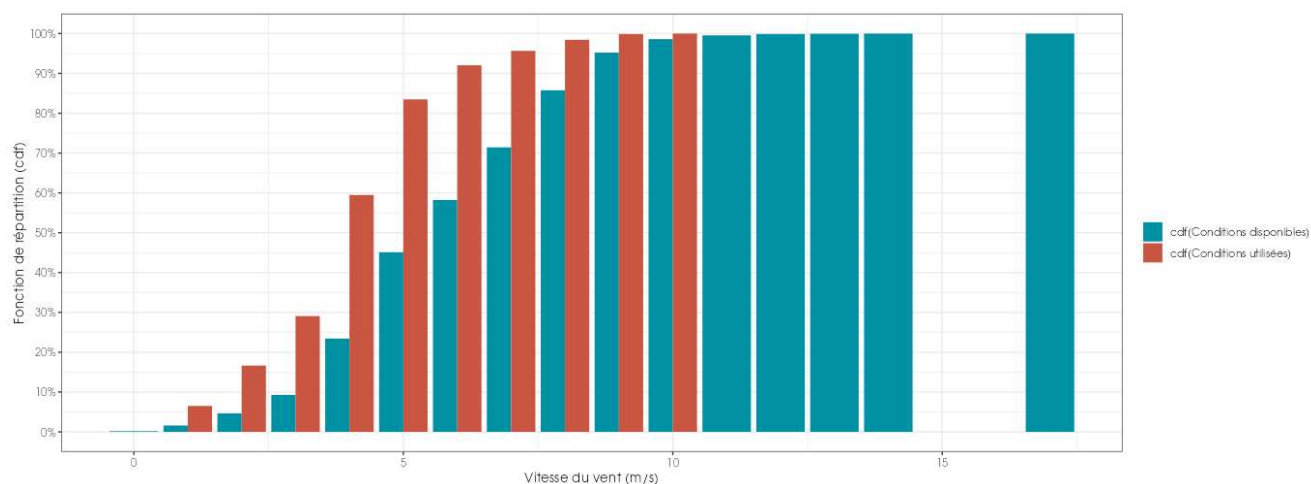


Figure 21 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 105 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 10 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 16 : Proportions des contacts obtenus en hauteur (105 m) en fonction de la vitesse du vent

Contacts en altitude	Vitesse de vent (en m/s à 105m) 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	4,3 m/s	5,0 m/s	5,6 m/s	6,1 m/s	7,3 m/s	8,8 m/s
Période printanière (mars à mai)	1,8 m/s	4,3 m/s	5,6 m/s	6,9 m/s	7,2 m/s	8,3 m/s
Période estivale (juin à août)	4,4 m/s	5,0 m/s	5,4 m/s	5,8 m/s	7,5 m/s	8,7 m/s
Période automnale (septembre à novembre)	3,8 m/s	5,0 m/s	5,8 m/s	6,3 m/s	7,3 m/s	9,9 m/s

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 5,5 m/s.

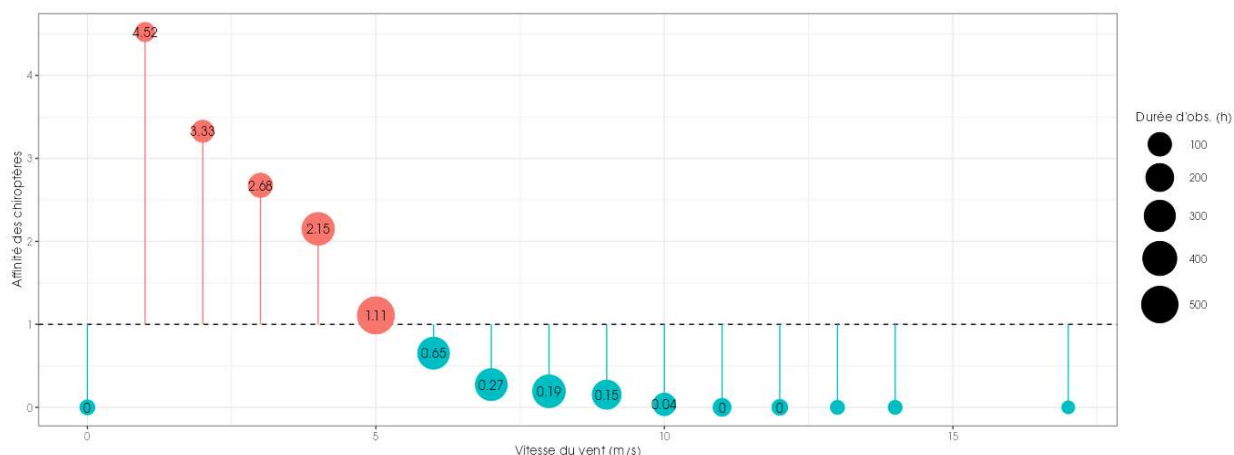


Figure 22 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 105 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 6,1 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 4,3 m/s.

2.1.6.2 Activité en fonction de la température (°C) mesurée à 105 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E3 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages de températures allant de 0 et 32°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 (105 m) et durant les 235 nuits de l'étude.

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.

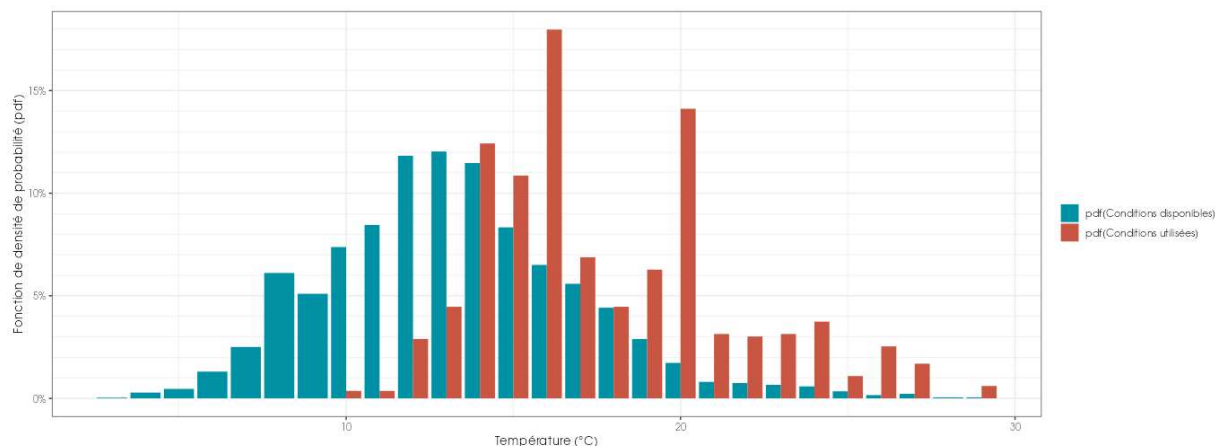


Figure 23 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais

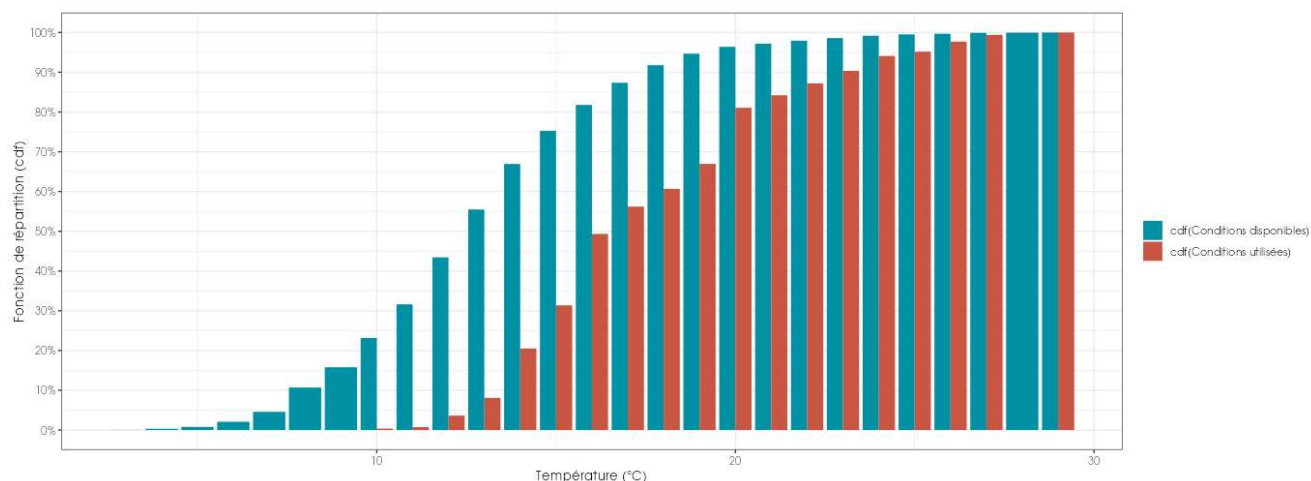


Figure 24 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 105 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 les conditions disponibles au-dessus de 10°C, aucune observation à des températures inférieures.

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 17 : Proportions des contacts obtenus au-dessus de la médiane en fonction de la température

Contacts au-dessus de la médiane	Température (en °C à 105 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	17°C	15°C	14°C	14°C	13°C	12°C
Période printanière (mars à mai)	14°C	14°C	13°C	13°C	13°C	10°C
Période estivale (juin à août)	20°C	16°C	16°C	15°C	14,8°C	13°C
Période automnale (septembre à novembre)	16°C	14°C	13°C	13°C	12°C	11,6°C

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.

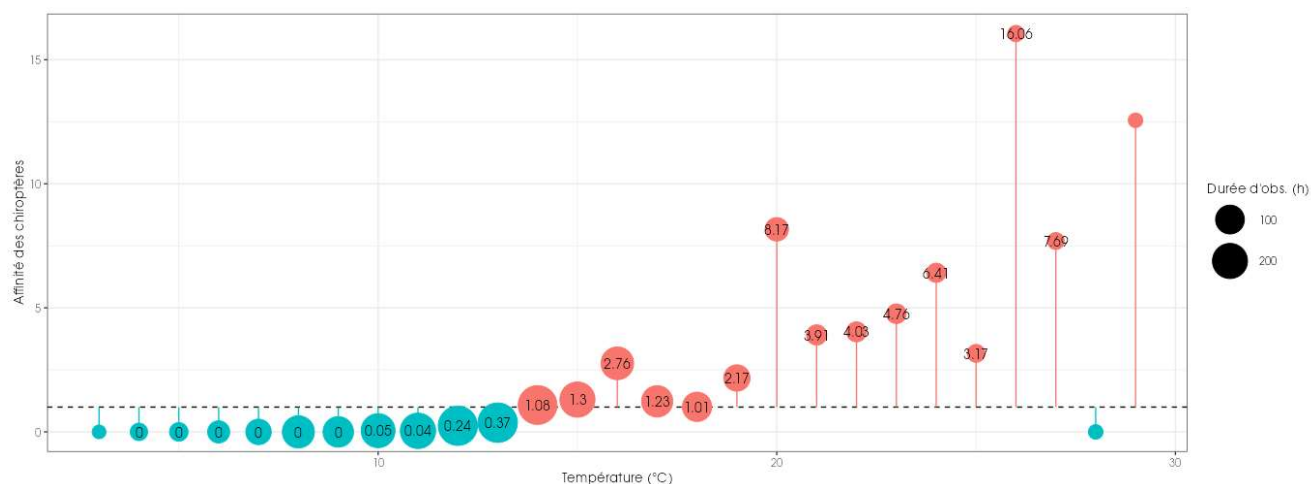


Figure 25 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (105 m)

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 105 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°C ;
- 50% l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 17°C.

2.1.6.3 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.

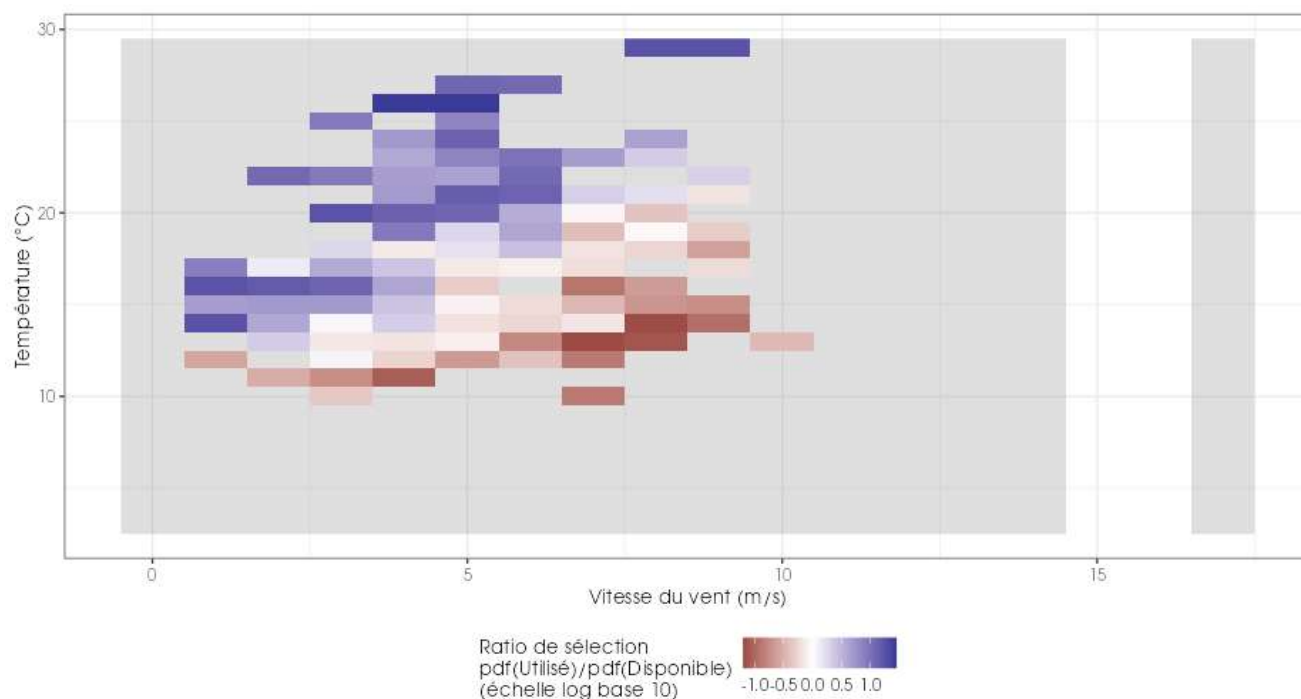


Figure 26 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 105 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

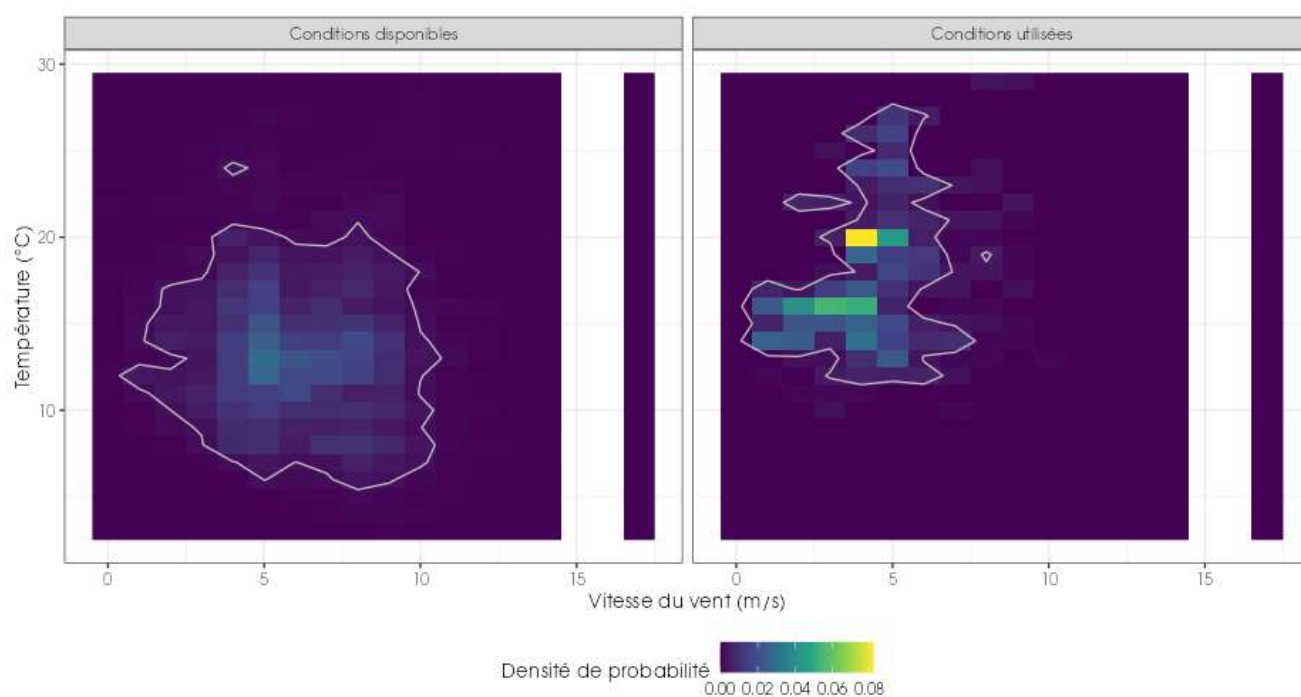


Figure 27 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc de Bazougeais 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 12 et 27°C et de vitesses de vent comprises entre 1 et 6 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.

2.1.7 Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur

Cette étude a permis de définir l'activité des chauves-souris en altitude en 2024 et d'évaluer plus précisément les conditions favorables à leur activité.

Un dispositif d'enregistrement automatique (SM4BAT) équipé d'un micro a été placé à 105 m au sein de la nacelle de l'éolienne E3 du parc éolien de Bazougeais (35), en 2024. Il a permis d'enregistrer l'activité des chauves-souris entre le 21 mars et le 15 novembre 2024, soit durant 235 nuits exploitable (courte panne en juin).

Les enregistrements indiquent la présence de six espèces en altitude sur l'année 2024. Ce qui représente 29% des 21 espèces présentes en région Bretagne. Il s'agit d'une diversité moyenne considérant que les enregistrements ont été réalisés en altitude. 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 peut être considérée comme **très forte** au regard du référentiel Actichiro Altitude.

Le suivi en altitude montre que :

- **La Pipistrelle commune** est l'espèce la plus représentée en altitude, avec 52% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude. Son activité augmente progressivement au cours des mois d'avril à juillet (activité très forte), ensuite l'activité diminue de la même manière avec toutefois un regain d'activité en octobre (activité très forte).
- **La Noctule de Leisler** est la deuxième espèce la plus fréquente sur site, avec 23% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude. Cette espèce est typiquement fortement représentée en altitude. Elle atteint une activité très forte sur toute la période mais plus particulièrement de juillet à octobre.
- **Le groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** arrive en troisième position avec 15% des « minutes positives ». Il a une activité forte sur toute l'année. L'activité de la paire d'espèces est toutefois assez hétérogène entre les mois. Le pic de juin correspond probablement plutôt à la Pipistrelle de Kuhl tandis qu'en mai, septembre et octobre il est probable qu'une partie des contacts soit des Pipistrelles de Nathusius.
- **La Sérotine commune** représente également une petite part des contacts en altitude avec 4.4% des « minutes positives ». Son activité est hétérogène, absente au printemps mais avec une activité très forte l'été et moyenne à l'automne.
- **La Noctule commune** est peu fréquente sur site bien qu'elle fasse généralement partie des espèces les plus fréquentes en altitude. Cette noctule représente seulement 1,9% des « minutes positives » de chauves-souris enregistrées en altitude. Elle atteint une activité moyenne uniquement en période estivale.
- **Le Groupe sérotules** représente 1.9% de contacts qui n'ont pas pu être associés à une espèce et sont associés au groupe « sérotules ».

La phénologie observée montre une activité plus importante sur la période estivale correspondant à la phase de mise bas et de dispersion des noctules et pipistrelles.

L'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit.

Une relation marquée entre l'activité des chauves-souris en altitude, les vitesses de vent et la température a été mise en évidence (ces résultats sont très proches ou identiques à ceux de 2022 et 2023) :

- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures à 6,1 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

Au total, 6 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Bazougeais, dont 4 oiseaux (3 espèces et un groupe d'espèces) et 2 chauves-souris (1 espèce) entre le 15 mars 2024 et le 15 octobre 2024.

Les espèces d'oiseaux trouvés sont le Martinet noir (1 individu), la Buse variable (1 individu) et le Faucon émerillon (1 individu), ainsi qu'un individu non identifié faisant partie du genre *Larus*, découvertes entre le 15 mars 2024 et le 13 mai 2024.

L'espèce de chauves-souris trouvée est la Pipistrelle commune (2 individus), recensées entre le 28 juin 2024 et le 15 octobre 2024.

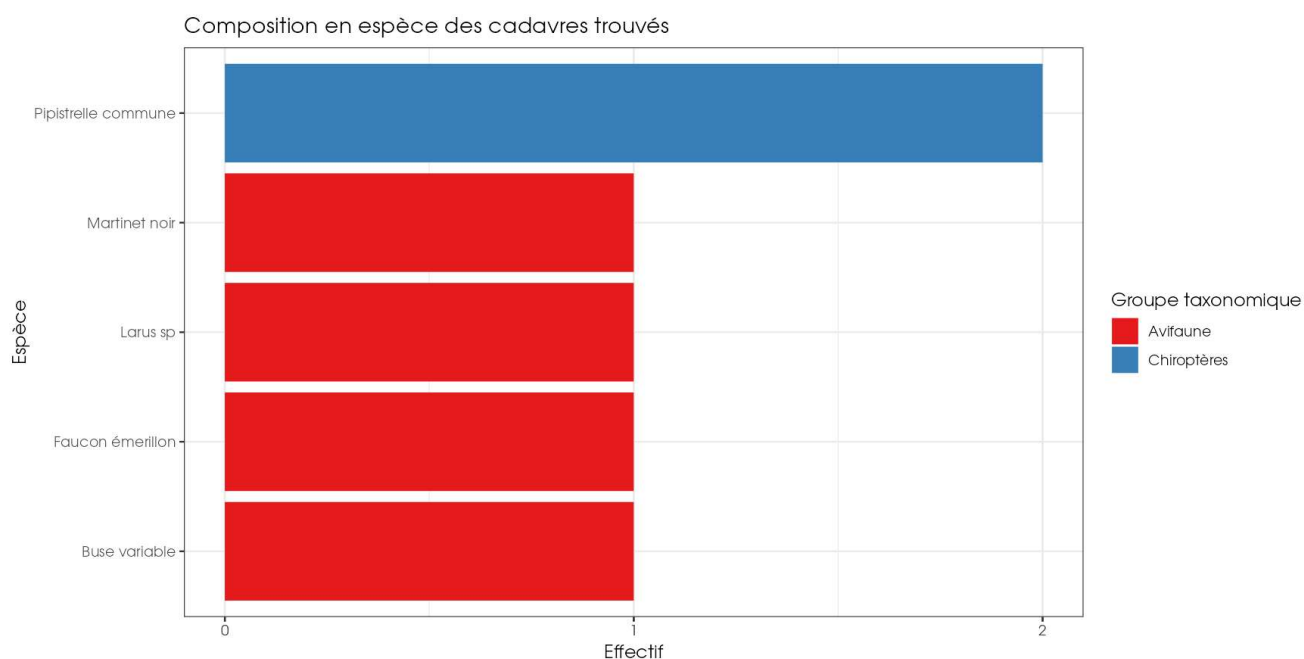


Figure 28 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bazougeais



Martinet noir



Pipistrelle commune

Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. © Biotope

Au niveau phénologique, il est compliqué d'émettre un avis au vu du faible nombre de cadavres retrouvés. L'ensemble des oiseaux retrouvés morts ont été découverts dans la période printanière.

L'ensemble des individus découverts sont morts par barotraumatisme et/ou par collision avec les pales soit 100% des individus dont la mort est imputable aux éoliennes.

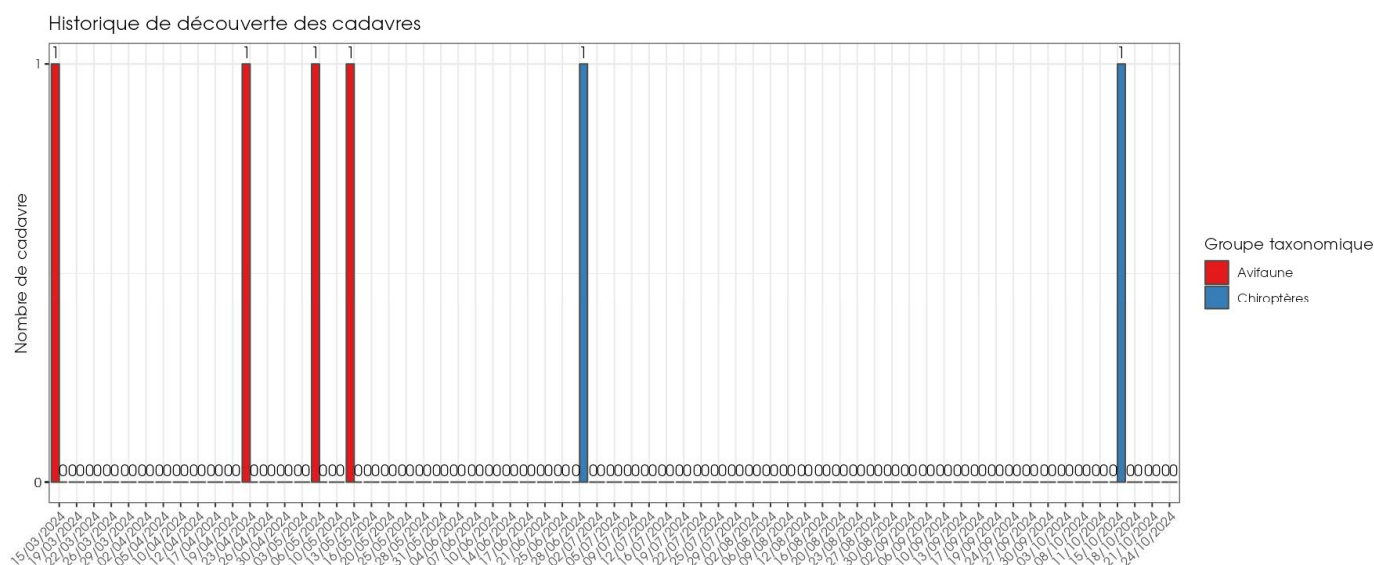


Figure 29 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bazougeais en 2024

2.2.1.1 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes avec des valeurs assez proches entre elles. Les éoliennes BAZ2 et BAZ4 montrent le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec respectivement 1 oiseau et 1 chiroptère, et 2 oiseaux. Les éoliennes BAZ1 et BAZ3 montrent le nombre de découvertes de cadavres le plus faible avec soit 1 oiseau ou soit 1 chiroptère.

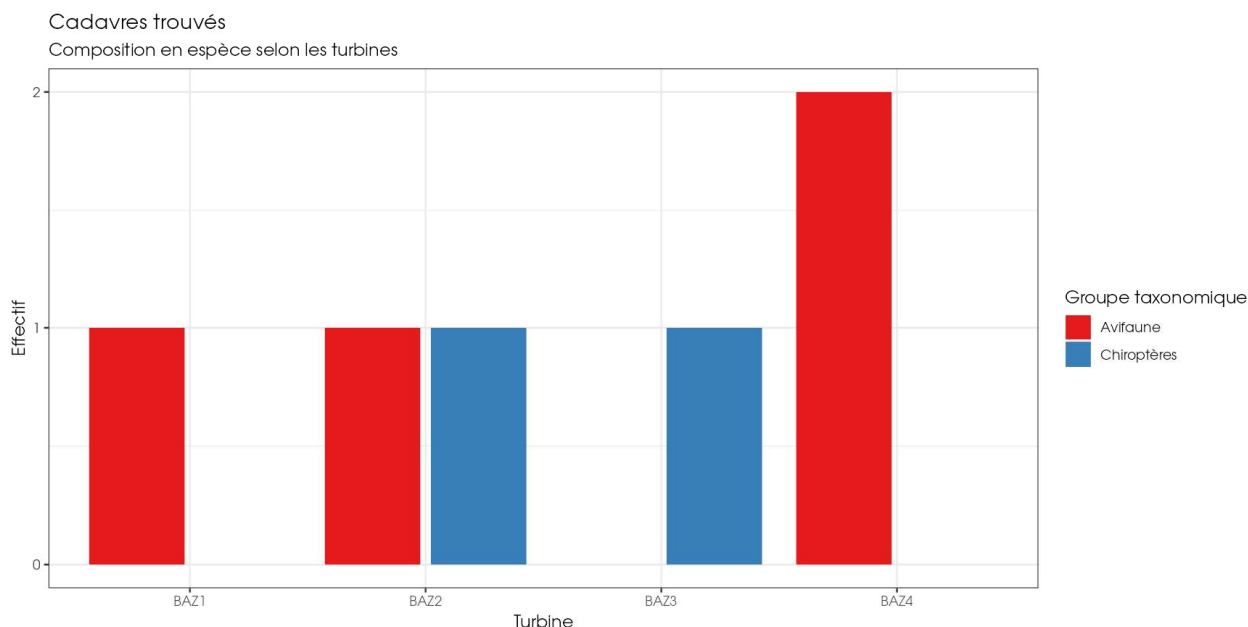


Figure 30 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

L'ensemble des éoliennes présente des cas de mortalité. Les mortalités brutes recensées ne varient que très peu entre les éoliennes, comprises entre 1 et 2 cadavres par éolienne. La majorité des cadavres appartient au groupe de l'avifaune (4 individus). Les éoliennes BAZ2 et BAZ4 (dans une moindre mesure) semblent avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

2.2.1.2 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées principalement entre 45m et 55m. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est le *Larus sp* observé à 54m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent homogènes entre les deux groupes.

Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées au Nord-Ouest des éoliennes.

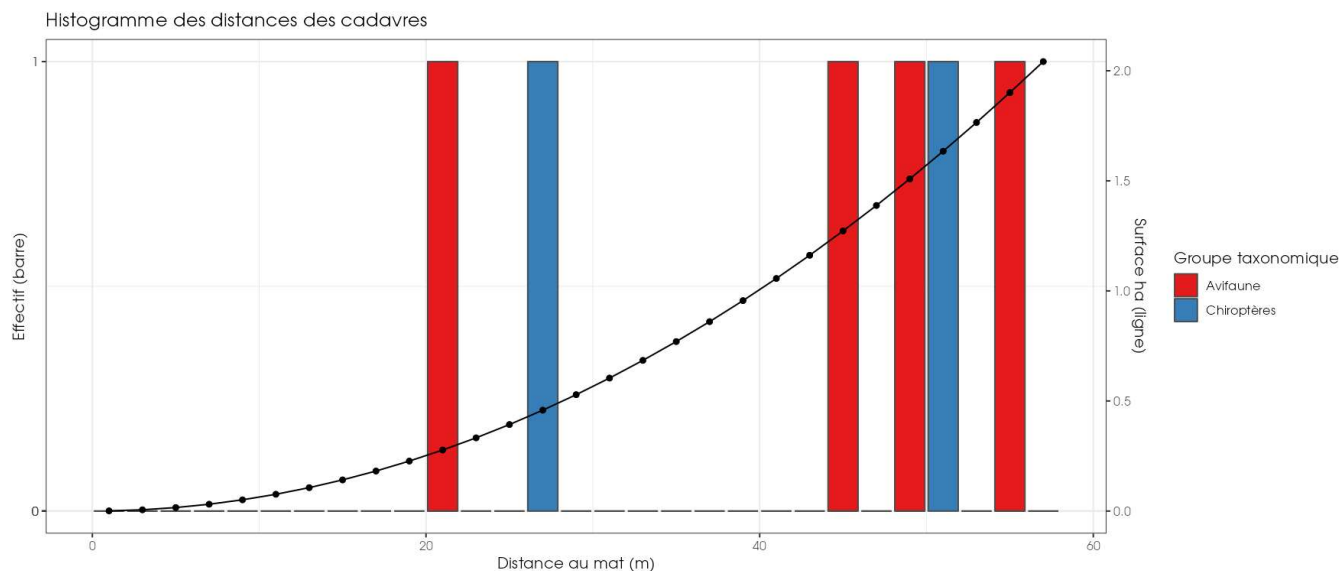


Figure 31 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bazougeais. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

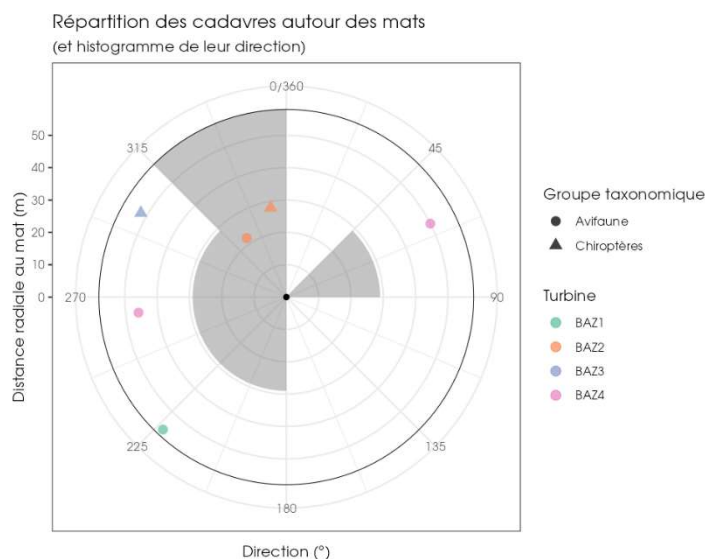


Figure 32 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.

2.2.1.3 Description des oiseaux retrouvés

4 individus répartis au sein de 3 espèces et d'un groupe d'espèces ont été retrouvés sous les éoliennes du parc de Bazougeais : le **Faucon émerillon** (1 individu), le **Martinet noir** (1 individu) et la **Buse variable** (1 individu).

À titre de comparaison, Biotope a mis à jour en 2024 son « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres d'oiseaux réalisées dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain entre 2019 et 2023. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces *a priori* les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale.

On constate que le Martinet noir et la Buse variable sont des espèces fréquemment observées en France. En effet, sur les 84 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elles font parties des 4 espèces les plus découvertes en Métropole. Le Faucon émerillon est l'espèce la moins fréquemment observée en France métropolitaine parmi l'ensemble des 6 espèces observées, ceci s'explique par la première découverte pour cette espèce pour les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019.

De la même manière, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 09 août 2023) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces *a priori* les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que le Martinet noir et la Buse variable sont des espèces fortement impactées en Europe et en France. En effet, sur les 305 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elles font parties des 6 espèces les plus découvertes en Europe et font parties des 4 espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr. Enfin, le Faucon émerillon est une espèce peu découverte en Europe (située au 94^{ème} rang) et n'avait pas encore été découverte en France.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dürr présentent un intérêt comparatif qui reste toutefois limité. En effet, l'ensemble des biais et limites quant à l'effort de prospection associés à chaque découverte n'est pas intégré dans ce type de base de données. Aussi, ces observations ne représentent qu'une partie de la réalité de la mortalité réelle pour laquelle il reste impossible de vérifier leur concordance.

Par ailleurs, la base de données concernant l'avifaune mise à disposition par Tobias Dürr se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc de Bazougeais par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dürr proviennent d'une faible proportion de parcs français. Il s'agit néanmoins de la synthèse européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est confortée au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2024.

Tableau 18 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2024) pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'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	D	E	NL	PT	Rang Bazougeais
Martinet noir	6 (728)	1 (433)	1 (110)	7 (14)	17 (4)	7 (170)	13 (75)	17 (5)	7 (18)	1 (1)
Buse variable	2 (1189)	4 (314)	4 (78)	6 (15)	18 (3)	1 (772)	26 (31)	5 (30)	8 (13)	1 (1)
Faucon émerillon	94 (4)	-	-	-	-	48 (2)	49 (1)	-	-	1 (1)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, NL = Hollande, PT = Portugal

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2017, on constate que seul le Faucon émerillon n'avait pas été contacté lors de l'état initial, à l'opposé des autres espèces qui ont été observées lors des inventaires réalisés et traités dans cette étude.

2.2.1.3.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 19 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Bazougeais à l'échelle régionale, française et européenne.

Le Faucon émerillon a un statut « Vulnérable » à l'échelle européenne et le Martinet noir a un statut « quasi menacé » sur les listes rouges des oiseaux nicheurs au niveau national et européenne.

Tableau 19 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Bazougeais

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste rouge nicheur Bretagne (2021)
Martinet noir	Article 3	-	NT	NT	LC
Buse variable	Article 3	-	LC	LC	LC
Faucon émerillon	Article 3	-	VU	NA	-

Légende :

Protection nationale

- Arrêté interministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : Article 3 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Oiseaux

- Il s'agit de la DIRECTIVE 2009/147/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages. Elle vise à assurer une protection de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen.
- Annexe I : espèces faisant l'objet de mesures spéciales de conservation en particulier en ce qui concerne leur habitat (Zone de Protection Spéciale).
- Annexe II : espèces pouvant être chassées :
- Partie 1 (A.II.1) : espèces pouvant être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la présente directive ;
- Partie 2 (A.II.2) : espèces pouvant être chassées seulement dans les États membres pour lesquels elles sont mentionnées.
- Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :
- Partie 1 (A.III.1) : espèces pour lesquelles la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente ne sont pas interdites, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou autrement licitement acquis ;
- Partie 2 (A.III.2) : espèces pour lesquelles les États membres peuvent autoriser sur le territoire la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente et à cet effet prévoir des limitations, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

Listes rouges

- BirdLife International (2021) European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016).
- Liste rouge 2021 des oiseaux nicheurs menacés en Bretagne et responsabilité biologique régionale
- DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable.

2.2.1.1 Description des chauves-souris retrouvées

2 individus de **Pipistrelle commune** ont été retrouvés morts sur le parc de Bazougeais. La Pipistrelle commune est une espèce assez sédentaire. Elle s'éloigne ainsi peu de ses domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

À titre de comparaison, Biotope a mis à jour en 2024 son « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres de chiroptères réalisé dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain entre 2019 et 2023. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale.

On constate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquemment observées en France. En effet, sur les 15 espèces ou groupes d'espèces comptabilisés dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle se situe au 1^{er} rang des plus découvertes en Métropole.

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dür (mise à jour le 9 août 2023) sur les cadavres de chauves-souris relate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dür présentent un intérêt comparatif qui reste toutefois limité. En effet, l'ensemble des biais et limites quant à l'effort de prospection associés à chaque découverte n'est pas intégré dans ce type de base de données. Aussi, ces observations ne représentent qu'une partie de la réalité de la mortalité réelle pour laquelle il reste impossible de vérifier leur concordance.

Par ailleurs, la base de données concernant les chiroptères mise à disposition par Tobias Dür se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc de Bazougeais par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dür proviennent d'une faible proportion de parcs Français. De plus, ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, Noctule indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition. Toutefois Il s'agit néanmoins de la synthèse Européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est confortée au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2024.

Tableau 20 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2024) pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'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	CR	D	ES	PT	Rang Bazougeais (effectif)
Pipistrelle commune	1 (3401)	1 (1931)	1 (411)	4 (2)	1 (30)	5 (5)	3 (802)	1 (211)	1 (323)	1 (2)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, NL = Hollande, PT = Portugal

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2017, on constate que l'espèce avait été identifiée comme présente. L'étude d'impact prévenait de l'intérêt que ce site présentait pour les chauves-souris en raison de son attrait comme terrain de chasse lié à la présence d'insectes attirés par les activités d'épandages agricoles.

Si l'on se réfère aux suivis de mortalité de 2022 et 2023, on constate que la Pipistrelle commune a bien aussi été observée lors de ces suivis.

2.2.1.1.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 21 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc de Bazougeais à l'échelle de la France et de l'Europe. La Pipistrelle commune est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne. Elle est par ailleurs considérée comme patrimoniale en France car quasi menacée.

Tableau 21 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Bazougeais

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

2.2.1.1 Evaluation de tendance à travers les quantiles de mortalité brute

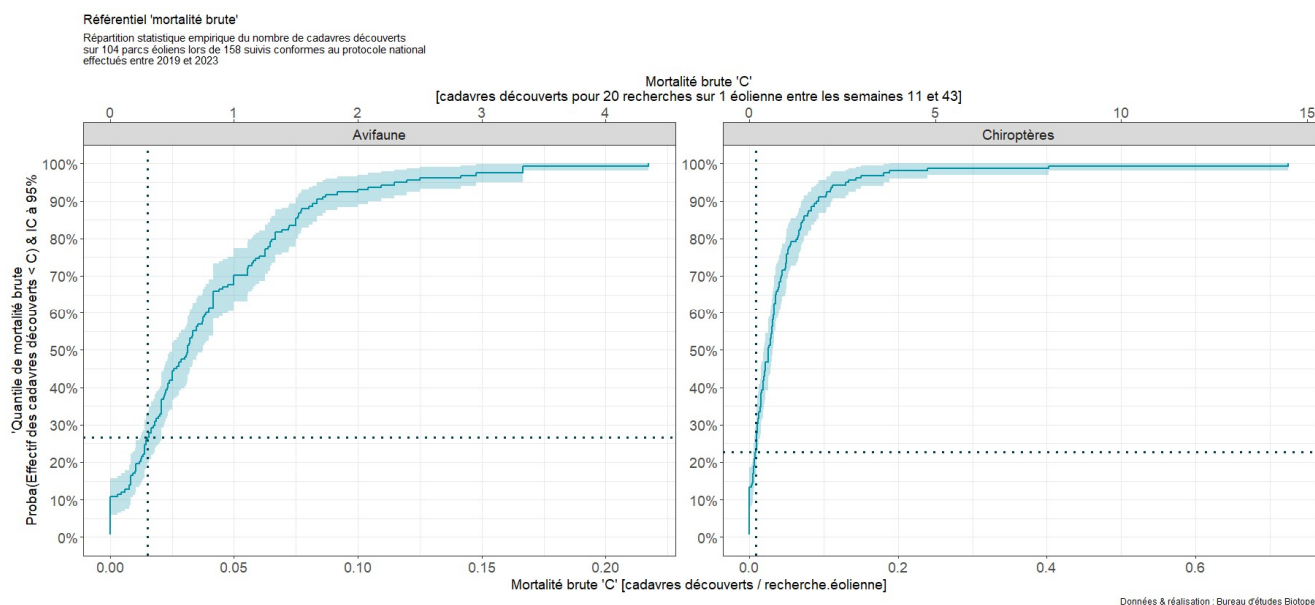


Figure 33 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2023).

Cette représentation graphique repose sur les données extraites du référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope. Ce référentiel synthétise l'intégralité des informations relatives aux cadavres d'oiseaux et de chiroptères recueillis entre 2019 et 2023 dans les parcs éoliens suivis. Le graphique permet d'obtenir un « quantile de mortalité brute » en fonction de la mortalité brute 'C' calculée par recherche éolienne, correspondant au nombre de passage multiplié par le nombre d'éolienne du parc. En résulte un nombre de cadavre par recherche-éolienne pour les deux groupes taxonomiques.

Au sein du parc éolien de Bazougeais, il a été observé un total de 4 cadavres d'oiseaux et 2 cadavres de chiroptères. Pendant le suivi, 4 éoliennes ont été suivies durant 65 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0,015 cadavres par recherche-éolienne pour les oiseaux et de 0,008 cadavres par recherche-éolienne pour les chiroptères.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 27% pour les oiseaux et de 23% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité brute du parc de Bazougeais est parmi les 23% les plus faibles du référentiel pour les chiroptères, contre 27% pour les oiseaux.

Il est important de noter que ces valeurs ne constituent qu'une alerte sur un potentiel risque de significativité, et doivent être interprétées en conjonction avec les autres indicateurs. Cependant, il semble que le parc étudié présente une tendance à une mortalité brute plus faible que les autres parcs surveillés par Biotope depuis 2019. Cependant, il convient de souligner une nouvelle fois que cette interprétation, prise individuellement, ne permet pas de tirer des conclusions définitives quant à la signification potentielle de l'impact du parc de Bazougeais sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

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 mortalités.

2.2.2.1 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (cf. Tableau 22, Figure 34 et Figure 35). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres (Dominguez 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 une 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. De plus certaines éoliennes n'ont pas pu être prospectées pour cause de maintenance de celles-ci ou de la présence d'agriculteurs en activité.

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 22 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre 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 (65 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 la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).

Milieux	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total
Arbre isolé	-	0,6%	-	-	0,1%
Chaume maïs	13,6%	7,4%	9,2%	4,7%	8,7%
Chemin	-	-	-	3,8%	1,0%
Couvert végétaux hiver	-	-	11,5%	-	2,9%
eOLBOX	0,1%	-	-	-	0,0%
Fossé	-	-	-	1,9%	0,5%
Friche	-	-	6,8%	-	1,7%
Haie	5,2%	-	6,8%	-	3,0%
Labour	4,1%	9,8%	9,9%	13,6%	9,3%
Maïs	36,7%	40,5%	34,4%	45,5%	39,3%
Plateforme	19,1%	19,6%	20,8%	20,7%	20,1%
Prairie semée	21,2%	22,1%	-	9,8%	13,3%
Tas de terre	-	-	0,7%	-	0,2%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Occupation du sol des turbines selon la date

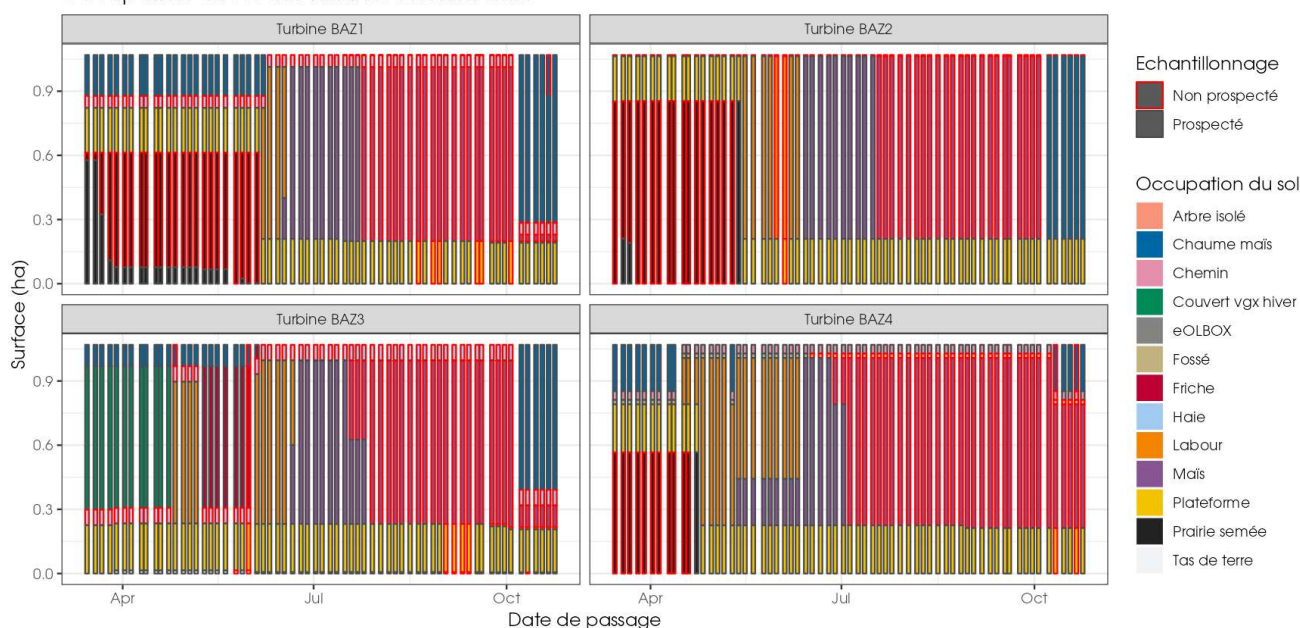


Figure 34 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

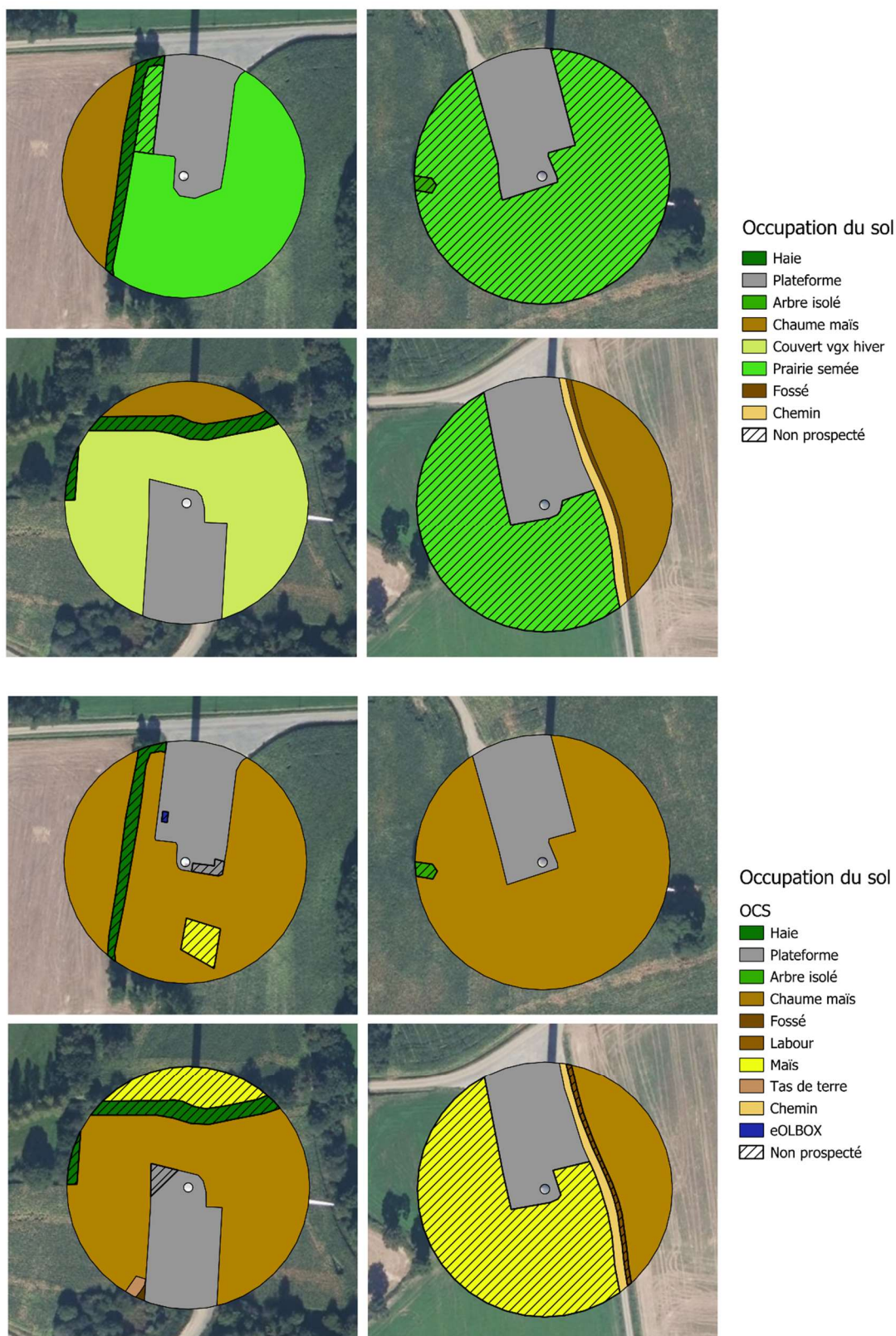


Figure 35 : Occupation du sol pour les éoliennes BAZ1, BAZ2, BAZ3, BAZ4 (de gauche à droite et de haut en bas) le 15 mars 2024 (premier passage en haut) et le 24 octobre 2024 (dernier passage en bas)

2.2.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

Du fait principalement de l'évolution de la végétation, l'ensemble des surfaces n'ont pas pu être prospectées tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est variable dans le temps et différent pour chaque éolienne suivie.

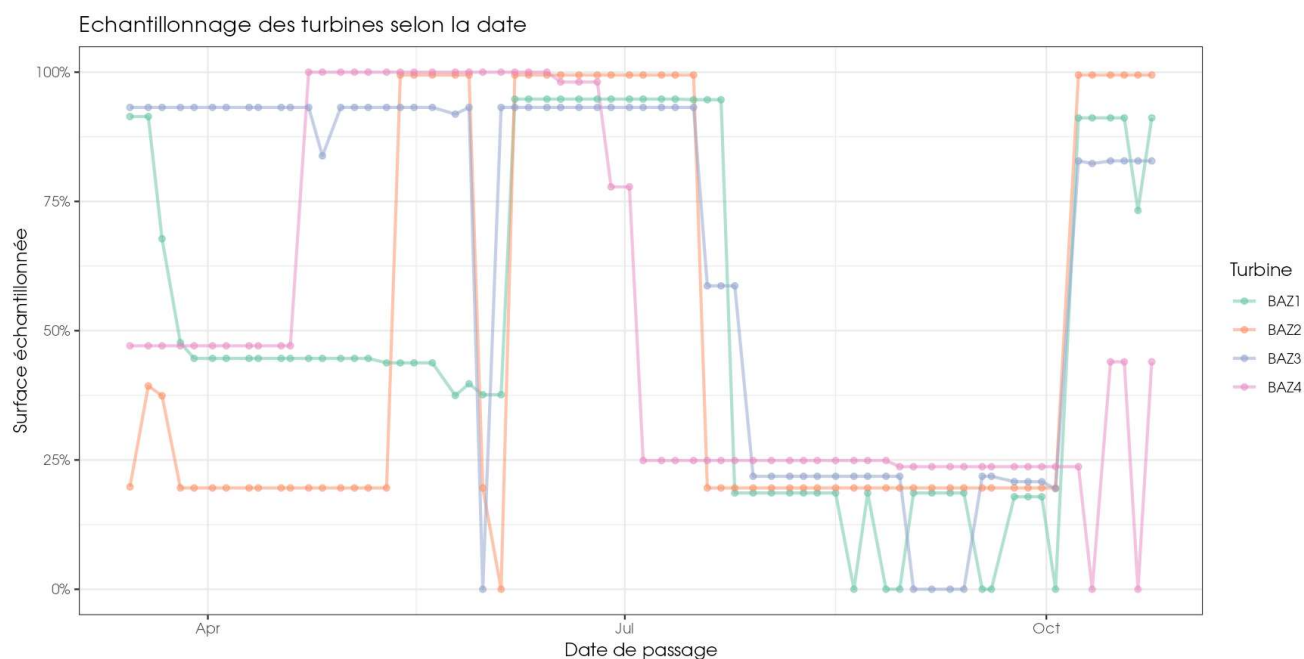


Figure 37 : Evolution du pourcentage de surface prospectée par passage

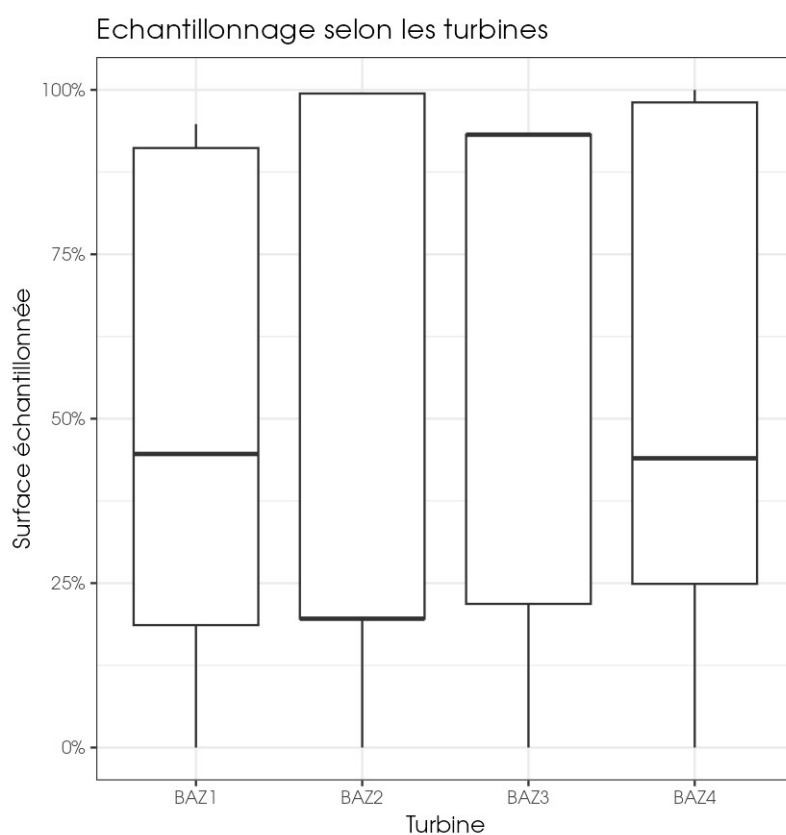


Figure 36 : Synthèse (boîte à moustache) du pourcentage de surface prospectée par passage éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum)

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 23). 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 assez faibles (allant de 0,49 à 0,66). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 23 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 65 passages

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Quantile 2.5%	0,00	0,20	0,00	0,14
Premier quartile	0,19	0,20	0,22	0,25
Moyenne	0,51	0,48	0,66	0,52
Moyenne pondérée	0,50	0,49	0,66	0,52
Médiane	0,45	0,20	0,93	0,44
Troisième quartile	0,91	0,99	0,93	0,98
Quantile 97.5%	0,95	0,99	0,93	1,00

2.2.2.3.1. Coefficient de persistance (s)

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.75 : « **Surv(time = last_present, time2 = first_absent, event = event, type = "interval") ~ Turbid + 1** » en utilisant une famille de distribution « lognormal ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les différentes éoliennes.

Durées de persistances moyennes et médianes des cadavres

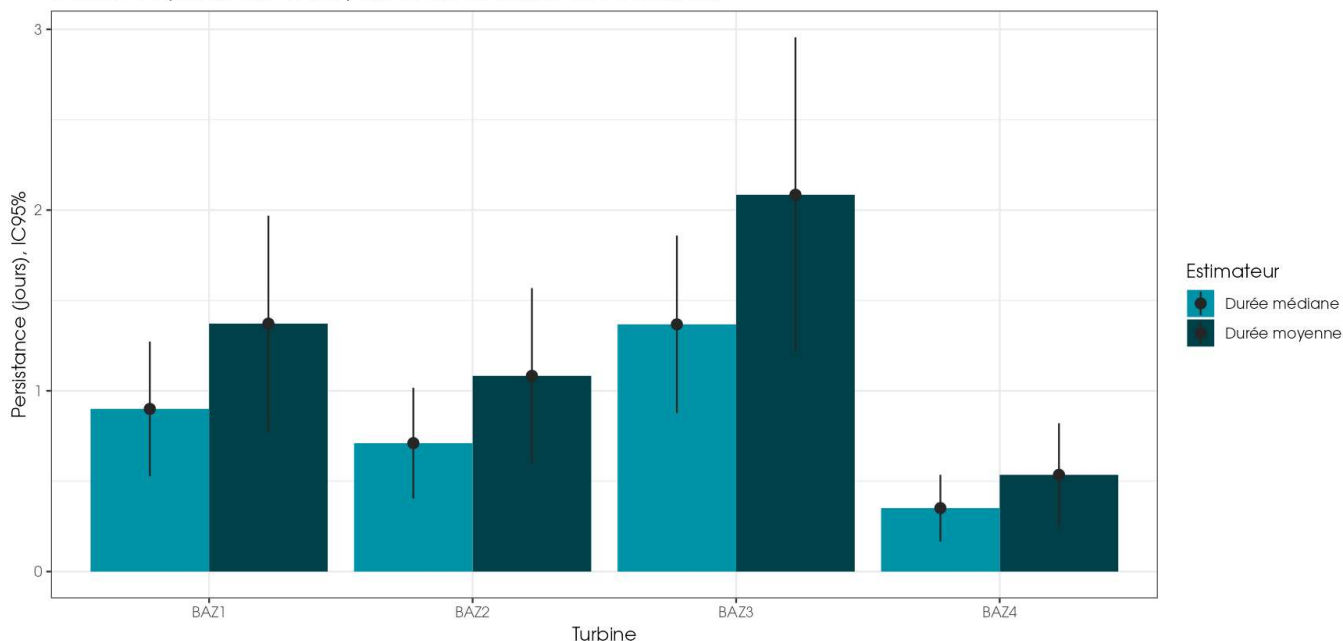


Figure 38 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque éolienne

Nous pouvons observer des durées de persistance différentes pour chaque éolienne, bien que ces durées soient relativement proches. En effet, les durées vont de 0.5 jours de persistance moyenne à 2 jours, c'est-à-dire qu'un cadavre disparaît en moyenne après 0.5 à 2 jours. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est assez bonne en illustre une incertitude modérée, voire faible (Tableau 24 ; Figure 38).

Tableau 24 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les trois tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

Résultats des tests de persistances	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Persistance moyenne (en jours)	1.37	1.08	2.08	0.54
Intervalle de confiance à 95%	[0.77 ; 1.97]	[0.6 ; 1.57]	[1.21 ; 2.96]	[0.25 ; 0.82]

2.2.2.3.2. Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles nous ont permis de sélectionner le modèle « **Trouve ~ Hmoy + 1** » pour réaliser les estimations et interpolations. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur durant le suivi (Tableau 25).

Tableau 25 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type hauteur de végétation pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.

Hauteur végétation	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Hauteur végétation	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
0	0,96 [0,91 ; 0,99]	0,96 [0,92 ; 0,99]	Estimation	27	0,94 [0,88 ; 0,97]		Interpolation
3	0,96 [0,91 ; 0,98]	1 [1 ; 1]	Estimation	28	0,94 [0,88 ; 0,97]		Interpolation
5	0,96 [0,91 ; 0,98]	1 [1 ; 1]	Estimation	30	0,94 [0,87 ; 0,97]	0,8 [0,4 ; 1]	Estimation
7	0,96 [0,91 ; 0,98]		Interpolation	32	0,93 [0,87 ; 0,97]		Interpolation
8	0,96 [0,91 ; 0,98]		Interpolation	35	0,93 [0,86 ; 0,97]		Interpolation
10	0,96 [0,91 ; 0,98]	1 [1 ; 1]	Estimation	38	0,93 [0,85 ; 0,97]		Interpolation
12	0,96 [0,91 ; 0,98]		Interpolation	40	0,92 [0,84 ; 0,97]		Interpolation
13	0,95 [0,91 ; 0,98]		Interpolation	43	0,92 [0,82 ; 0,96]		Interpolation
15	0,95 [0,9 ; 0,98]	1 [0 ; 0]	Estimation	45	0,92 [0,81 ; 0,96]		Interpolation
17	0,95 [0,9 ; 0,98]		Interpolation	50	0,91 [0,78 ; 0,96]	1 [1 ; 1]	Estimation
20	0,95 [0,9 ; 0,97]		Interpolation	55	0,9 [0,75 ; 0,96]		Interpolation
23	0,94 [0,89 ; 0,97]		Interpolation	70	0,87 [0,61 ; 0,96]	0,87 [0,67 ; 1]	Estimation
25	0,94 [0,89 ; 0,97]	0,93 [0,8 ; 1]	Estimation				

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont peu variables en fonction de la hauteur de végétation. Ils sont plutôt satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,87 au minimum (70 cm de hauteur) à 0,96 au maximum (0 à 12cm de hauteur) suivant les milieux prospectés.

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 Buse variable avait été découvert lors du premier passage le 15 mars 2024 au niveau de l'éolienne BAZ4). 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 précédant chaque passage.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible de manière générale (entre 0.05 et 0.47 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez faible également (entre 49% et 66% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.03 à 0.31, c'est à dire un facteur démultiplicateur de très faible à faible de la mortalité observée allant respectivement de 3.22 à 38.46. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 3 et 38 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 BAZ4 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, BAZ3 a les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu assez faibles. BAZ1 et BAZ2 sont intermédiaires.

Tableau 26 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Probabilité détection $P(s,f)$				
Huso (2010)	0,36	0,3	0,47	0,15
Erickson et al. (2000)	0,36	0,3	0,47	0,15
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,22	0,16	0,34	0,05
Coefficient correcteur de surface a				
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,50	0,49	0,66	0,52
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$				
Huso (2010)	0,18	0,15	0,31	0,08
Erickson et al. (2000)	0,18	0,15	0,31	0,08
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,11	0,08	0,22	0,03

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 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.

• Éolienne BAZ4

C'est l'éolienne qui présente la mortalité probable la plus forte et les estimations avec les plus fortes incertitudes. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ4, sont comprises entre 14 et 31 individus sur une période de 223 jours de suivi. La borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95% est de 1 à 2 individus selon la méthode d'estimations. La borne supérieure de l'intervalle de confiance est-elle comprise entre 58 et 170 individus.

Tableau 27 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)

Estimateurs	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	1	1	0	1	3
Huso (2010) [IC 95%]	5 [1 ; 25]	7 [1 ; 31]	0 [0 ; 8]	14 [1 ; 58]	44 [15 ; 90]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	5 [1 ; 25]	7 [1 ; 32]	0 [0 ; 8]	14 [1 ; 57]	41 [15 ; 90]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	9 [1 ; 42]	12 [1 ; 59]	0 [0 ; 12]	31 [2 ; 170]	85 [30 ; 225]

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 41 à 85 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 15 à 30 individus et la borne supérieure est de 90 à 225 individus pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 3 observations ont été réalisées sur 23 jours (du 23 mai au 13 juin : 1 découverte en mai et 2 en juin).

L'éolienne BAZ4 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ2, BAZ1 et BAZ3. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres.

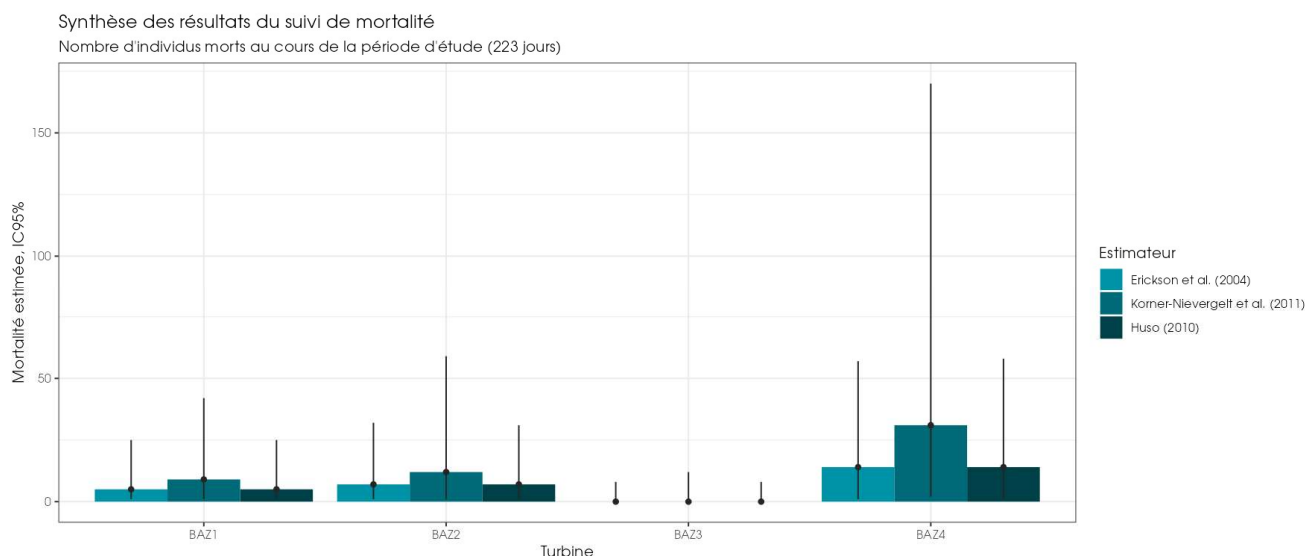


Figure 39 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation no-pooling pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours

Méthode de modélisation « partial pooling »

Ce modèle est un intermédiaire entre le précédent et le modèle *total-pooling* qui ne sera pas présenté ici. On fait l'hypothèse qu'il existe une certaine similarité entre les turbines suivies, mais elles ne sont pas pour autant de parfaites répliques les unes des autres. Dans la majorité des cas cette hypothèse est la plus pertinente sur le plan écologique. En outre, le partage d'information entre les turbines permet d'obtenir des résultats moins incertains sans prendre le risque d'introduire des biais importants. Techniquement, les différentes mortalités moyennes des turbines sont modélisées grâce à un 'effet aléatoire'. Le degré de similarité entre les turbines est estimé à partir des données via un paramètre 'sigma' qui représente (dans l'échelle log) la variabilité de la mortalité au sein de la population des éoliennes du parc. Ce paramètre sigma est l'écart-type de l'effet aléatoire 'Turbine'. Le prior de ce paramètre est : $\sigma \sim \text{Exponentielle}(1)$.

- Éolienne BAZ4

C'est l'éolienne qui présente la mortalité probable la plus forte et les estimations avec les plus fortes incertitudes. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ4, sont comprises entre 4 et 8 individus sur une période de 223 jours de suivi. La borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95% est de 1 individu. La borne supérieure de l'intervalle de confiance est-elle comprise entre 24 et 70 individus.

Tableau 28 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation partial-pooling (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)

Estimateurs	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	1	1	0	1	3
Huso (2010) [IC 95%]	3 [1 ; 15]	4 [1 ; 17]	0 [0 ; 8]	4 [1 ; 24]	17 [5 ; 49]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	3 [1 ; 15]	4 [1 ; 16]	0 [0 ; 8]	4 [1 ; 24]	18 [5 ; 49]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	6 [1 ; 25]	6 [1 ; 32]	0 [0 ; 13]	8 [1 ; 70]	31 [8 ; 110]

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 17 à 31 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 8 individus et la borne supérieure est de 49 à 110 individus pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 3 observations ont été réalisées sur 23 jours (du 23 mai au 13 juin : 1 découverte en mai et 2 en juin).

L'éolienne BAZ4 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ2, BAZ1 et BAZ3. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres.

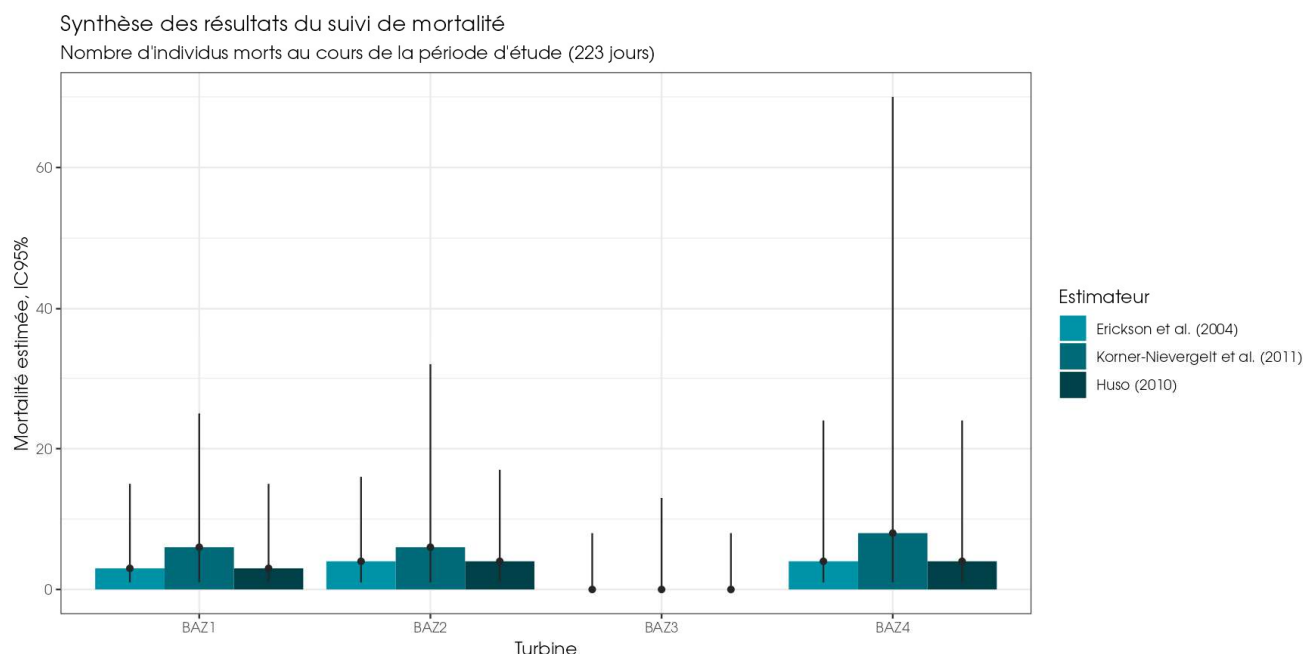


Figure 40 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation partial pooling pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours

2.2.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

Méthode de modélisation « no-pooling »• *Éolienne BAZ2*

C'est l'éolienne qui présente la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ2 sont comprises entre 6 et 11 individus sur une période de 223 jours de suivi. La borne supérieure de l'intervalle de confiance (IC 95%) est comprise entre 31 et 58 individus alors que la borne inférieure est de 1 individu.

• *Éolienne BAZ4*

L'éolienne BAZ4 est celle qui présente les estimations avec les plus fortes incertitudes. La borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) est comprise entre 35 et 113 chiroptères.

Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)

Estimateurs	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	1	1	0	2
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 15]	6 [1 ; 31]	3 [1 ; 14]	0 [0 ; 35]	27 [9 ; 66]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 15]	6 [1 ; 31]	3 [1 ; 14]	0 [0 ; 35]	26 [8 ; 66]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 26]	11 [1 ; 58]	4 [1 ; 19]	0 [0 ; 113]	50 [14 ; 161]

• *Ensemble du parc*

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable (estimation modale) des chiroptères est comprise entre 26 et 50 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 8 et 14 individus et la borne supérieure entre 66 à 161 individus pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Les 2 observations ont été réalisées sur 110 jours (du 28 juin au 15 Octobre : 1 découverte en juin et 1 en octobre).

L'éolienne BAZ2 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ3, BAZ4 et BAZ1. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres.

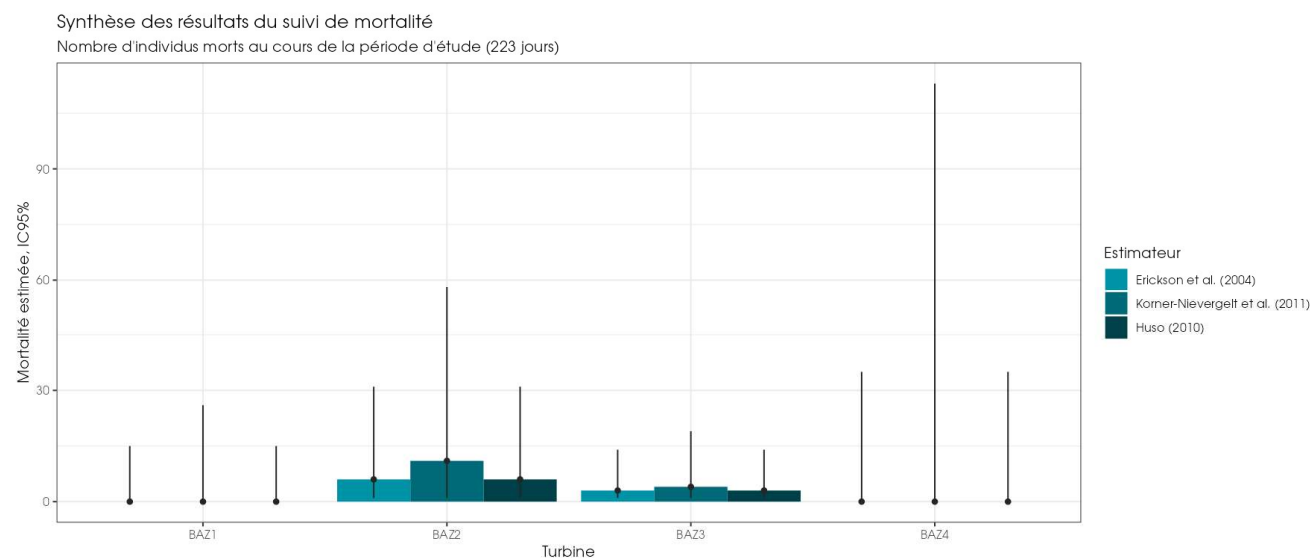


Figure 41 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation no-pooling pour les chiroptères pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours

Méthode de modélisation « partial pooling »

• Éolienne BAZ2

C'est l'éolienne qui présente la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ2 sont comprises entre 3 et 4 individus sur une période de 223 jours de suivi. La borne supérieure de l'intervalle de confiance (IC 95%) est comprise entre 14 et 25 individus alors que la borne inférieure est comprise entre 3 et 4 individus.

Tableau 30 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation partial-pooling (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)

Estimateurs	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	1	1	0	2
Huso (2010) [IC 95%]	1 [0 ; 9]	3 [1 ; 14]	2 [1 ; 9]	1 [0 ; 12]	12 [3 ; 35]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 9]	3 [1 ; 14]	2 [1 ; 9]	1 [0 ; 12]	11 [3 ; 35]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	2 [0 ; 15]	4 [1 ; 25]	3 [1 ; 14]	2 [0 ; 24]	17 [3 ; 62]

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable (estimation modale) des chiroptères est comprise entre 11 et 17 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est de 3 individus et la borne supérieure entre 35 à 62 individus pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Les 2 observations ont été réalisées sur 110 jours (du 28 juin au 15 Octobre : 1 découverte en juin et 1 en octobre).

L'éolienne BAZ2 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ3, BAZ4 et BAZ1. 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 (223 jours)

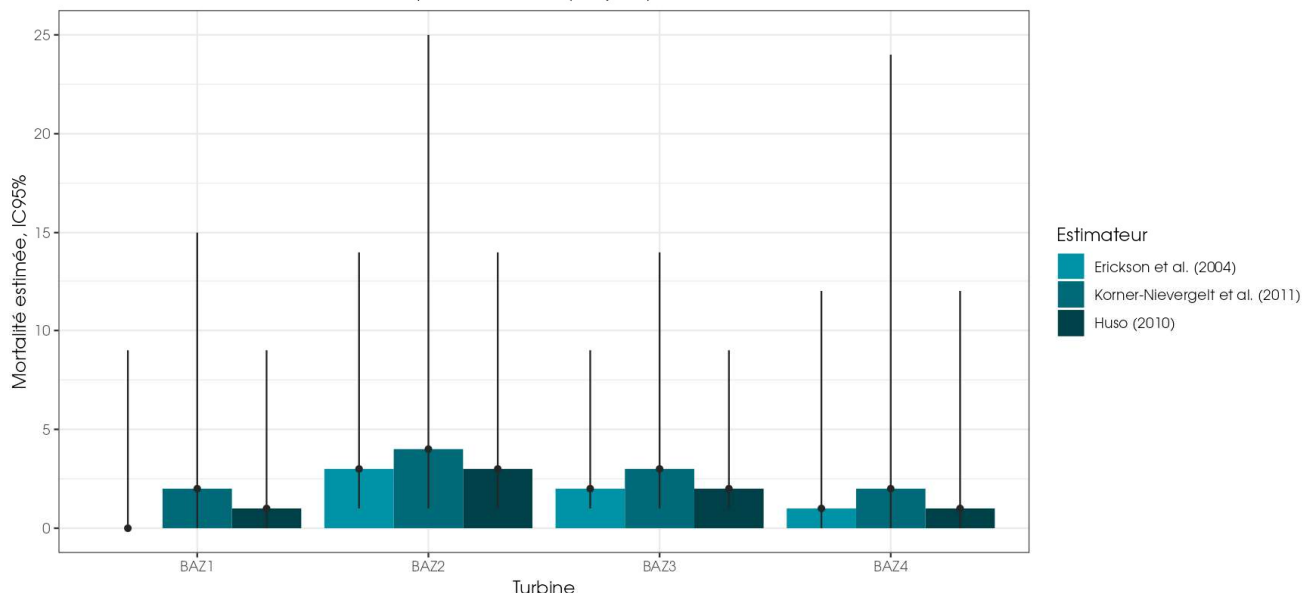


Figure 42 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation partial pooling pour les chiroptères pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours

2.2.2.5 Comparaison de la mortalité estimée sur le parc de Bazougeais avec le référentiel mortalité corrigée Biotope

Ces résultats sont issus des données extraites du référentiel de mortalité estimée élaboré par Biotope depuis 2019. Le graphique présente un « quantile de mortalité estimée » en fonction de la mortalité estimée M par éolienne du parc de Bazougeais. Ce quantile représente la projection de la valeur M observée pour chaque éolienne sur une fonction de répartition empirique cumulative (empirical cumulative distribution function, ECDF) issue du référentiel de mortalité estimée de Biotope. Ce critère permet de situer la mortalité estimée d'une éolienne par rapport à un référentiel national complet.

Tableau 31 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope

	Oiseaux				Chiroptères			
Nom de l'éolienne	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Mortalité estimée M avec Huso [IC 95%] (partial pooling)	3 [1 ; 15]	4 [1 ; 17]	0 [0 ; 8]	4 [1 ; 24]	1 [0 ; 9]	3 [1 ; 14]	2 [1 ; 9]	1 [0 ; 12]
Quantile de mortalité estimée	31%	47%	0%	47%	21%	54%	43%	21%

Ces résultats sont issus des données extraites du référentiel de mortalité estimée élaboré par Biotope depuis 2019. Le graphique présente un « quantile de mortalité estimée » en fonction de la mortalité estimée M par éolienne du parc de Bazougeais. Ce quantile représente la projection de la valeur M observée pour chaque éolienne sur une fonction de répartition empirique cumulative (*empirical cumulative distribution function, ECDF*) issue du référentiel de mortalité estimée de Biotope. Ce critère permet de situer la mortalité estimée d'une éolienne par rapport à un référentiel national complet (voir 1.2.2.3). Cette utilisation est néanmoins soumise à différents biais (voir Annexe 6).

Au sein du parc éolien de Bazougeais, entre 0 et 1 cadavre d'oiseaux et entre 0 et 1 cadavre de chiroptères ont été observés par éolienne. En appliquant une correction à partir de la probabilité globale de détection, les estimations corrigées se situent entre 0 [0 ; 8] et 4 [1 ; 17] oiseaux par éolienne, et entre 1 [0 ; 9] et 3 [1 ; 14] chiroptères par éolienne. Ainsi, en utilisant de manière comparative le référentiel de mortalité estimée, le niveau de mortalité observé est classé de très faible à faible selon l'éolienne et le groupe taxonomique (Tableau 31).

Référentiel 'Mortalité estimée'

Répartition empirique des estimations de mortalité (médiane) d'après l'estimateur de Huso (2010).

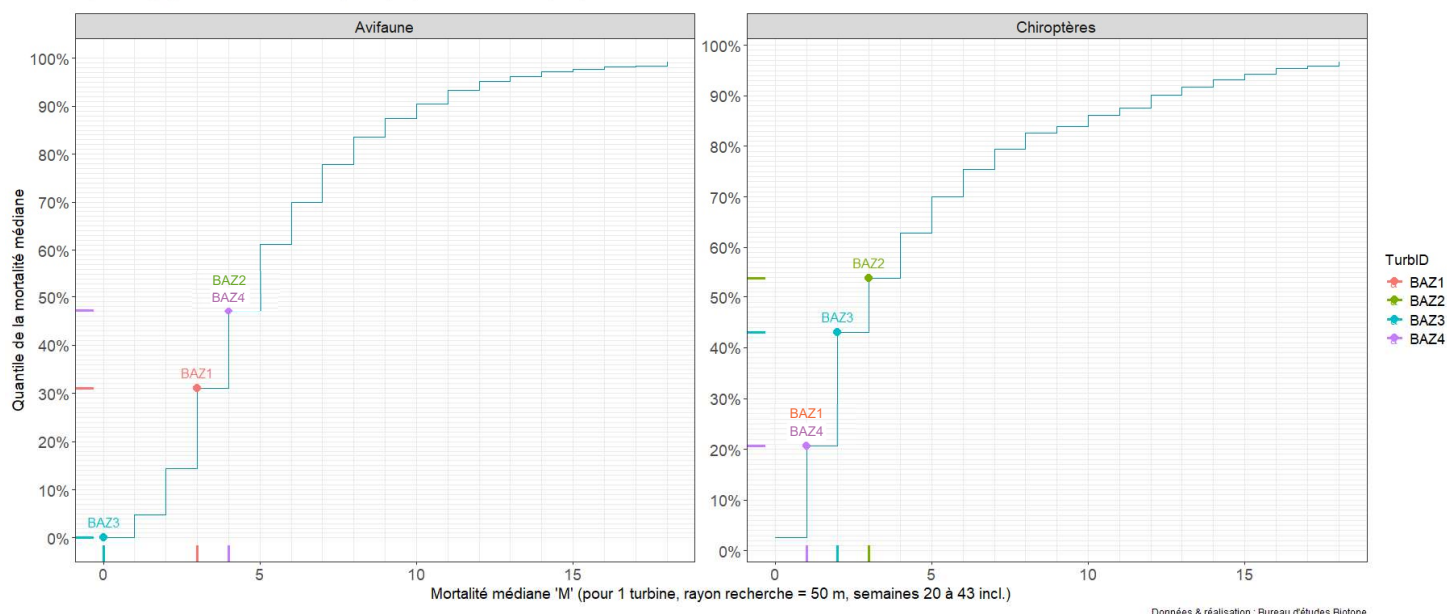


Figure 43 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc de Bazougeais sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité estimée par éolienne compris entre 0% et 47% pour les oiseaux et entre 21% et 54% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité estimée du parc de Bazougeais est assez hétérogène selon les éoliennes mais est toute de même parmi les plus faibles du référentiel pour les chiroptères, et surtout les oiseaux.

Notons que BAZ2 semble plus mortifère pour les deux taxons, avec un quantile de mortalité estimée de 47% pour les oiseaux et de 54% pour les chiroptères, soit respectivement, une mortalité estimée plus importante que 47% et 54% des cas de mortalité par éolienne estimée sur les parcs suivis par Biotope depuis 2019 (Tableau 31).

Il est important de noter que ces valeurs ne constituent qu'une alerte sur un potentiel risque de significativité, et doivent être interprétées en conjonction avec les autres indicateurs. Cependant, il semble que le parc étudié présente une tendance à une mortalité estimée plus faible que les autres parcs surveillés par Biotope depuis 2019. Cependant, il convient de souligner une nouvelle fois que cette interprétation, prise individuellement, ne permet pas de tirer des conclusions définitives quant à la signification potentielle de l'impact du parc de Bazougeais sur les populations d'oiseaux et de chiroptères. Les résultats du référentiel mortalité corrigée se basent sur les semaines 20 à 43, un rayon de recherche de 50 mètres, ce qui n'est pas le cas pour le parc de Bazougeais créant un biais assez important.

Rappel : Les résultats obtenus à partir de ce référentiel de mortalité estimée permettent de donner une mesure de comparaison à la mortalité estimée sur le parc de Bazougeais et ainsi pouvoir situer les impacts en termes de mortalité par rapport à des résultats à plus large échelle. Néanmoins, son utilisation présente certains biais pouvant amener à une prise de recul sur les résultats des quantiles de mortalité obtenus. Le biais principal est la métrique utilisée, la mortalité estimée du référentiel est caractérisée selon la médiane, pour les résultats de ce présent rapport, c'est la valeur moyenne de mortalité estimée qui est utilisée. Il peut également exister une différence sur les périodes de suivi ou le rayon de prospection (si la temporalité de l'étude diffère de la période S20 à S43 ou pour rayon de prospection supérieur à 50m). Plus d'informations sont présentées en Annexe 6.

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. Mais de manière générale, le coefficient correcteur a peu varié à l'échelle du parc, en considérant la moyenne (Tableau 32).

Tableau 32 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2022 et 2024 pour le parc de Bazougeais

Moyenne pondérée	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Moyenne parc
2022	0,63	0,57	0,45	0,72	0,59
2023	0,39	0,39	0,55	0,48	0,45
2024	0,50	0,49	0,66	0,52	0,54

Persistence des cadavres (s)

La vitesse de disparition des cadavres a fortement augmenté en 2023 par rapport à 2022, passant de 2.78 jours en moyenne pour les parcs à 0.62 jours de persistance moyenne annuelle, pour remonter à 1,27 jours en 2024 tout en restant bas (Tableau 33). 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'habitation des prédateurs et charognards.

Tableau 33 : Comparaison des estimations de la persistance moyenne par année sur le parc de Bazougeais

Persistance moyenne (en jours)	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Moyenne parc
2022 (trois tests)	1,4	3,3	5,1	1,3	2,78
2023 (deux tests)	0,25	0,47	1,51	0,25	0,62
2024 (trois tests)	1.37	1.08	2.08	0.54	1.27

Probabilités globales de détection (\hat{g})

En 2022, la probabilité globale de détection variait entre 0,04 et 0,20, c'est à dire que la mortalité la plus probable de chaque éolienne est entre 5 et 25 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. En 2023, la probabilité globale de détection varie entre 0 et 0,10, c'est-à-dire que la mortalité probable de chaque éolienne est entre 10 et 100 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. En 2024, la probabilité globale de détection varie entre 0.03 et 0.31, c'est-à-dire que la mortalité probable de chaque éolienne est entre 3 et 38 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée (Tableau 34). On peut constater que les probabilités de 2024 étaient plus fortes, ce qui peut être un facteur des incertitudes moins élevées sur les estimations de mortalités.

Tableau 34 : Bilan des probabilités globales de détection ($a \times P(s,f)$) par année et par éolienne pour différentes méthodes.

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ en 2022				
Huso (2010)	0,09	0,19	0,18	0,10
Erickson et al. (2000)	0,09	0,20	0,18	0,10
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,04	0,15	0,17	0,04
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ en 2023				
Huso (2010)	0,01	0,02	0,10	0,01
Erickson et al. (2000)	0,01	0,03	0,10	0,01
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,00	0,00	0,07	0,00
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ en 2024				
Huso (2010)	0,18	0,15	0,31	0,08
Erickson et al. (2000)	0,18	0,15	0,31	0,08
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,11	0,08	0,22	0,03

2.2.3.2 Comparaison de la mortalité estimée pour les oiseaux

Il y a eu 9 cas de mortalité observés pour les oiseaux sur le site entre **mars 2022** et **octobre 2022**. BAZ1 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 33 cadavres [8 ; 88], c'est aussi l'une des éoliennes où le plus de cadavre a été observé lors des suivis (3 individus).

En **2023**, la mortalité brute du parc a baissé, passant de 9 à 2 individus par rapport à l'année précédente. La mortalité estimée la plus probable est comprise entre 78 et 445 individus (IC95%), pour une estimation la plus probable de 205 oiseaux (Tableau 35). La mortalité estimée a fortement augmenté par rapport à l'année précédente, ceci s'explique par une très faible probabilité globale de détection, issu du taux de persistance en nette diminution.

Lors du suivi le plus récent mené entre mars et octobre **2024** (avec 2 passages par semaine), la mortalité estimée la plus probable est de 44 cadavres [15 ; 90] à l'échelle du parc, ce qui représente **la plus faible estimation** depuis le début du suivi en 2022 (Tableau 35). La mortalité brute est quasi similaire à celle de l'année dernière avec 3 cadavres, soit 1 cadavre observé en plus à l'échelle du parc sur la période de suivi mais avec 2 fois plus de passages. L'éolienne la plus mortifère est l'éolienne BAZ4 (14 oiseaux estimés), tout comme le suivi de l'année 2023.

Tableau 35 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais entre 2022 et 2024

	E01	E02	E03	E04	Parc
Mortalité brute observée sur le parc de Bazougeais entre 2022 et 2024					
2022	3	2	1	3	9
2023	0	1	0	1	2
2024	1	1	0	1	3
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Bazougeais entre 2022 et 2024 (no-pooling)					
2022	33 [8 ; 88]	9 [2 ; 30]	5 [1 ; 24]	26 [8 ; 77]	-
2023	0 [0 ; 192]	41 [3 ; 180]	0 [0 ; 28]	50 [6 ; 219]	205 [78 ; 445]
2024	5 [1 ; 25]	7 [1 ; 31]	0 [0 ; 8]	14 [1 ; 58]	44 [15 ; 90]

2.2.3.3 Comparaison de la mortalité estimée pour les chiroptères

Il y a eu 9 cas de mortalité observés pour les chiroptères sur le site entre le **mars 2022** et **octobre 2022**. BAZ1 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 70 cadavres [21 ; 139], c'est aussi l'éolienne où le plus de cadavre a été observé lors des suivis (6 chiroptères).

En **2023**, la mortalité brute du parc a baissé, passant de 9 à 4 individus par rapport à l'année précédente. La mortalité estimée la plus probable est comprise entre 114 et 498 individus (IC95%), pour une estimation la plus probable de 291 cadavres (Tableau 36). La mortalité estimée est bien supérieure à celle estimée l'année précédente, ceci s'explique par une très faible probabilité globale de détection, issu du taux de persistance en chute.

Lors du suivi le plus récent mené entre **mars et octobre 2024** (avec 2 passages par semaine), la mortalité estimée la plus probable est de 27 cadavres [9 ; 66] à l'échelle du parc, ce qui représente **la plus faible estimation** depuis le début du suivi en 2022 (Tableau 36). La mortalité brute est la plus basse en comparaison aux autres années, avec 2 cadavres de chiroptères observés à l'échelle du parc sur la période de suivi et pour le double de passages. L'éolienne la plus mortifère est l'éolienne BAZ2 (6 cadavres estimés et 1 cadavre 'brute').

Tableau 36 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Bazougeais entre 2022 et 2024

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Parc
Mortalité brute observée sur le parc de Bazougeais entre 2022 et 2024					
2022	6	0	0	3	9
2023	0	2	1	1	4
2024	0	1	1	0	2
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Bazougeais entre 2022 et 2024 (no-pooling)					
2022	70 [29 ; 139]	0 [0 ; 14]	0 [0 ; 15]	31 [8 ; 77]	-
2023	0 [0 ; 185]	69 [19 ; 218]	11 [1 ; 45]	65 [10 ; 224]	291 [114 ; 498]
2024	0 [0 ; 15]	6 [1 ; 31]	3 [1 ; 14]	0 [0 ; 35]	27 [9 ; 66]

2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité

Le troisième suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Bazougeais entre le 15 mars 2024 et le 24 octobre 2024 (4 machines) a conduit à l'observation de 6 cadavres, dont 4 oiseaux (3 espèces et un groupe d'espèces) et 2 chauves-souris (1 espèce).

En effet, 3 espèces d'oiseaux et un groupe d'espèces (le Faucon émerillon, la Buse variable, le Martinet noir et un *Larus sp*) et 1 espèce de chiroptères (la Pipistrelle commune) ont été retrouvés sous les éoliennes du parc suivi.

L'ensemble des individus de chiroptères observés concernent la Pipistrelle commune (2 individus).

La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme.

Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 20 m (Martinet noir) et 54 m du mât (*Larus sp*) pour les oiseaux et entre 20 m (Pipistrelle commune) et 49 m (Pipistrelle commune) pour les chiroptères.

Trois tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats. Lors de ces tests, 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 0.5 jours (BAZ4) à 2 jours (BAZ3).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (223 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de chiroptères sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 110 jours :

- de l'ordre de 26 à 50 cas de mortalité (modélisation *no-pooling*) ;
- de l'ordre de 11 à 17 cas de mortalité (modélisation *partial-pooling*).

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable d'oiseaux sur la période de suivi, où les observations s'étalent sur 23 jours :

- de l'ordre de 41 à 85 cas de mortalité (modélisation *no-pooling*) ;
- de l'ordre de 17 à 31 cas de mortalité (modélisation *partial-pooling*).

Ces chiffres sont inférieurs à ceux mentionnés par la bibliographie. 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 moyenne des mortalités estimées sur l'ensemble des parcs suivi par Biotope est d'environ **4.9 oiseaux et 4.5 chiroptères par éolienne et par suivi** (pour un rayon de recherche de 50m et une période de suivi compris 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).

De plus, l'utilisation des quantiles de mortalité estimées montre que certaines éoliennes sont particulièrement mortifères en comparaison avec la « moyenne » des mortalités estimées par le référentiel mortalité Biotope. Pour rappel, l'éolienne BAZ2 a un quantile de mortalité estimée supérieure à 95% pour les deux taxons, ce qui dénote une mortalité très importante par rapport au référentiel mortalité estimée Biotope.

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Bazougeais en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On notera toutefois que les estimations de mortalité sur le parc semblent inférieures aux résultats fournis par la bibliographie.

Au vu des résultats du troisième suivi de mortalité de ce parc, on constate une forte baisse des découvertes de cadavres ainsi qu'une forte baisse des estimations de mortalités. On peut supposer que le renforcement du bridage en 2024 a permis de réduire l'impact sur les chiroptères ainsi que sur l'avifaune évoluant en période nocturne.

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 2017.

Tableau 37 : 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
Oiseaux			
Martinet noir	Risque de collision faible	1 individu	L'étude d'impact avait identifié cette espèce courante avec des effectifs modérés sans conclure à un risque de collision.
Buse variable	Risque de collision faible	1 individu	L'étude d'impact avait identifié cette espèce courante avec des effectifs modérés sans conclure à un risque de collision.
Faucon émerillon	/	1 individu	L'étude d'impact n'avait pas de données de cette espèce sur le site.
Chiroptères			
Pipistrelle commune	La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl représentaient 88% de l'activité chiroptérologique dans des proportions comparables. Ainsi la Pipistrelle commune représentait environ 44% de l'activité	2 individus	L'étude d'impact avait identifié cette espèce, avec un enjeu fort sur la zone

De manière générale, l'étude d'impact de 2017 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision pour les oiseaux (espèces communes, à des effectifs modérés). En revanche l'étude d'impact mettait en évidence que le site était attractif pour les chauves-souris et trois espèces présentaient un enjeu fort : la Pipistrelle commune.

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 BAZ3 entre mi-mars et mi-novembre 2024. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 235 nuits. Des problèmes techniques n'ont pas permis de réaliser des écoutes sur une courte période en juin. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 2 chiroptères dont un seul au niveau de l'éolienne BAZ3.

2.3.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

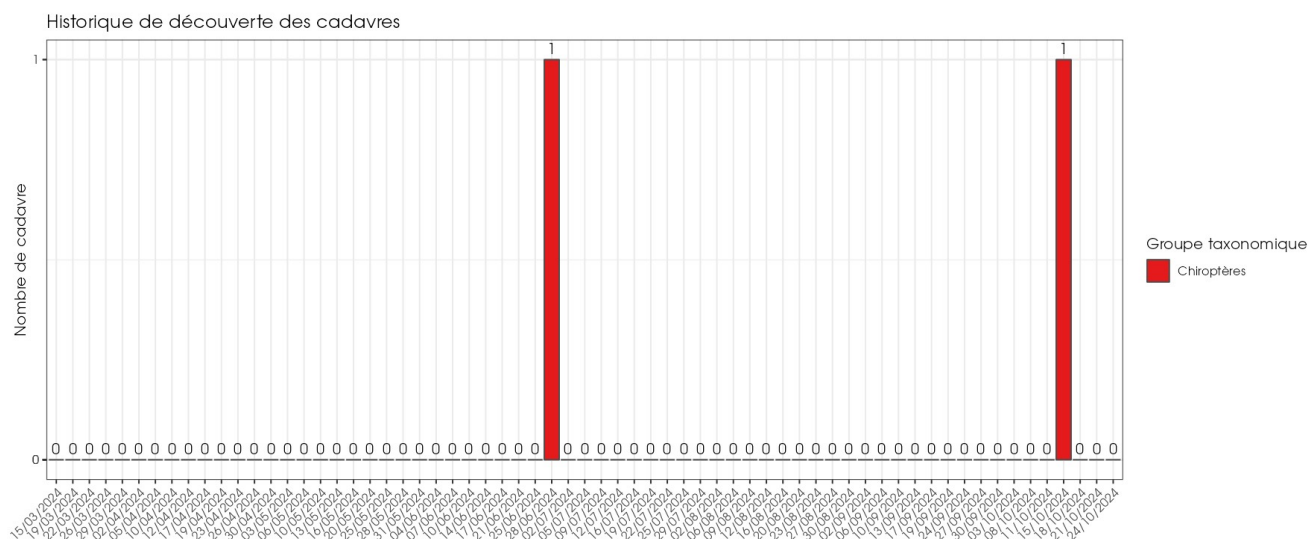


Figure 44 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Bazougeais

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été assez faible (n=2). Les découvertes se sont déroulées en juin (1) et octobre (1).

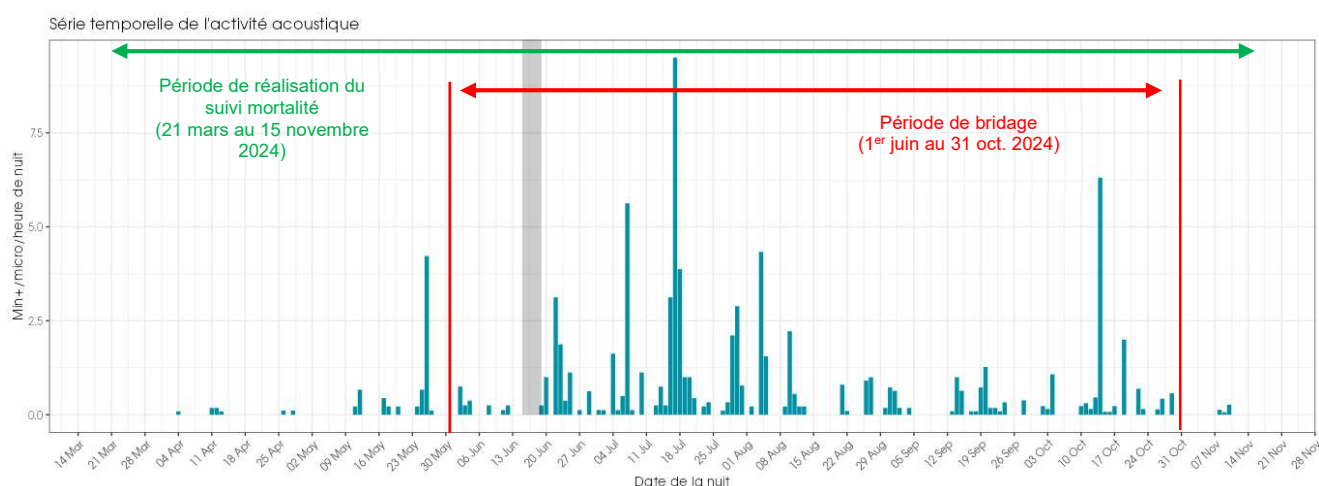


Figure 45 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité

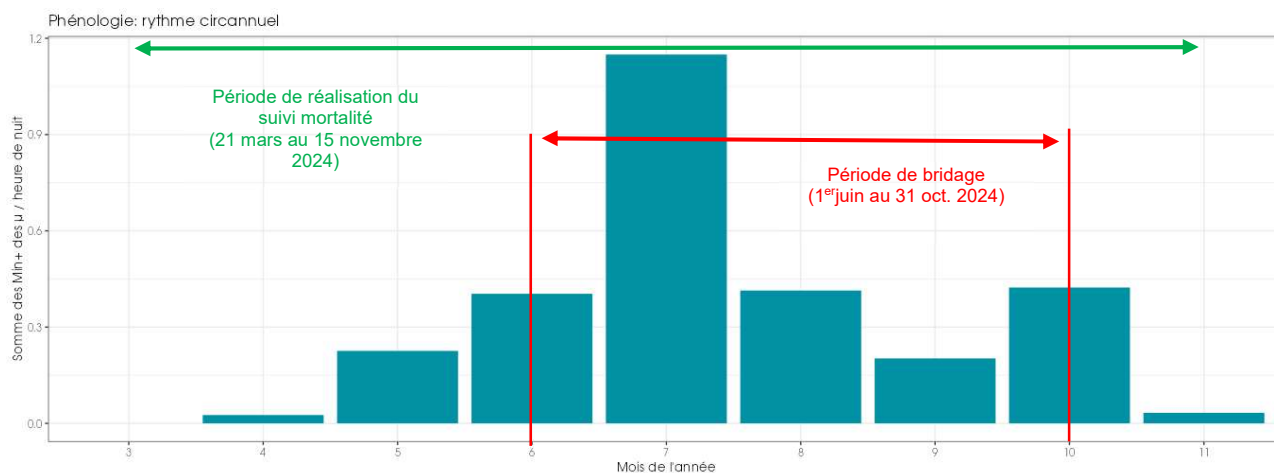


Figure 46 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne BAZ3 du parc de Bazougeais sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2023.

On observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre apparait nulle à très faible en 2024. L'activité la plus importante est observée sur la période estivale, au cours des mois de juin à août. On observe un pic d'activité en juillet.

On observe donc une activité des chauves-souris en altitude en période de mise-bas des chauves-souris (juin-juillet) et également en période de migration (août, septembre et octobre).

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique en altitude concordent relativement bien. En effet, l'ensemble des découvertes de cadavres de chauves-souris (2) ont bien été découverts au cours des mois de juin et octobre. Ce qui correspond à une des périodes avec une activité des chiroptères en altitude sur le site. On note lors du pic d'activité des chauves-souris enregistré en juillet 2024 qu'aucune découverte de chauves-souris n'a été réalisée.

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

Pour le suivi de mortalité, les observations ont concerné uniquement la Pipistrelle commune (n=2) répartie sur l'ensemble du suivi.

Tableau 38 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 105 m au niveau de l'éolienne BAZ3.

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>	40	3,1%	16	1,9%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	315	24,5%	203	23,7%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	60	4,7%	38	4,4%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus</i> sp.	16	1,2%	16	1,9%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	619	48,2%	448	52,4%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>	234	18,2%	134	15,7%
Total	1284		855	

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Pipistrelle commune (52%), suivie de la Noctule de de Leisler (24%) et du couple d'espèces Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius (16%). Seulement 4% de contacts ont été rattachés à la Sérotine commune et 2% au groupe d'espèces dites « Sérotules ».

La seule espèce découverte dans le cadre du suivi mortalité 2024 est la Pipistrelle commune, qui était l'espèce la plus détectée lors du suivi acoustique.

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

■ Pipistrelle commune

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 52 % du total des minutes positives obtenues et a une activité passant de forte à très forte entre le printemps et l'été et l'automne.

L'activité de la Pipistrelle commune augmente progressivement au cours des mois d'avril à juillet, ensuite l'activité diminue de la même manière avec toutefois un regain d'activité en octobre.

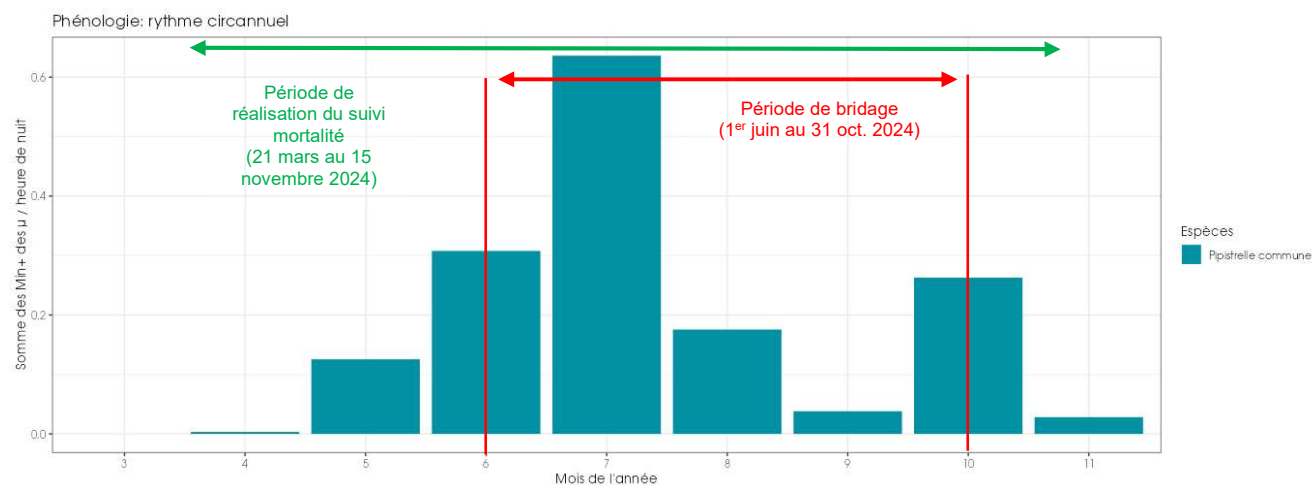


Figure 47 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne BAZ3 de Bazougeais en 2024.

Les bilans de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 39 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce

Date	28/06	15/10	Total général
Période	Période mise-bas	Migration automnale	
Bridage	Bridage actif		
Pipistrelle commune	1	1	2

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

L'espèce découverte durant le suivi de mortalité correspond à la principale espèce identifiée durant le suivi acoustique. Cette espèce est la Pipistrelle commune avec 2 cadavres découverts lors du suivi de mortalité

Sur les 2 chiroptères retrouvés durant le suivi de mortalité, un seul cadavre a été retrouvé au niveau de l'éolienne BAZ3 équipée de l'enregistreur automatisé, ce qui limite 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 de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement

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).

Pour cette analyse spécifique, toutes les données de chauves-souris enregistrées sont utilisées pour les calculs soit 855 minutes positives (Min+). Ces contacts sont tous jugés à risque car présents dans ou à proximité du volume de brassage des pales.

Le parc éolien de Bazougeais fait déjà l'objet d'un bridage en fonction de l'activité des chauves-souris. Les caractéristiques de ce bridage sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 40 : Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2024.

Période	Du 1er juin au 31 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	< 6 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	>13°C
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	½ heure avant le coucher du soleil à ½ heure après le lever
Conditions de précipitations préconisées	>0.4mm/h

Les résultats de l'évaluation des paramètres de bridage actuellement en mise œuvre sur les données d'activité enregistrées au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais en 2024 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 41 : Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les données acquises entre le 21/03 et le 15/11/2024

Espèce	Nombre de minutes positives total	Niveau d'activité couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives couvertes par le bridage conventionnel	Niveau d'activité non couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives non couvertes par le bridage conventionnel
Pipistrelle commune	448	82,4%	369	17,6%	79
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	134	73,1%	98	26,9%	36
Noctule de Leisler	203	78,8%	160	21,2%	43
Noctule commune	16	100,0%	16	0,0%	0
Sérotine commune	38	71,1%	27	28,9%	11
Sérotules	16	62,5%	10	37,5%	6
Total	855	79,5%	680	20,5%	175

Le bridage actuel montre un taux de couverture de l'activité toutes espèces confondues proche de 80 % sur l'année 2024. Ce taux est conforme à celui calculé théoriquement en fin d'année 2023.

Tableau 42 : Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les 3 années de suivi 2022, 2023 et 2024

Espèce	Nombre de minutes positives total	Niveau d'activité couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives couvertes par le bridage conventionnel	Niveau d'activité non couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives non couvertes par le bridage conventionnel
Données d'entrée : <ul style="list-style-type: none"> 14/03 au 30/11/2022 : 247 nuits exploitables et 244 Min+ 25/04 au 02/11/2023 : 192 nuits exploitables et 600 Min+ 21/03 au 30/11/2024 : 235 nuits exploitables et 855 Min+ 					
Pipistrelle commune	873	83,0%	725	17,0%	148
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	262	80,5%	211	19,5%	51
Noctule de Leisler	351	85,2%	299	14,8%	52
Noctule commune	74	81,1%	60	18,9%	14
Sérotine commune	55	78,2%	43	21,8%	12
Sérotules	84	72,6%	61	27,4%	23
Total	1699	82,3%	1399	17,7%	300

Dans l'hypothèse où le bridage actuel avait été mis en œuvre dès 2022, plus de 80% de l'activité chiroptérologique aurait été couverte par ce modèle. Cette couverture théorique calculée sur les 3 premières années d'exploitation du parc permet de lisser les variations interannuelles.

3 Mesures correctives et conclusion

3.1 Mesures correctives

3.1.1 Évolution des mesures correctives depuis 2022

Asservissement de 2022 :

Le bridage mis en place durant l'année 2022 correspond à celui préconisé par l'arrêté préfectoral du 12 novembre 2018, autorisant l'exploitation du parc éolien de Bazougeais.

Tableau 43 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2022.

Période	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Conditions météorologiques	Température nocturne > 13°C, absence de pluie et vent à la hauteur de la nacelle < 5 m/s			Pas de bridage
Dates	Mi-juillet à fin septembre			
Horaires	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil	Trois premières heures de la nuit	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil	

Le bridage mis en place n'a pas protégé efficacement les populations de chauves-souris et nécessite d'être modifié pour être davantage conservateur, car la mortalité de ce groupe a été très significative d'un point de vue quantitatif.

Asservissement de 2023 :

Etant donné que le bridage n'a pas été assez efficace durant l'année 2022, un nouveau bridage a été proposé. L'ensemble des éoliennes est donc soumis à un bridage, sur 2 périodes différentes comme indiqué ci-dessous.

Tableau 44 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2023.

Période	Du 1er juin au 31 août	Du 1 ^{er} septembre au 31 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	< 6 m/s	< 5 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	>13°C	>13°C
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	4 premières heures après le coucher du soleil.	7 premières heures après le coucher du soleil.
Conditions de précipitations préconisées	Absence de pluie	Absence de pluie

Le bridage mis en place en 2023 avait une efficacité prévisionnelle de 81%. Cependant, ce même bridage appliqué sur les données récoltée en 2023 n'affiche pas la même efficacité. En effet, sur le jeu de données complet, l'efficacité sur le jeu de données de 2023 descend à 68,5%. Malgré une activité faible en comparaison avec les autres parcs suivis dans le quart nord-ouest de la France, le bridage doit être ré-évalué pour atteindre un seuil d'efficacité de protection plus élevé.

Asservissement de 2024 :

Comme évoqué précédemment, le bridage de l'année 2023 ne protégeait pas suffisamment l'activité des chiroptères. Ainsi, une nouvelle proposition de bridage a été proposée pour l'année 2024.

Tableau 45 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2024.

Période	Du 1er juin au 31 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	< 6 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	>13°C
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	½ heure avant le coucher du soleil à ½ heure après le lever
Conditions de précipitations préconisées	>0.4mm/h

3.1.2 Efficacité du bridage mis en place durant l'année 2024

Tableau 46 : Taux de couverture par espèces et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les données acquises entre le 21/03 et le 15/11/2024

Espèce	Nombre de minutes positives total	Niveau d'activité couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives couvertes par le bridage conventionnel	Niveau d'activité non couvert par le bridage conventionnel	Minutes positives non couvertes par le bridage conventionnel
Pipistrelle commune	448	82,4%	369	17,6%	79
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	134	73,1%	98	26,9%	36
Noctule de Leisler	203	78,8%	160	21,2%	43
Noctule commune	16	100,0%	16	0,0%	0
Sérotine commune	38	71,1%	27	28,9%	11
Sérotules	16	62,5%	10	37,5%	6
Total	855	79,5%	680	20,5%	175

Le bridage actuel montre un taux de couverture de l'activité toutes espèces confondues proche de 80 % sur l'année 2024. Ce taux est conforme à celui calculé théoriquement en fin d'année 2023.

3.2 Conclusions

Ce rapport analyse la troisième année de suivi de mortalité au sein du parc éolien de Bazougeais. Ce suivi a été réalisé sur les 4 éoliennes du parc, entre le 15 mars 2024 et le 24 octobre 2024, à raison de 2 passages par semaine, soit 65 passages en 223 jours. Au total, 6 cadavres ont été trouvés sous les éoliennes dont 4 oiseaux (3 espèces et un groupe d'espèce) et 2 chauves-souris (1 espèce).

Concernant les oiseaux, 4 cadavres appartenant à 3 espèces et un groupe d'espèces ont été retrouvés sous les éoliennes du parc. Ce résultat est légèrement supérieur à celui de l'année précédente où 2 oiseaux avaient été retrouvés en 2023, mais inférieur aux 9 oiseaux retrouvés en 2022. A noter que durant le suivi de mortalité de 2022 et 2023, seul 1 passage par semaine a été effectué, contre 2 passages en 2024 sur la même période.

Pour les chauves-souris, 2 cadavres appartenant à 1 espèce de chauves-souris ont été retrouvés sous les éoliennes du parc. Ce résultat bien inférieur à ceux des années précédentes où 9 cadavres de chauves-souris avaient été découverts au cours du suivi de 2022 et où 4 cadavres de chauves-souris avaient été découverts au cours du suivi de 2023 illustre vraisemblablement les effets positifs des renforcements successifs du bridage depuis la mise en service. A noter que durant le suivi de mortalité de 2022 et 2023, seul 1 passage par semaine a été effectué, contre 2 passages en 2024 sur la même période.

Les estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi, soit 223 jours. L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 44 cas de mortalité d'oiseaux avec la méthode « *no-pooling* », et de l'ordre de 17 cas de mortalité avec la méthode « *partial-pooling* ». Concernant les chiroptères, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 27 cas de mortalité de chauves-souris avec la méthode « *no-pooling* », et de l'ordre de 12 cas de mortalité avec la méthode « *partial pooling* ». Ces résultats sont en deçà de ceux mentionnés dans la bibliographie et dans les référentiels de mortalité (Biotope, 2024 et projet APOCOPE).

Les résultats du suivi de la mortalité, réalisé en 2024, montrent une mortalité non-significative du parc éolien de Bazougeais. Les renforcements successifs du bridage ont donc vraisemblablement eu un effet positif, qui a permis d'atteindre l'objectif visé de 80% de taux de couverture de l'activité des chiroptères. Aucune mesure corrective n'est nécessaire pour le parc éolien de Bazougeais, ainsi la reconduction d'un suivi n'est pas envisagée.

A l'issue des 3 premières années d'exploitation du parc éolien de Bazougeais, la mortalité enregistrée en 2024 est non significative. Conjointement à cela, l'asservissement actuel du parc aurait permis d'atteindre une protection théorique de l'activité des chauves-souris dans la zone à risque de brassage des pales de plus de 82 % depuis sa mise en service. Ces éléments tendent à souligner que le fonctionnement du parc éolien de Bazougeais ne nuit pas au maintien dans un état de conservation favorable, ni n'est de nature à remettre en cause le bon accomplissement des cycles biologiques des populations à l'échelle locale.

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-Brissson, 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. l.]*, 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/>

5 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	Panne de Bridage
15/03/2024	BAZ4	<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	43 m	Non
23/04/2024	BAZ1	-	Larus sp	Frais	Immature	Indéterminé	Collision avec pale	54 m	Non
06/05/2024	BAZ2	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	20 m	Non
13/05/2024	BAZ4	<i>Falco columbarius</i>	Faucon émerillon	En décomposition	Adulte	Femelle	Collision avec pale	43 m	Non
28/06/2024	BAZ3	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	49 m	Non
15/10/2024	BAZ2	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Femelle	Barotraumatisme	20 m	Non

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

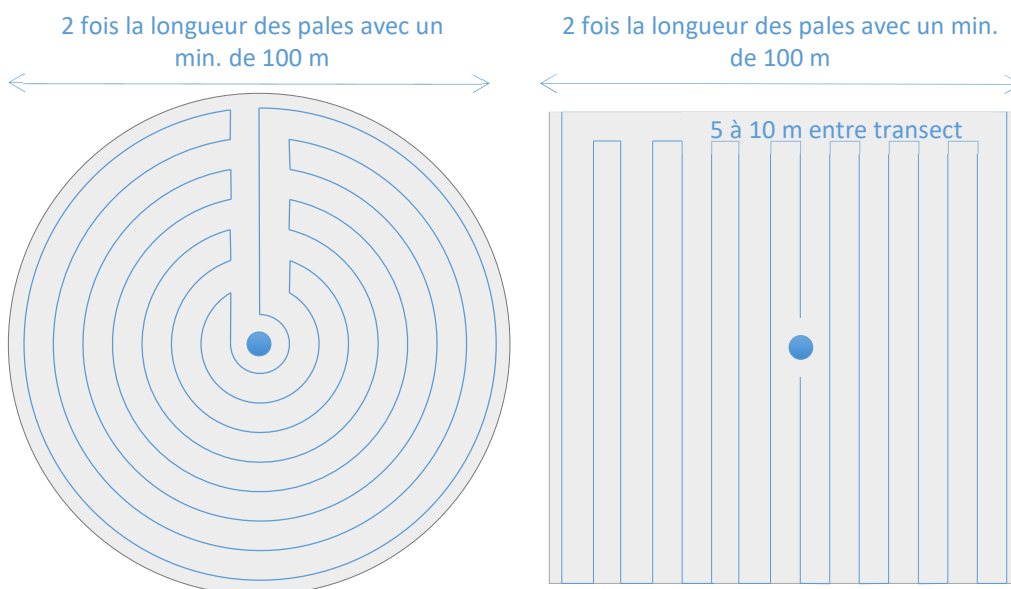


Figure 49 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

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 prédation 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 prédation 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.

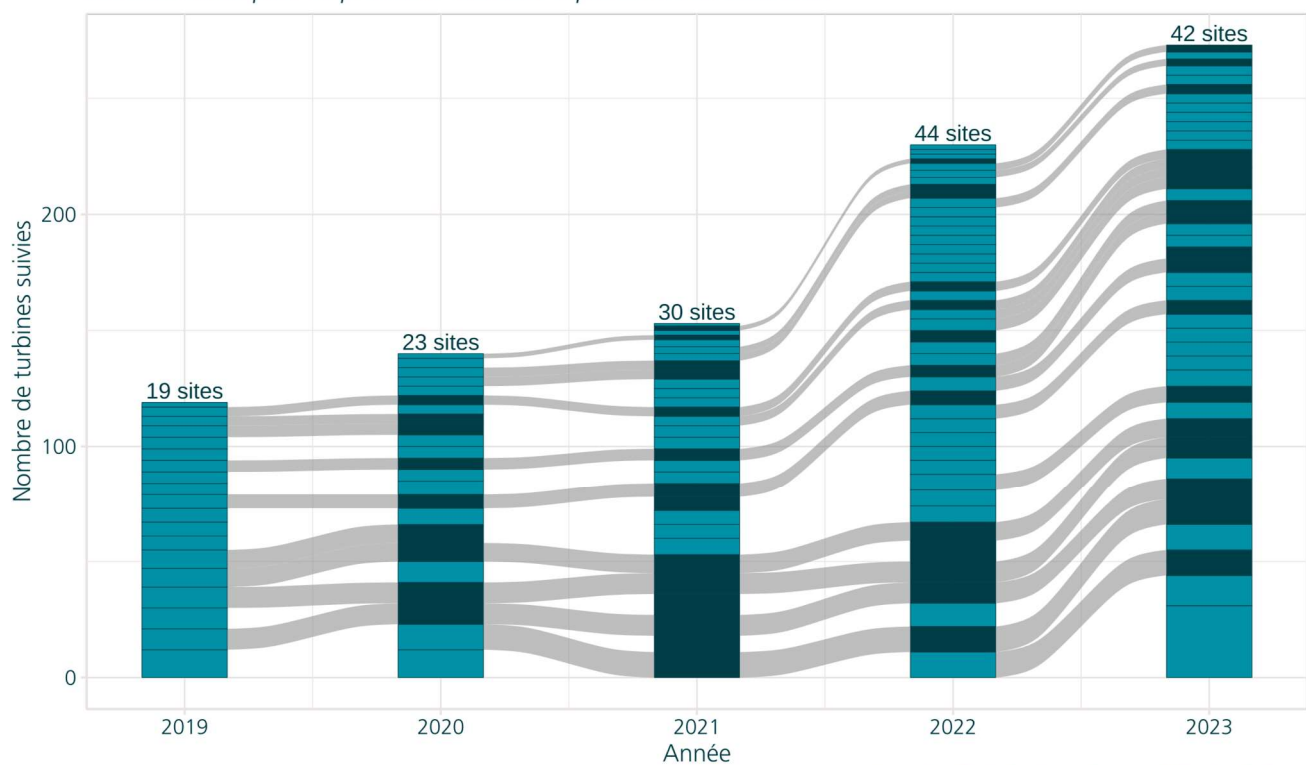
Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%

- 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

Répartition des données du référentiel selon les années

Les 'alluviums' mettent en évidence la continuité du suivi d'un site sur des années consécutives. Chaque année, les sites sont empilés par ordre décroissant du nombre de turbines suivies. Les sites suivis pour la première fois sont représentés en bleu clair



Données & réalisation : Bureau d'études Biotope

Figure 50 : Répartition des données du référentiel selon les années

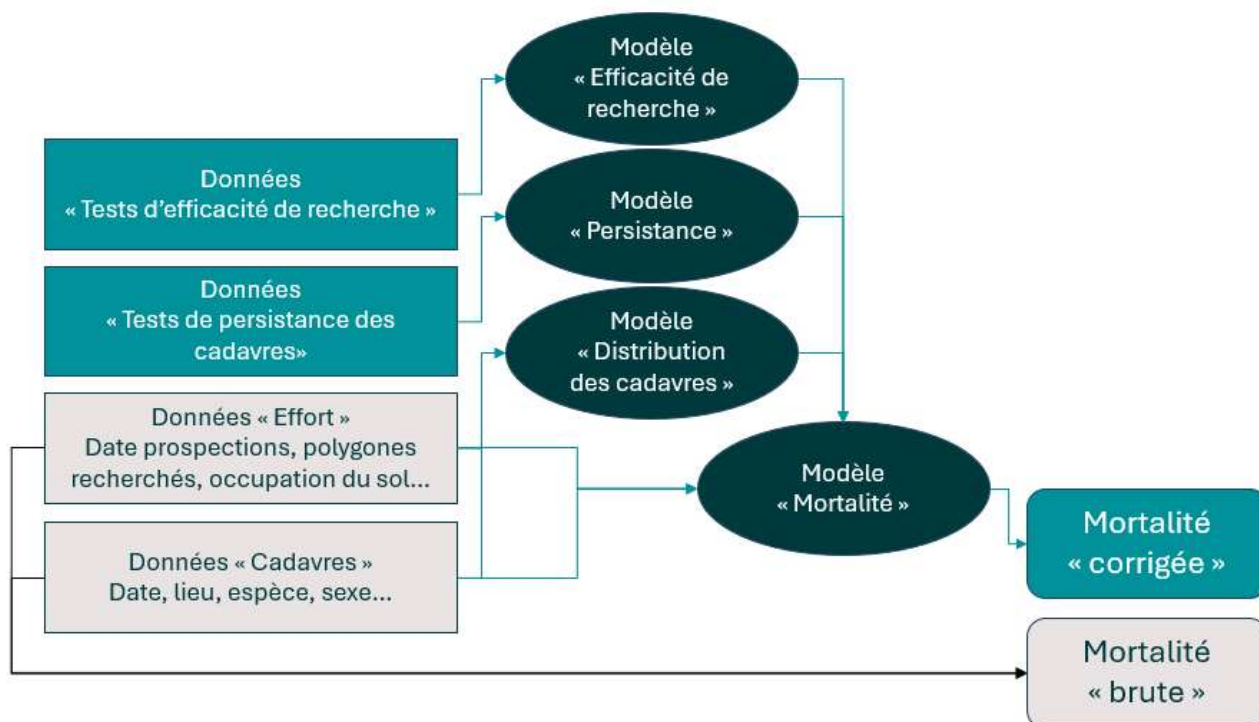


Figure 51 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée

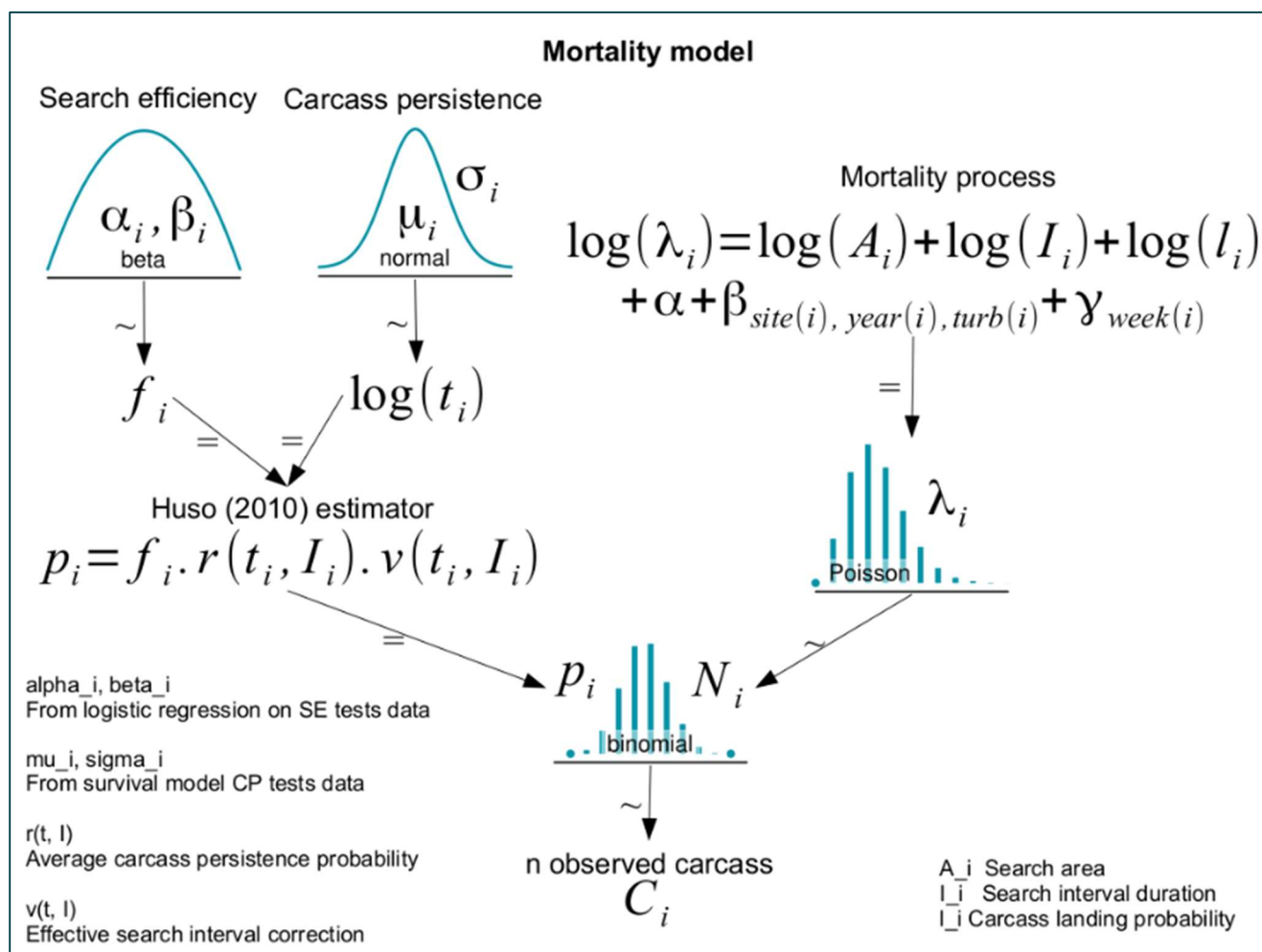


Figure 52 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée

Les biais d'interprétation concernant l'utilisation du référentiel mortalité corrigé

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

- *Persistance* : ajout d'effets aléatoires sites, turbines, années ; cadre bayésien et non fréquentiste, loi de distribution 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 concentrique le long de l'éolienne (pas suffisamment de données sur 1 parc pour le faire in-situ)
- *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 leurres 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 leurres, une dizaine d'OCS différentes, conditions environnementales propre au site d'étude, temporalité courte (1 année entre S20 et S43).

6 Index des tableaux et figures

Index des tableaux

Tableau 1 : Paramétrage de l'enregistreur en hauteur	14
Tableau 2 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période	15
Tableau 3 : Identification des espèces de chiroptères	16
Tableau 4 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude	18
Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques	23
Tableau 6 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 3 tests).	26
Tableau 7 : Équipe de travail	27
Tableau 8 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc de Bazougeais en 2024.	28
Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 105 m	29
Tableau 10 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur	30
Tableau 11 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période printanière	31
Tableau 12 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période estivale	31
Tableau 13 : Synthèse de l'activité des chiroptères obtenue en hauteur en période automnale	32
Tableau 14 : Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil	37
Tableau 15 : Croisement des informations sur l'évaluation de l'activité en altitude issues des deux années de suivi.	37
Tableau 16 : Proportions des contacts obtenus en hauteur (105 m) en fonction de la vitesse du vent	40
Tableau 17 : Proportions des contacts obtenus au-dessus de la médiane en fonction de la température	42
Tableau 18 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2024) pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.	49
Tableau 19 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Bazougeais	50
Tableau 20 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en septembre 2024) pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.	51
Tableau 21 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Bazougeais	51
Tableau 22 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre 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 (65 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 la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).	53
Tableau 23 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 65 passages	56

Tableau 24 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les trois tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	57
Tableau 25 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type hauteur de végétation pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	57
Tableau 26 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	58
Tableau 27 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)	59
Tableau 28 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation partial-pooling (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)	60
Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation no-pooling (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)	61
Tableau 30 : Estimation de la mortalité la plus probable en modélisation partial-pooling (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi (223 jours)	62
Tableau 31 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope	63
Tableau 32 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2022 et 2024 pour le parc de Bazougeais	65
Tableau 33 : Comparaison des estimations de la persistance moyenne par année sur le parc de Bazougeais	65
Tableau 34 : Bilan des probabilités globales de détection (a x P(s,f)) par année et par éolienne pour différentes méthodes.	66
Tableau 35 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais entre 2022 et 2024	66
Tableau 36 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Bazougeais entre 2022 et 2024	67
Tableau 37 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	69
Tableau 38 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 105 m au niveau de l'éolienne BAZ3.	71
Tableau 39 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce	72
Tableau 40 : Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2024.	73
Tableau 41 : Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les données acquises entre le 21/03 et le 15/11/2024	73
Tableau 42 : Taux de couverture par espèce et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les 3 années de suivi 2022, 2023 et 2024	74
Tableau 43 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2022.	75
Tableau 44 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2023.	75
Tableau 45 : Paramètres de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bazougeais en 2024.	76
Tableau 46 : Taux de couverture par espèces et groupes d'espèces pour le bridage actuel sur les données acquises entre le 21/03 et le 15/11/2024	76

Index des figures

Figure 1 : Photographies des 4 éoliennes du parc éolien de Bazougeais en 2022 © Biotope	7
Figure 2 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite, BAZ1, BAZ2, BAZ3 et BAZ4)	7
Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite, BAZ1, BAZ2, BAZ3 et BAZ4)	13
Figure 4 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.	14

Figure 5 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du Parc de Bazougeais	15
Figure 6 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope	16
Figure 7 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude	18
Figure 8 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude	22
Figure 9. Schéma temporel de la vitesse du vent à 105 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E3 du parc de Bazougeais en 2024	22
Figure 10. Schéma temporel de la température à 105 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E3 du parc de Bazougeais en 2024	23
Figure 11 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	26
Figure 12 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistrée en altitude (105 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2024	33
Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (105 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2024	33
Figure 14 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Bazougeais en 2024.	34
Figure 15 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 de Bazougeais en 2024.	34
Figure 16 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les sérotules, en altitude sur l'éolienne E3 de Bazougeais en 2024.	35
Figure 17 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (105 m), toutes espèces confondues, de mars à novembre 2024	35
Figure 18 : Nombre de contacts par tranche horaire en fonction de la période de l'année, après le coucher du soleil, en altitude (105 m) et toutes espèces confondues	36
Figure 19 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (105 m)	36
Figure 20 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais	39
Figure 21 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais	40
Figure 22 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais	41
Figure 22 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais	41
Figure 24 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (105 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bazougeais	42
Figure 25 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (105 m)	43
Figure 26 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 105 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris	44
Figure 27 : 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	44
Figure 28 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bazougeais	46
Figure 29 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bazougeais en 2024	47
Figure 30 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	47
Figure 31 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bazougeais. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	48
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.	48

Figure 33 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2023).	52
Figure 34 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	53
Figure 35 : Occupation du sol pour les éoliennes BAZ1, BAZ2, BAZ3, BAZ4 (de gauche à droite et de haut en bas) le 15 mars 2024 (premier passage en haut) et le 24 octobre 2024 (dernier passage en bas)	54
Figure 35 : Synthèse (boîte à moustache) du pourcentage de surface prospectée par passage éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum)	55
Figure 36 : Evolution du pourcentage de surface prospectée par passage	55
Figure 38 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque éolienne	56
Figure 39 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation no-pooling pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours	59
Figure 40 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation partial pooling pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours	60
Figure 41 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation no-pooling pour les chiroptères pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours	61
Figure 42 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) en modélisation partial pooling pour les chiroptères pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2024 sur 223 jours	62
Figure 43 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc de Bazougeais sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.	63
Figure 44 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Bazougeais	70
Figure 45 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité	70
Figure 46 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne BAZ3 du parc de Bazougeais sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2023.	71
Figure 46 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne BAZ3 de Bazougeais en 2024.	72
Figure 48 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	83
Figure 49 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	83
Figure 50 : Répartition des données du référentiel selon les années	86
Figure 51 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée	87
Figure 52 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée	88



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

