



BORALEX

BORALEX
créatrice d'énergie

Parc éolien de Bois des Fontaines

Commune de Louville-la-Chenard, Centre-Val-De-Loire
(28)
18 avril 2025

Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères


biotope

Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2025 – Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien de Bois des Fontaines - Commune de Louville-la-Chenard, Centre-Val-De-Loire (28) - BORALEX - 102 p.		
Nom de fichier	BoisdesFontaines_SuiviMortalite_SuiviAlti_2024_Biotope_V1.docx		
N° de contrat	2023014-12		
Date de démarrage de la mission	15/05/2024		
Maître d'ouvrage	BORALEX		
Interlocuteur	Vezians Dupont		Contact : vezians.dupont@boralex.com
Biotope, Responsable du projet	Ludivine DOYEN (LDO) <i>Directrice du Développement Eolien et Photovoltaïque Terrestre France et Outre-Mer</i>		Contact : ldoyen@biotope.fr
Biotope, Contrôleur qualité	Nicolas CARENTON (NCA) <i>Chef de projet Biostatistiques</i>		Contact : ncarenton@biotope.fr
Version 1	Rédacteur : LDO – Février 2025	Contrôle qualité : JTR – Avril 2025	Description des modifications apportées au document : <ul style="list-style-type: none">• Création du document.

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

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

Avant-propos

Le parc éolien de Bois des Fontaines (Centre-Val de Loire) a été mis en service fin 2022.

La société BORALEX a missionné BIOTOPE pour la réalisation du suivi mortalité du parc éolien en 2024, pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

A noter que BIOTOPE avait déjà réalisé un suivi durant l'année 2023 (premier suivi mortalité réalisé depuis le repowering du parc). En plus du suivi mortalité, il a été réalisé une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018), ainsi qu'un suivi spécifique de l'Edicnème criard, du Busard Saint-Martin et du Busard cendré dans un rayon d'un kilomètre autour des éoliennes du parc entre avril et juin 2023. A noter que lors de la découverte de nidification de Busards, BORALEX a établi une convention avec l'exploitant concerné afin de mettre en œuvre des mesures de protection.

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 Bois des Fontaines.

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.

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	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	24
1.2.1.1 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 Evaluation de l'activité en hauteur	30
2.1.4 Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur	32
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	43
2.2 Résultats du suivi de mortalité	44
2.2.1 Résultats bruts	44
2.2.2 Analyse des résultats	52
2.2.3 Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs	64
2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité	69
2.3 Facteurs d'impact et mesures mises en place	71
2.3.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact	71
2.3.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	71
2.3.3 Evaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement	75
3 Mesures correctives et conclusion	77
3.1 Mesures correctives	77
3.1.1 Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique	77
3.1.2 Suivi post-implantation	79
3.1.3 Poursuivre l'entretien rigoureux des plateformes	80
3.1.4 Cut-in-speed	81
3.1.5 Installation de nichoirs	81
3.2 Conclusions	83
4 Bibliographie	86
5 Annexes	89
Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.	89
Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	91
Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	92
Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	93
Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%	94

Annexe VI : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope	95
6 Index des tableaux, cartes et figures	98

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1.1 Présentation du parc

Le parc de Bois des Fontaines se situe dans le département de l'Eure et Loir (28), en région Centre-Val de Loire. Il est situé à environ 25 km au sud-est de Chartres et à 50 km au nord d'Orléans.

Le parc, mis en service fin 2022, comprend 7 éoliennes de type N117 (Nordex de 117 mètres de rotor), d'une puissance nominale de 3600 kW. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 91 m et un rotor de 117 m de diamètre.

Le parc de Bois des Fontaines se situe au sein d'une zone agricole intensive caractérisée par de grandes cultures céréalières et oléagineuses. On peut toutefois recenser la présence de boisements à proximité des éoliennes E6 et E7.



Eolienne E1



Eolienne E2



Eolienne E3



Eolienne E4



Eolienne E5



Eolienne E6



Eolienne E7

Photographies des éoliennes du parc

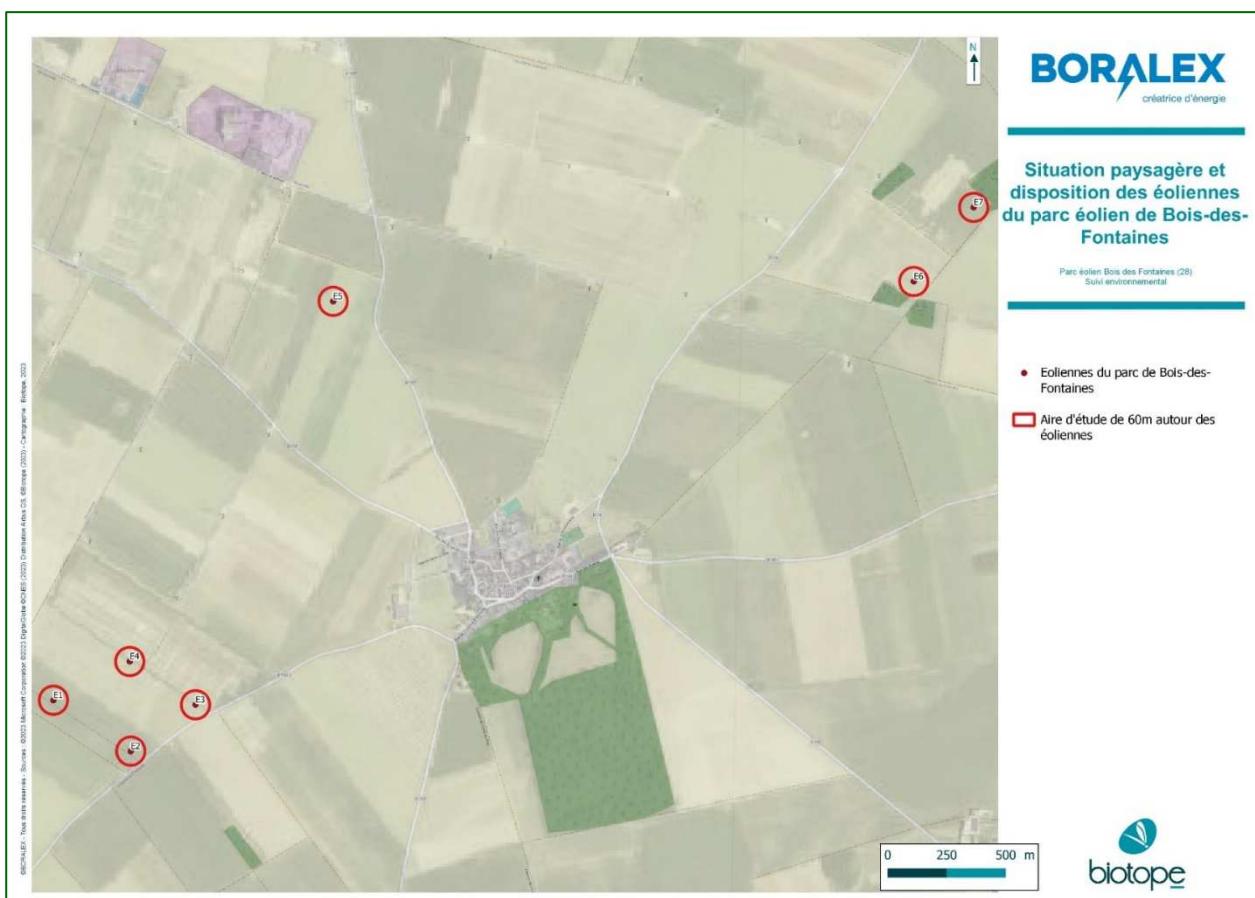


Figure 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bois des Fontaines (de gauche à droite, E1, E2, E3 et E4, E5, E6 et E7)

1.1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2016/2017 et rédigée en 2018 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2024.

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

L'aire d'étude initiale correspond à un périmètre d'étude rapprochée de 4 km.

Pour la partie « oiseaux », 12 passages ont été réalisés sur la période 2016-2017 couvrant l'ensemble des cycles biologiques suivants : 3 en période nuptiale, 5 en migration postnuptiale, 2 en période hivernale et 2 en migration prénuptiale (4 relevés réalisés entre décembre et février pour l'avifaune hivernante). L'ensemble des observations directes ont été réalisées en parcourant l'aire d'étude pour chacun des 12 passages. Cette méthode a permis d'apprécier l'utilisation du site par les oiseaux nicheurs ou en transit, mais aussi de préciser les espèces hivernantes et en passage migratoire.

Pour la partie « chauves-souris », 6 sorties de terrains en période nocturne (deux en période de transit printanier 2017, deux en période de parturition 2017 et deux en période de transit automnal 2016) et un passage en période diurne (recherche de gîte). Ces sorties résultent en un total de 6 sorties d'écoute active (de 7 à 11 points par nuit) et 28 points d'écoute passive. De plus, 425 nuits complètes d'enregistrement en altitude ont été effectuées entre août 2016 et novembre 2018 et analysées.

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

Au total, 48 espèces ont été observées sur la zone d'étude durant la période de suivis 2016-2017 lors des passages de terrains aux différentes saisons. « Sur les 48 espèces fréquentant le site toutes périodes confondues : 34 espèces sont protégées au niveau national, 3 espèces sont inscrites à l'annexe 1 de la directive oiseaux (Busard Saint-Martin, Busard cendré et Pluvier doré), 2 espèces présentent un intérêt patrimonial fort (Busard Saint-Martin et Busard cendré, espèces

nicheuses de la directive oiseaux) et 11 espèces présentent un intérêt variable de modéré à fort car vulnérables ou quasi-menacées en France ou en Centre Val de Loire (Alouette des champs, Bruant jaune, Bruant proyer, Chardonneret élégant, Cochevis huppé, Faucon hobereau, Linotte mélodieuse, Perdrix grise, Pluvier doré, Vanneau huppé, Verdier d'Europe. Il n'est pas tenu compte des espèces vues uniquement en vol.

13 espèces sont d'intérêt patrimonial : 3 espèces de l'Annexe 1 de la Directive Oiseaux, 6 espèces avec statut défavorable dans la liste rouge nationale des nicheurs, 9 espèces avec statut défavorable dans la liste rouge régionale des nicheurs. Ainsi, nous pouvons classer les **enjeux comme étant de modérés à forts**.

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

La zone d'étude n'est pas utilisée par les chiroptères pour chasser. La typologie de la zone explique cette absence de chiroptères en chasse, en effet, il s'agit d'une plaine de culture intensive où ne subsistent que de rares boqueteaux. Bien qu'ayant fait l'objet de recherches poussées au sol, les seuls endroits où des contacts de chasse ont été notés sont les villages environnants et le parc du château de Louville.

Ils ne sont fréquentés que par une seule espèce de chiroptère, la Pipistrelle commune. Cette espèce est commune régionalement et nationalement. Les données collectées en altitude du parc de Bois des Fontaines ont démontré que 2 espèces de chiroptères (Noctule commune et Pipistrelle commune) traversaient la zone d'étude lors de déplacements de type migratoire en automne. Le niveau de sensibilité au projet apparaît faible pour la Pipistrelle commune, en raison de la non-utilisation de la zone d'étude pour chasser. Le niveau de sensibilité est peu élevé pour les déplacements migratoires de la Noctule commune en raison du faible nombre d'individus notés lors de ces migrations.

Cette aire d'étude apparaît à première vue, en termes d'habitats, comme peu favorable avec un **enjeu globalement faible** pour la majorité des espèces de chauves-souris recensées en région Centre. Composée de vastes parcelles de cultures non reliées par des linéaires denses de haies, elle ne présente que peu d'habitats susceptibles d'abriter des populations aussi importantes que variées de chiroptères.

1.2 Méthodologie appliquée

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 47). 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 proscrire 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 48). 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 d'autorisation du parc de Bois des Fontaines stipule qu'au cours de la première année complète de fonctionnement, et au moins une fois tous les 10 ans, l'exploitant met en place, à ses frais, le suivi environnemental prévu à l'article 12 de l'arrêté ministériel du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent permettant de « discriminer la mortalité de 20 passages de mi-mai à fin octobre. La pression d'inventaire devra être plus forte dans la période de bridage, avec au moins un passage par semaine entre le 1^{er} août et le 31 octobre. Les méthodes mises en œuvre sont celles prévues par le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre reconnu par le ministère en charge de l'écologie. Ces études sont conduites par une personne ou un organisme qualifié. Le rapport contient en outre les écarts de ces résultats par rapport aux analyses précédentes ainsi que d'éventuelles propositions classées. L'exploitant engage sous un délai maximum de 6 mois les mesures préconisées dans le rapport de suivi environnemental de mortalité des chiroptères et de l'avifaune.

1.2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude réalisée sur le parc éolien de Bois des Fontaines. 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 prédatation/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 inexploitables 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, 20101 / Korner-Nievergelt et al. 2011.**

1.2.2.1.2. Détermination des coefficients correcteurs

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

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédatation, charronnage, 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 prédatation 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. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédatation, 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 de leurre (taille, couleur par exemple), la période du test, le type d'occupation du sol 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-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne.

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievergelt (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 60 m autour de chaque éolienne : 13 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (60 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 mat de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de 60 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, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 2 695 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.

1.2.2.2.3. 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.

Pour limiter les risques de modification comportementale des prédateurs (charronnage) 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.

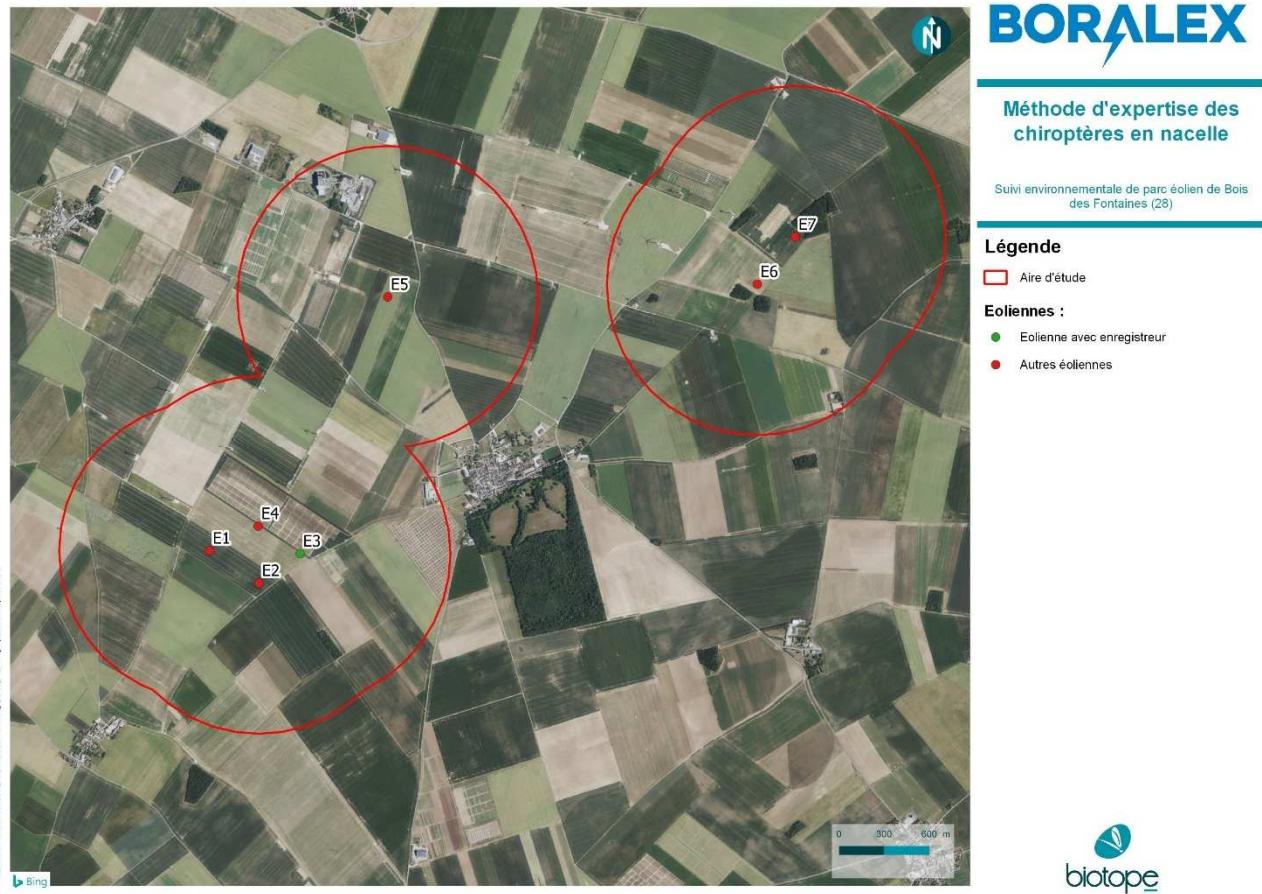
La compilation de ces nombreuses études, permet une modélisation à plus large échelle (temporelle et spatiale) des différents processus liés à la probabilité globale de détection, telle que la persistance des cadavres ou la capacité de détection de l'observateur. Il permet ainsi une prise en compte fine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

1.2.2.1 Étude de l'activité des chiroptères

1.2.2.1.1. Localisation du dispositif d'écoute

En 2024, comme en 2023, le dispositif d'acquisition des données chiroptérologiques a été installé sur l'éoliennes E3 du parc éolien de Bois des Fontaines.



Carte 1 : Localisation des éoliennes du parc éolien de Bois des Fontaines

1.2.2.1.2. Collecte des données

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

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

En 2023 et 2024, le microphone a été installé sur l'éolienne E3, en nacelle, à 90 m de hauteur.

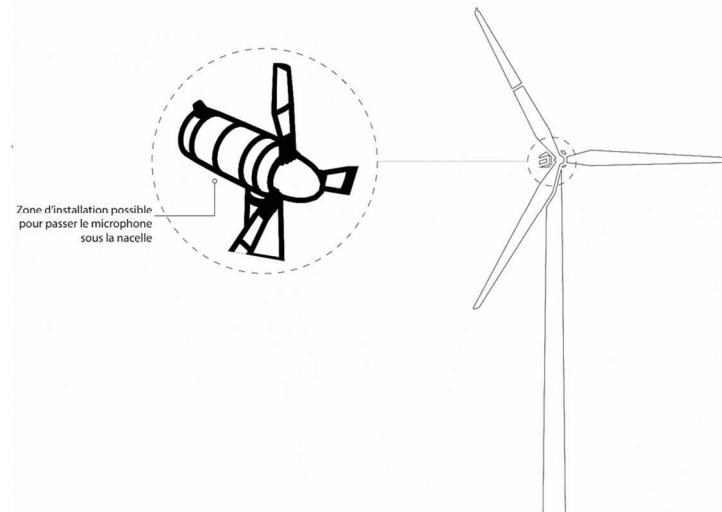


Figure 2 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.

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 enregistreur dans l'éolienne



Photo microphone

Microphone et enregistreur SM4BAT installé en nacelle E3 du parc de Bois des Fontaines

1.2.2.1.2.1. Calendrier des enregistrements

L'activité des chauves-souris en altitude a été analysée durant 7 mois, du 16 mai 2024 au 6 novembre 2024.

Au total, 174 nuits ont été analysées. Aucune interruption des enregistrements n'a été remarqué au cours de la période de suivi. Les écoutes réalisées en 2024 sur l'ensemble de la période sont donc suffisantes pour rendre compte de la fréquentation annuelle du site par les chiroptères.

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

Nombre de nuits exploitable* sur le microphone			
Mai 2024	15	Septembre 2024	30
Juin 2024	30	Octobre 2024	31
Juillet 2024	31	Novembre 2024	6
Aout 2024	31	-	-
TOTAL			174

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

1.2.2.1.2.2. Représentativité des inventaires

Du fait du nombre de nuits d'enregistrement, 443 nuits entre mai 2023 et août 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.

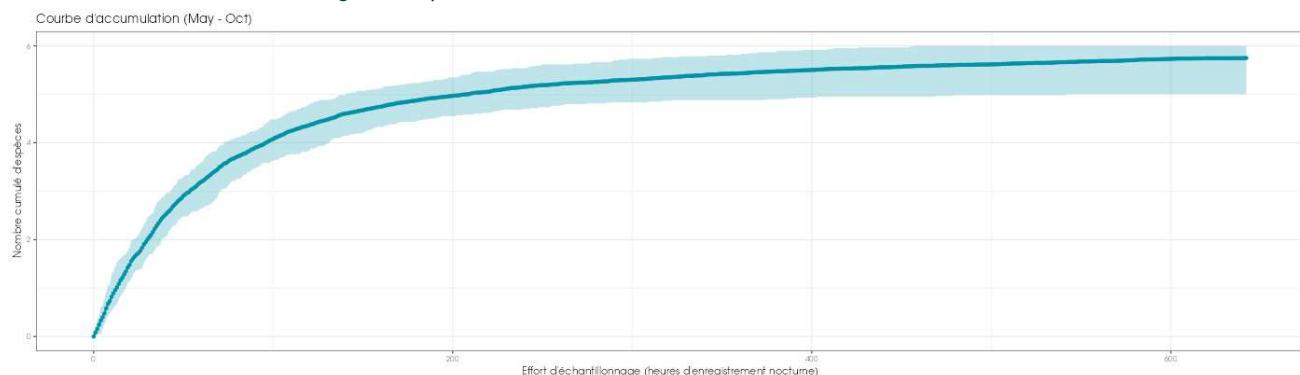


Figure 3 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines

1.2.2.1.3. Analyse des sons et identification des espèces

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

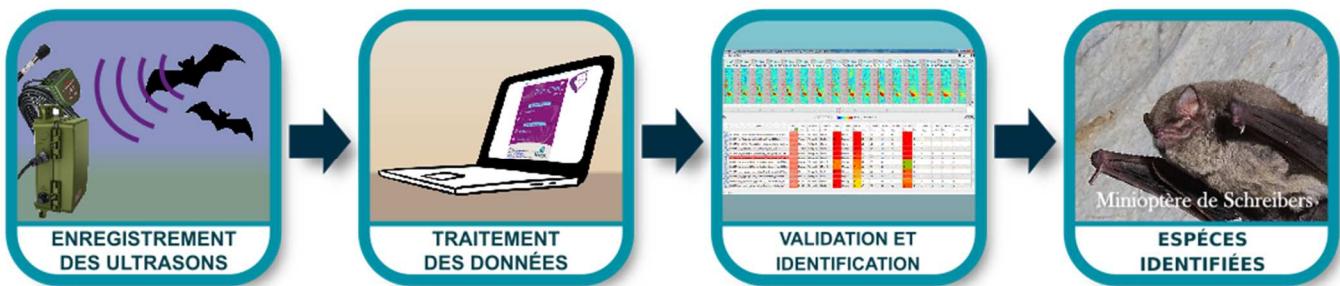


Figure 4 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

1.2.2.1.4. 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.

1.2.2.1.5. 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	

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

1.2.2.1.6. Évaluation des niveaux d'activité

1.2.2.1.6.1. 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 aux 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 matériaux 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).

1.2.2.1.6.2. 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 SM4BAT, 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 recueillent 111 sites et plus de 35 000 points-nuits, répartis sur l'ensemble de la France et sur les 10 dernières années.

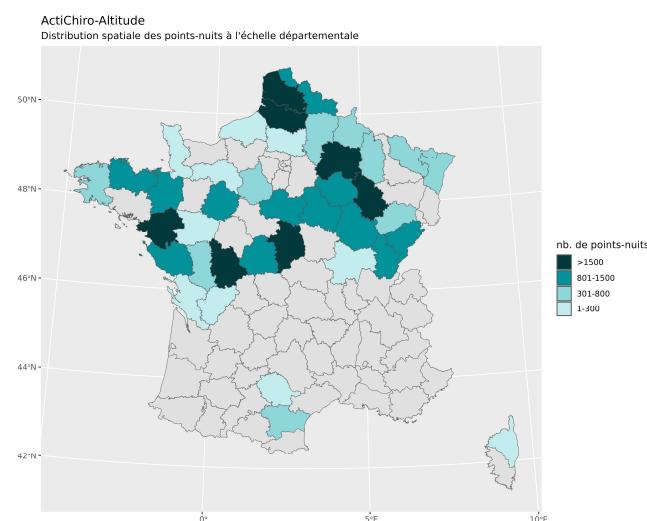


Figure 5 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude

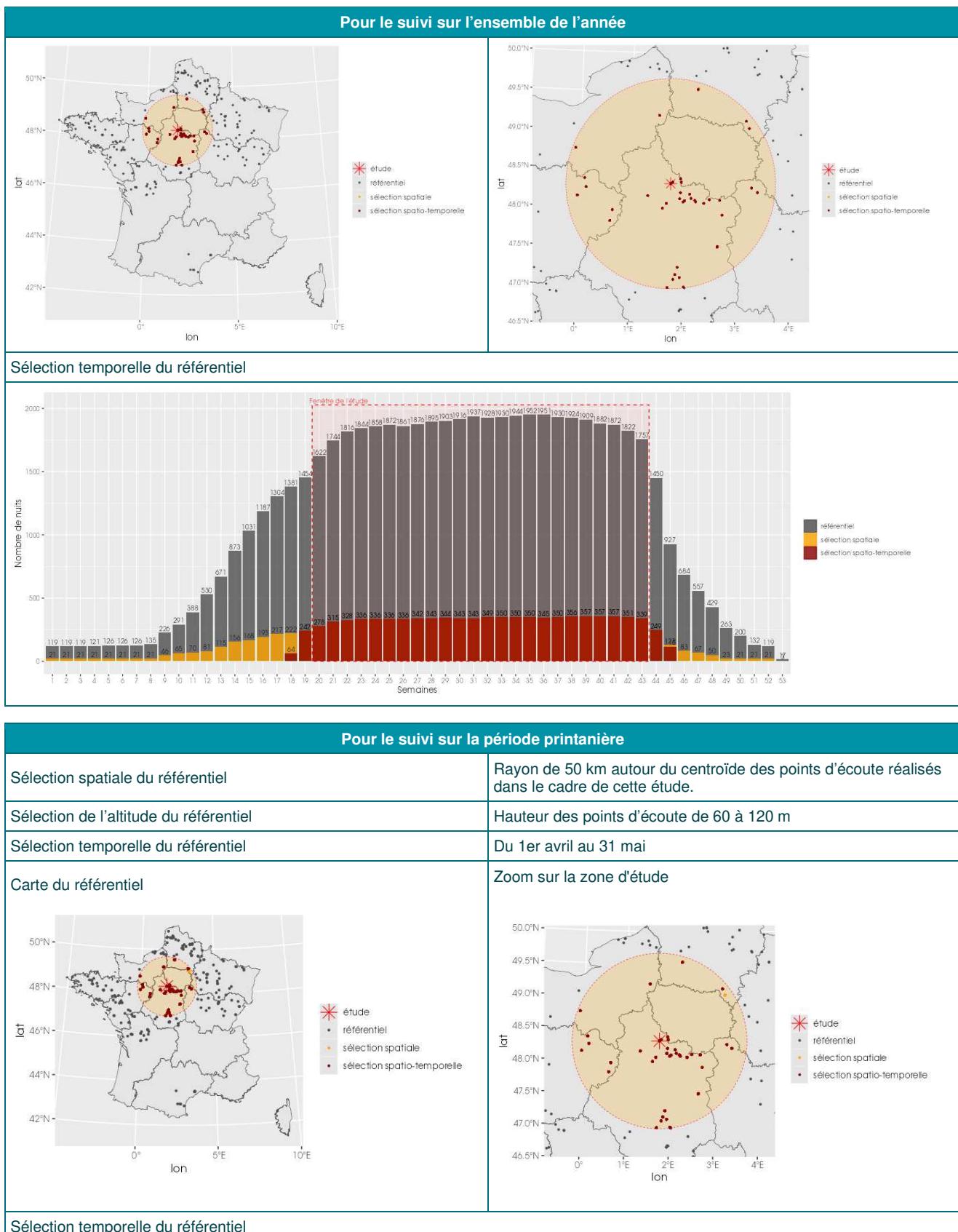
1.2.2.1.6.3. Référentiel ActiChiro® dédié à cette étude

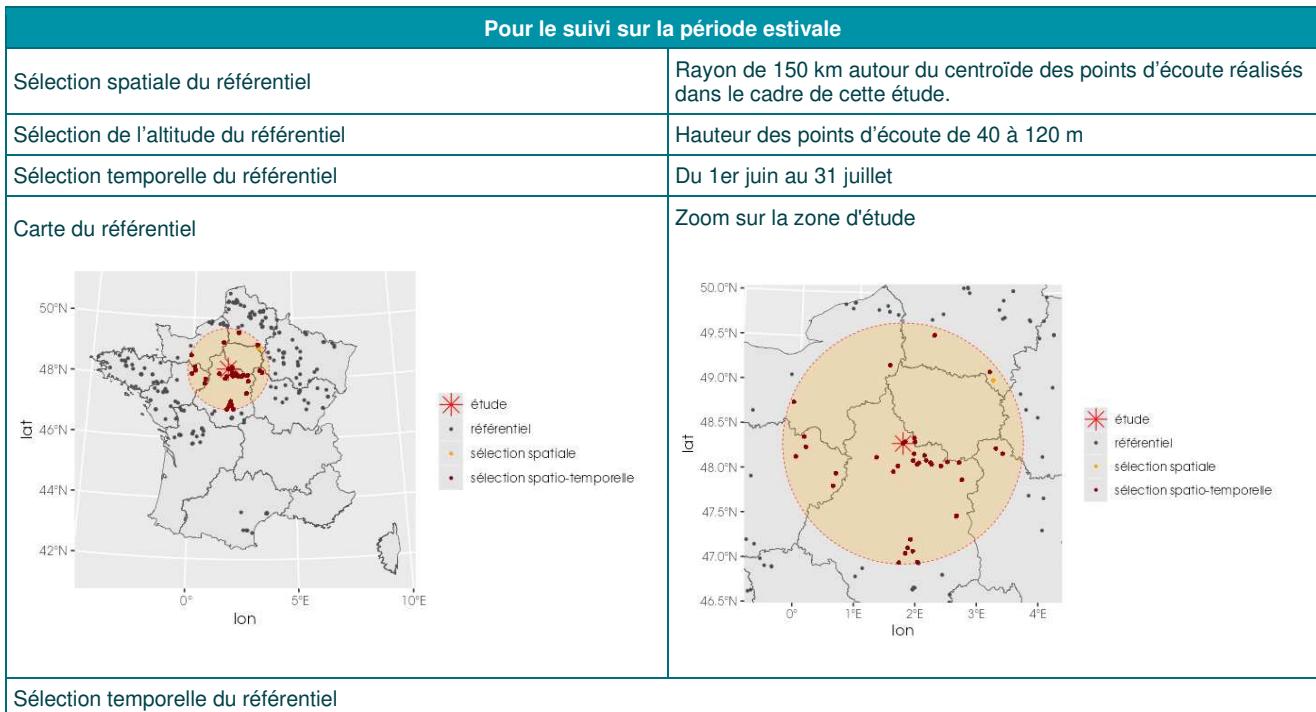
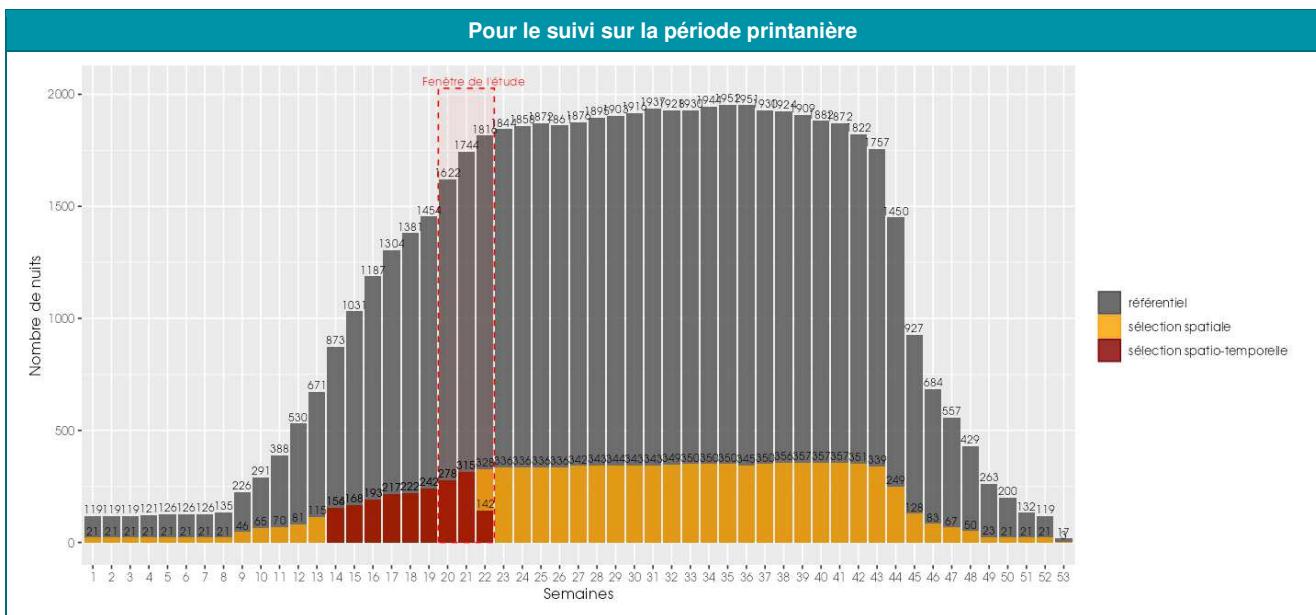
Le nouvel ActiChiro® a été conçu pour être un référentiel dynamique. C'est-à-dire que pour chaque étude, l'emprise spatio-temporelle est adaptée au site d'étude et au type d'analyses réalisées, ce qui permet de comparer les résultats des inventaires à un jeu de données le plus pertinent. **Le nouvel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

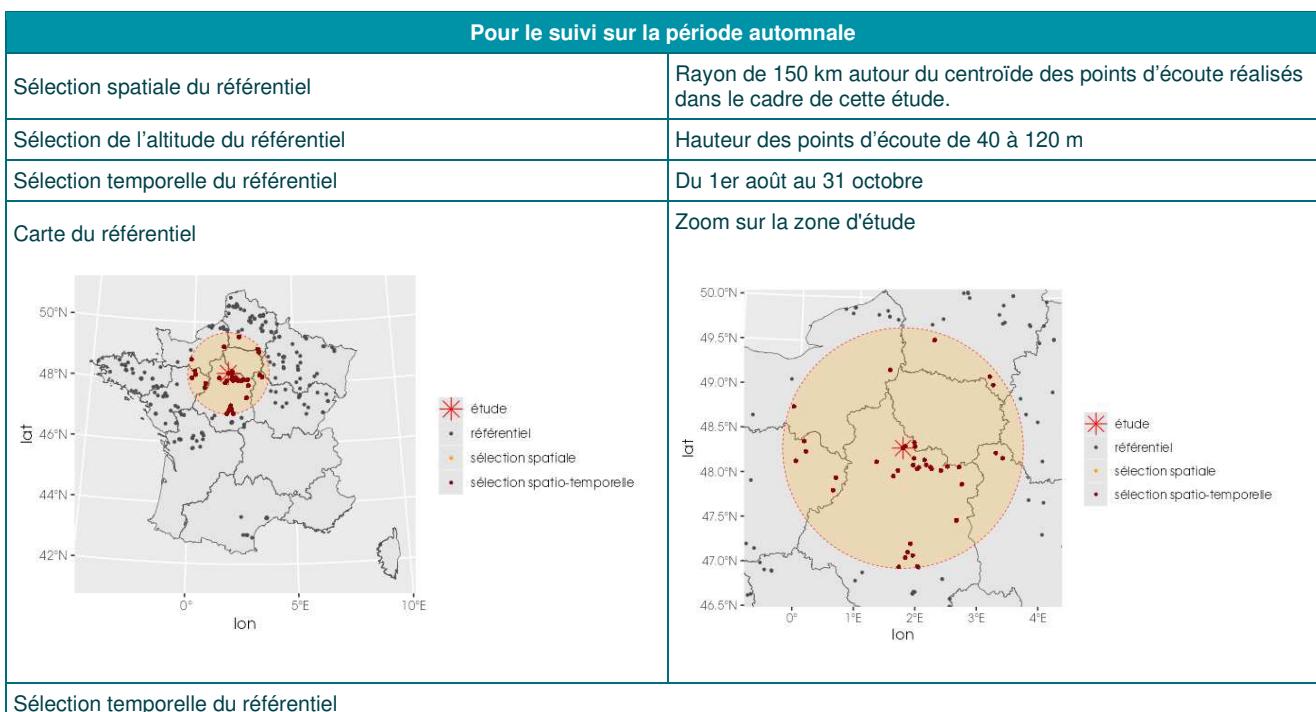
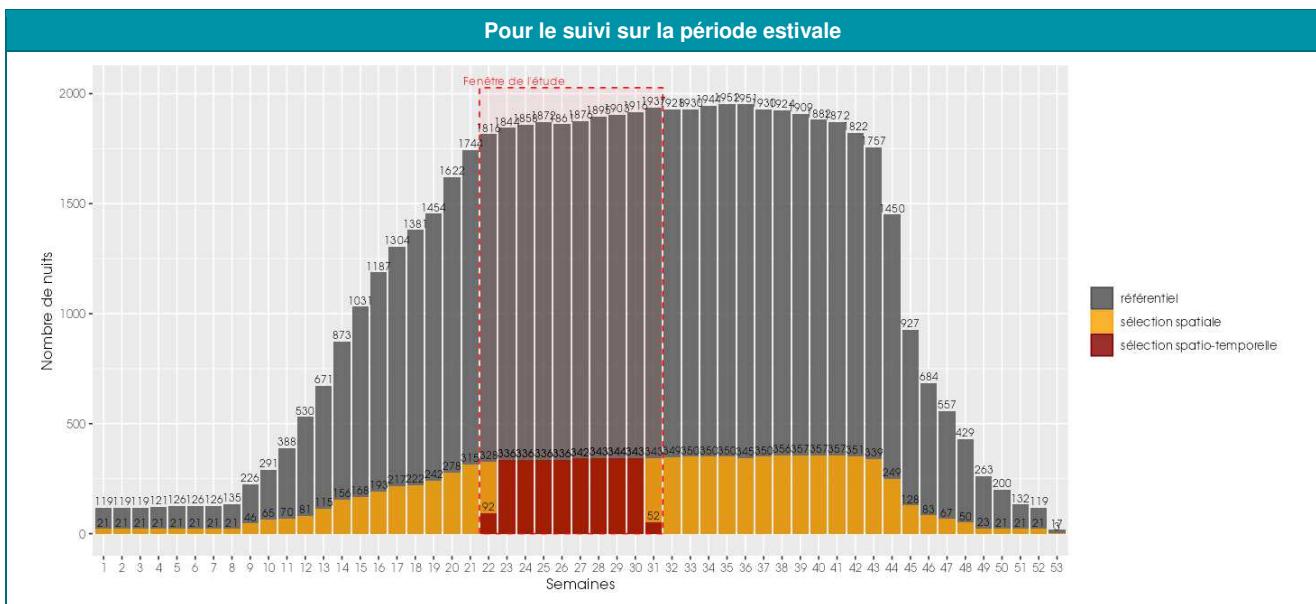
Dans le cadre de cette étude, le référentiel ActiChiro-Altitude prend en compte les variables spatio-temporelles suivantes :

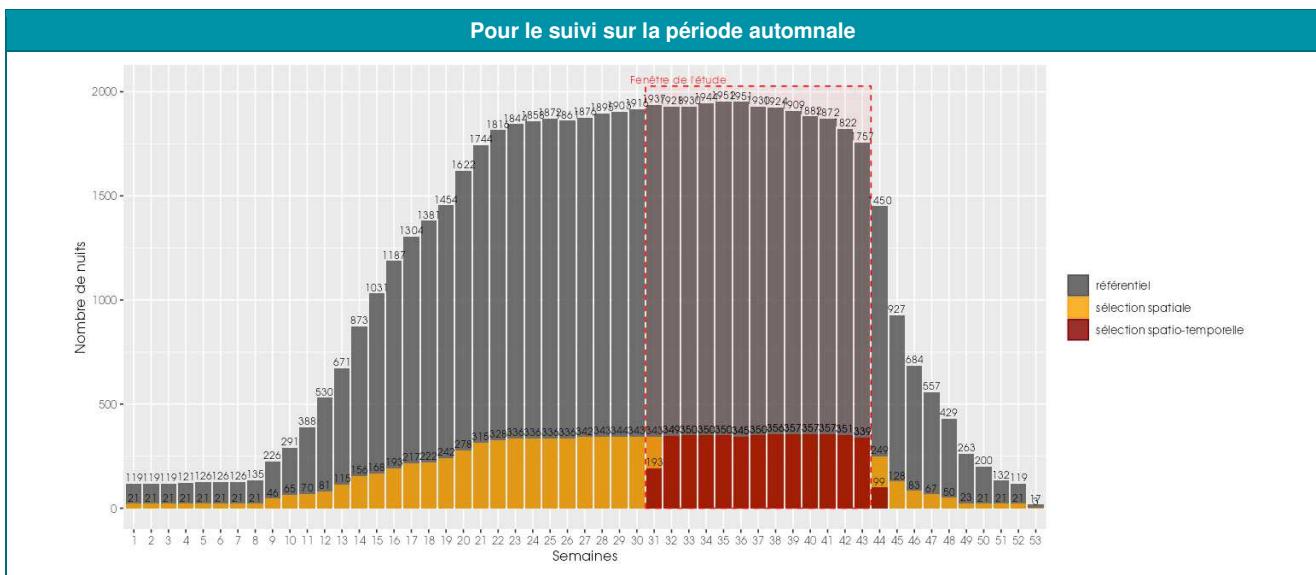
Tableau 4 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour cette étude

Pour le suivi sur l'ensemble de l'année	
Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 150 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 40 à 120 m
Sélection temporelle du référentiel	De 15 jours avant la période d'enregistrement à 15 jours après
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude









1.2.2.1.6.4. 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.

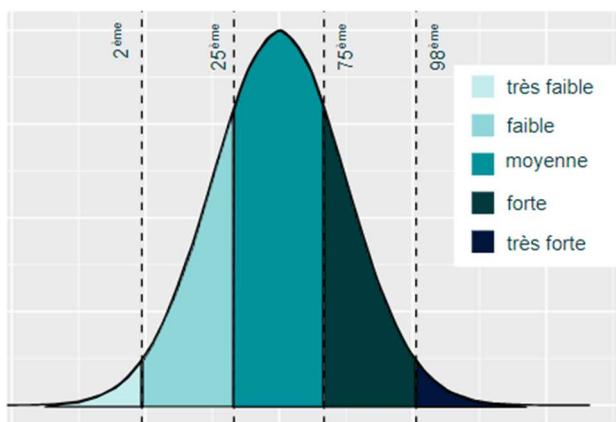


Figure 6 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude

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.

1.2.2.1.7. 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 Bois des Fontaines. La vitesse de vent et la température sont mesurées à 90 m de haut. Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

Des données météorologiques sont absentes sur quelques plages horaires où de l'activité de chauves-souris est enregistrée. L'absence de données sur ces périodes ne remet pas en cause l'analyse des données.

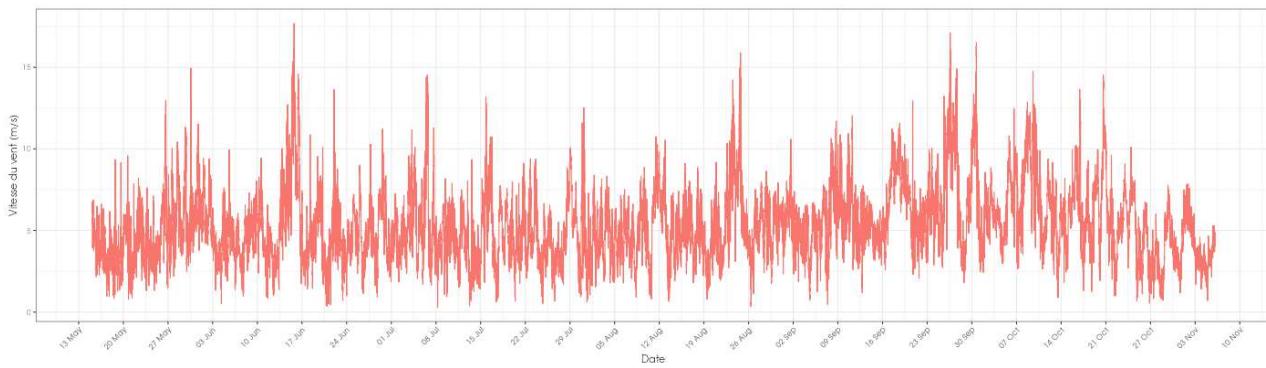


Figure 7. Schéma temporel de la vitesse du vent à 90 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le 13 Mai 2024 jusqu'au 10 Novembre 2024

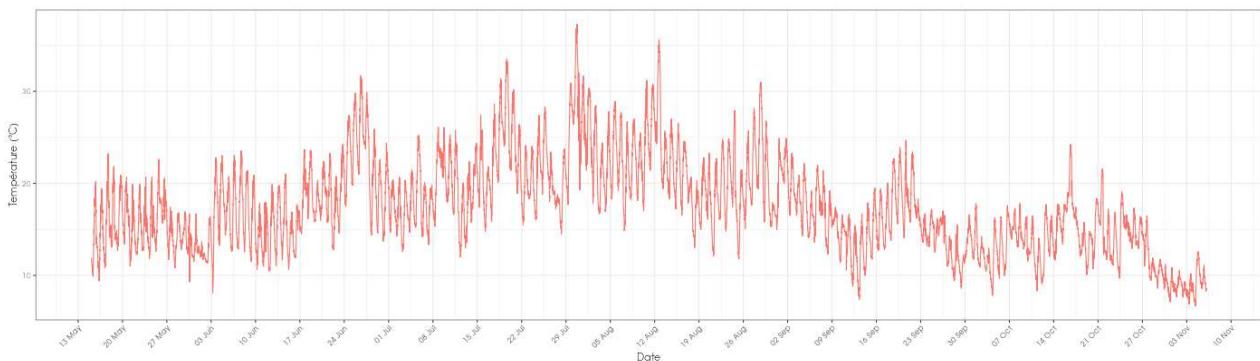


Figure 8. Schéma temporel de la température à 90 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E3 du parc du Bois des Fontaines, entre mai 2024 et novembre 2024

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 90 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 24 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 15 mai 2024 au 23 octobre 2024.

Tableau 5 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
1	15/05/2024	Nébulosité : 95%. Température : 15,2 °C. Pluie : 0,01 mm/h. Vitesse du vent : 11,7 km/h. Direction du vent : S
2	22/05/2024	Nébulosité : 98%. Température : 16,3 °C. Pluie : 0,01 mm/h. Vitesse du vent : 18,5 km/h. Direction du vent : SO
3	29/05/2024	Nébulosité : 100%. Température : 15,1 °C. Pluie : 0,48 mm/h. Vitesse du vent : 25,1 km/h. Direction du vent : SO
4	05/06/2024	Nébulosité : 97%. Température : 17,9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8,2 km/h. Direction du vent : O
5	12/06/2024	Nébulosité : 89%. Température : 14,6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7,9 km/h. Direction du vent : N
6	19/06/2024	Nébulosité : 98%. Température : 18,2 °C. Pluie : 0,18 mm/h. Vitesse du vent : 18,4 km/h. Direction du vent : NE
7	26/06/2024	Nébulosité : 94%. Température : 25,6 °C. Pluie : 0 mm/h.
8	03/07/2024	Nébulosité : 100%. Température : 17,1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 18,2 km/h. Direction du vent : O
9	10/07/2024	Nébulosité : 94%. Température : 22,2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 20,2 km/h. Direction du vent : SO

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
10	17/07/2024	Nébulosité : 85%. Température : 21,9 °C. Pluie : 0,01 mm/h. Vitesse du vent : 0,4 km/h. Direction du vent : NO
11	24/07/2024	Nébulosité : 91%. Température : 21 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4,6 km/h. Direction du vent : NE
12	31/07/2024	Nébulosité : 92%. Température : 28 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 3,4 km/h. Direction du vent : E
13	07/08/2024	Nébulosité : 89%. Température : 20,7 °C. Pluie : 0,01 mm/h. Vitesse du vent : 10,9 km/h. Direction du vent : N
14	14/08/2024	Nébulosité : 95%. Température : 22,6 °C. Pluie : 0,13 mm/h. Vitesse du vent : 10,4 km/h. Direction du vent : O
15	21/08/2024	Nébulosité : 83%. Température : 17,6 °C. Pluie : 0,01 mm/h. Vitesse du vent : 6,9 km/h. Direction du vent : O
16	28/08/2024	Température : 26,7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10,3 km/h. Direction du vent : E
17	04/09/2024	Nébulosité : 94%. Température : 18,8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9,5 km/h. Direction du vent : N
18	11/09/2024	Nébulosité : 95%. Température : 15 °C. Pluie : 0,05 mm/h. Vitesse du vent : 9,5 km/h. Direction du vent : O
19	18/09/2024	Nébulosité : 84%. Température : 19,6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 27 km/h. Direction du vent : NE
20	25/09/2024	Nébulosité : 100%. Température : 15,8 °C. Pluie : 0,37 mm/h. Vitesse du vent : 23,6 km/h. Direction du vent : SO
21	02/10/2024	Nébulosité : 100%. Température : 12,8 °C. Pluie : 0,05 mm/h. Vitesse du vent : 16,2 km/h. Direction du vent : O
22	09/10/2024	Nébulosité : 100%. Température : 16 °C. Pluie : 2,25 mm/h. Vitesse du vent : 24,9 km/h. Direction du vent : S
23	16/10/2024	Nébulosité : 100%. Température : 22,5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10,4 km/h. Direction du vent : SE
24	23/10/2024	Nébulosité : 112%. Température : 14 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 17,8 km/h. Direction du vent : NE
Tests de prédatation (4 tests)		
Test 1	22/05/2023	Dépôt de 70 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	28/08/2023	Dépôt de 70 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 3	10/06/2024	Dépôt de 70 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 4	26/08/2024	Dépôt de 70 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (4 tests)		
Test 1	23/05/2023	Dépôt de 45 leurres
Test 2	29/08/2023	Dépôt de 105 leurres
Test 3	05/06/2024	Dépôt de 75 leurres
Test 4	28/08/2024	Dépôt de 75 leurres
Suivi de l'activité des chiroptères		
-	Du 16 mai au 6 novembre 2024	Enregistrements en continu depuis l'éolienne E3, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 90 m de hauteur, du 16 mai au 6 novembre 2024, soit pendant 7 mois.

1.2.3.1 Réalisation des tests de prédation

Les deux tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisé 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 ». 70 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 60 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), tôt le matin, pendant deux semaines. 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 45 à 105 leurres disposés par test sur les années 2023 et 2024, 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 leurre 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 9 : 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 4 tests).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Parc ensemble
Occupations du sol								
Champ sol nu	0	13	2	0	0	0	0	15
Chaume	0	0	15	15	0	0	0	30
Déchaume	0	0	0	0	16	14	0	30
Friche	5	19	2	5	6	23	0	60
Haricot	0	0	0	0	0	0	15	15
Plateforme	8	7	10	8	9	12	6	60
Pomme de terre	18	4	24	14	0	0	15	75
Semis	0	0	0	0	0	10	5	15
Hauteurs de végétation								
0	26	24	21	22	19	17	21	150
5	3	4	17	0	3	28	5	60
10	0	0	0	15	6	9	15	45
15	0	0	15	0	0	0	0	15
30	2	15	0	5	3	5	0	30
Dates de tests								

22/05/2023	8	6	4	3	3	4	17	45
29/08/2023	13	13	21	21	8	12	17	105
05/06/2024	5	17	8	18	5	15	7	75
28/08/2024	5	7	20	0	15	28	0	75
Total	31	43	53	42	31	59	41	300

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 totalité du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée à deux reprises).

Il est également important de noter qu'elle est aussi variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol (Borner et al., 2017). Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est fait de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les quatre tests réalisés, ce sont 8 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 5 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
Coordination et rédaction de l'étude	Ludivine DOYEN	Directrice du Développement Eolien et Photovoltaïque Terrestre France et Outre-Mer – 20 ans d'expérience
Expertise des chiroptères à hauteur de nacelle et rédaction de cette partie de l'étude ainsi que la partie chiroptères au sol	Thibaud STRIBLEN	Expert chiroptérologue Master 2 « Biodiversité Ecologie Evolution », parcours « Gestion de l'environnement » - 2 ans d'expérience
Suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (24 sessions)	Gabriel JOBARD	Technicien - Fauniste BTS Gestion et Protection de la Nature – 2 ans d'expérience
Contrôle Qualité	Julien TRANCHARD	Chef de projet Maitrise « Biologie des Population et des Ecosystèmes » - 22 ans d'expérience

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 Bois des Fontaines :

- 6 espèces contactées lors des inventaires de terrain (Cf. Annexe IV)
 - Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
 - Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
 - Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ;
 - Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) ;
 - Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) ;
 - 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 serotinus* / *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 24% des 25 espèces présentes en région Centre-Val de Loire.

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 Bois des Fontaines en 2024.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Statuts réglementaires		Statuts patrimoniaux		
	Europe	France	LRN	LRR	Dét. ZNIEFF
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	An. IV	Art.2	NT	NT	DZ
Noctule commune <i>Nyctalus noctua</i>	An. IV	Art.2	VU	NT	DZ
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An. IV	Art.2	NT	LC	-
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	An. IV	Art.2	LC	LC	-
Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	An. IV	Art.2	NT	NT	DZ
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	An. IV	Art.2	NT	LC	-

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 (IUCN 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 (2012) : 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, les chiroptères Liste actualisée et validée en CSRPN du 15 décembre 2015 : DZ : espèce déterminante ; DZc : espèce déterminante sous conditions ; DZc : espèce complémentaire.

2.1.2 Abondance relative

Au cours de la période d'enregistrement (174 nuits exploitables entre le 16 mai 2024 au 6 novembre 2024), 335 contacts de 5 secondes ou 246 minutes (soit 4h6) 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 (90 m), pendant les 174 nuits d'écoute.

Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 90 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>	46	13,73%	33	13,41%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	142	42,39%	94	38,21%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	68	20,30%	55	22,36%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Natusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. natusii</i> .	25	7,46%	21	8,54%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	3	0,90%	3	1,22%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus sp.</i>	51	15,22%	40	16,26%
Total	335		246	

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

- La **Noctule de Leisler** est l'espèce la plus représentée en altitude, avec 38,21% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude. Cette espèce est typiquement fortement représentée en altitude ;
- La **Pipistrelle commune** est la deuxième espèce la plus fréquente sur site avec 22,36% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- Le groupe **Sérotine commune / Noctules indéterminées** ce place en troisième position avec 16,26% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- La **Noctule commune** est bien représentée sur site avec 13,41% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- Le groupe **Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Natusius** représente en revanche, seulement 8,54% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- La **Sérotine commune** représente également une petite part des contacts en altitude avec 1,22 % des « minutes positives ».

En 2024, le suivi a permis de comptabiliser 246 minutes positives au cours des 174 nuits de suivi effectives. Ainsi, on obtient une moyenne de 1,4 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 global quand présence ou absence	Niveau d'activité global quand présence uniquement
Noctule commune	163	8,59%	0,202	2,357	Activité faible	Activité très faible
Noctule de Leisler	163	21,47%	0,577	2,686	Activité très forte	Activité très faible
<i>Groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius</i>	163	7,36%	0,123	1,667	Activité forte	Activité très faible
Pipistrelle commune	163	15,34%	0,337	2,2	Activité moyenne	Activité très faible
Sérotine commune	163	1,84%	0,018	1	Activité moyenne	Activité très faible
<i>Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées</i>	163	15,34%	0,245	1,6	Activité très faible	Activité très faible
Toutes espèces	163	36%	1,37	3,78	Activité moyenne	Activité très 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-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.

Sur l'ensemble de la période suivie, une espèce montre une activité jugée très forte. Il s'agit de la Noctule de Leisler. On note également l'activité considérée comme forte du groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius. La Sérotine commune et la Pipistrelle commune ont une activité jugée moyenne. La Noctule commune à une jugée faible. Enfin, le groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées montre une activité jugée très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 36 % des nuits, avec une activité moyenne.

2.1.3.1 Activité en période printanière (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 uniquement
Noctule de Leisler	13	23,08%	0,846	3,667	Activité très forte

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 uniquement
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Natusius	13	7,69%	0,077	1,000	Activité très faible
Pipistrelle commune	13	15,38%	0,231	1,500	Activité très faible
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées	13	7,69%	0,077	1,000	Activité très faible
Toutes espèces	13	31,00%	1,080	3,500	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-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.

Lors de la période printanière, seule la Noctule de Leisler présente une activité jugée très forte. Les espèces et groupes d'espèces restant ont une activité jugée très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 31 % des nuits, avec une activité faible.

2.1.3.2 Activité en période estivale (juin à juillet)

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 en été quand présence uniquement
Noctule commune	61	1,64%	0,016	1	Activité très faible
Noctule de Leisler	61	6,56%	0,082	1,25	Activité très faible
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Natusius	61	3,28%	0,066	2	Activité moyenne
Pipistrelle commune	61	13,11%	0,279	2,125	Activité très faible
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées	61	6,56%	0,131	2	Activité très faible
Toutes espèces	61	18,00%	0,56	3,09	Activité très 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-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.

Lors de la période estivale, un seul groupe d'espèces montre une activité jugée moyenne. Il s'agit du groupe Pipistrelle de Kuhl / Natusius. Les espèces et groupes d'espèces restant ont une activité jugée très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 18% des nuits, avec une activité très faible.

2.1.3.3 Activité en période automnale (août 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 à l'automne quand présence uniquement
Noctule commune	89	14,61%	0,36	2,462	Activité très faible
Noctule de Leisler	89	30,34%	0,854	2,815	Activité très faible
<i>Groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius</i>	89	10,11%	0,169	1,667	Activité très faible
Pipistrelle commune	89	15,73%	0,371	2,357	Activité très faible
Sérotine commune	89	3,37%	0,034	1	Activité très faible
<i>Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées</i>	89	21,35%	0,337	1,579	Activité très faible
Toutes espèces	89	48%	1,91	3,95	Activité très 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-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.

Lors de la période automnale, l'ensemble des espèces ou groupes d'espèces ont une activité jugée très faible.

Toutes espèces confondues, des chiroptères sont identifiés dans 48% des nuits, avec une activité très faible.

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.

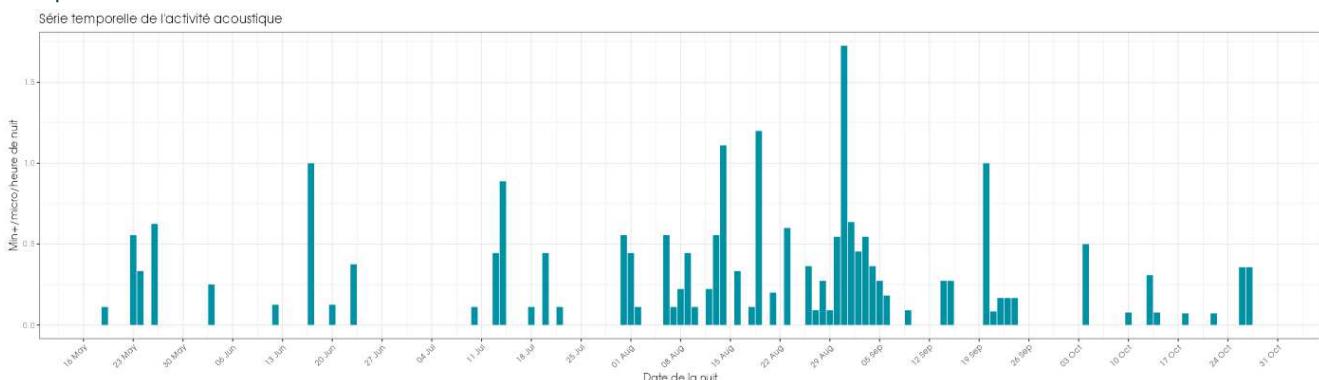


Figure 10 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (90 m) au niveau de l'éolienne E3 de mai à novembre 2024.

L'activité enregistrée à 90 m au niveau de l'éolienne E3 du parc du Bois des Fontaines montre d'importante variation de l'activité des chauves-souris. Les chauves-souris n'ont pas été contactées en altitude sur ce site de fin juin à mi-juillet ainsi qu'au début du mois de novembre. Les pics d'activité les plus importants ont été observés en mi-juin et mi-juillet (période estivale) puis de mi-août à fin août avec un dernier pic d'activité notable mi-septembre (période automnale).

2.1.4.1 Activité mensuelle

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

Le mois de mai (période printanière) enregistre la troisième activité mensuelle la plus forte sur l'ensemble de la période. L'activité diminue ensuite lors des mois de juin et juillet (période estivale). Le mois d'août est celui enregistrant l'activité la plus forte. L'activité reste élevée en septembre puis diminue ensuite nettement en octobre.

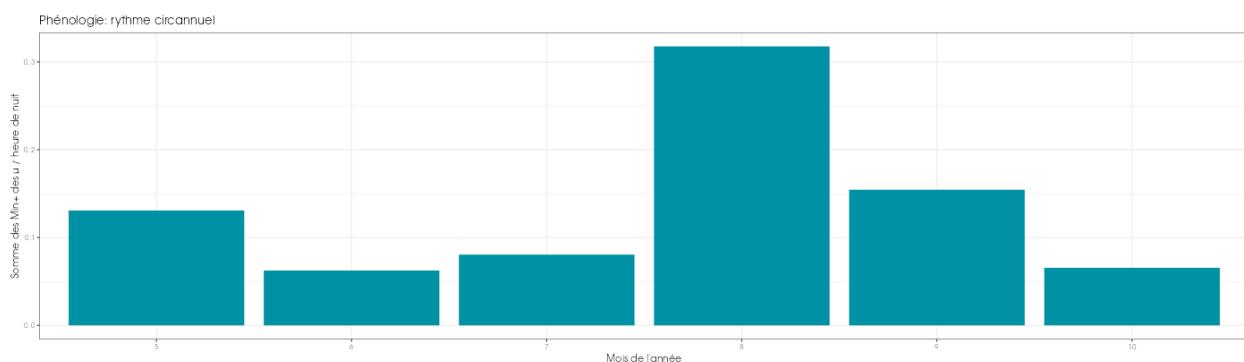


Figure 11 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (90 m) au niveau de l'éolienne E3 de mai à novembre 2024.

■ Pipistrelle commune

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente 22,36 % du total des minutes positives obtenues. Son activité est jugée moyenne au printemps puis très faible en été et en automne.

L'activité de la Pipistrelle commune présente un premier pic en début d'été, au cours du mois de juin. On note ensuite une diminution progressive de l'activité en juillet puis en août avant d'augmenter à nouveau en septembre. L'activité mensuelle maximal est obtenue en octobre.

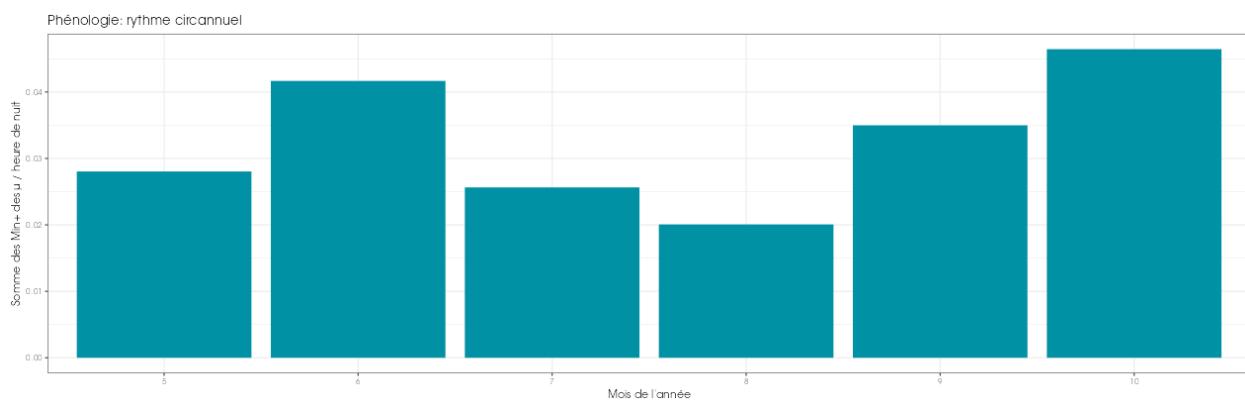


Figure 12 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines en 2024.

■ Groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius

Pour rappel, le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius représente 8,54 % du total des minutes positives obtenues. Son activité est jugée très faible au printemps et en automne et moyenne en été.

Après une activité notable en mai (période printanière), l'activité du groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius affiche un premier pic en début d'été, au cours du mois de juin. Le groupe est ensuite absent en juillet et peu contacté en août. L'activité mensuelle maximale est obtenue en septembre puis diminue à nouveau en octobre.

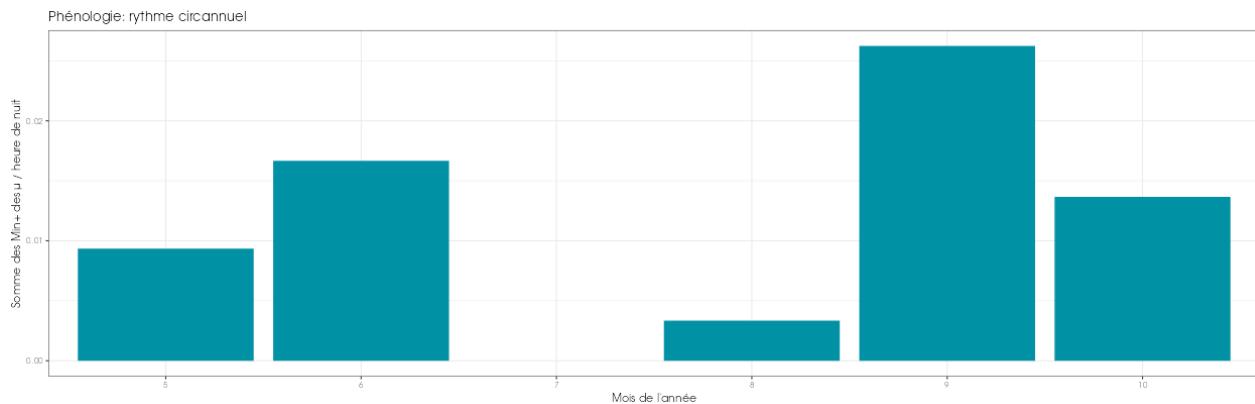


Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines en 2024.

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

Pour rappel, le groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune représente 69,1 % du total des minutes positives obtenues.

La Noctule de Leisler représente 38,21% de l'ensemble des contacts, la Noctule commune 13,41% et le groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées 16,26% (toutes espèces confondues).

Après une activité notable en mai (période printanière), l'activité du groupe diminue nettement en juin et en juillet (période estivale). L'activité mensuelle maximale est obtenue en août puis diminue à nouveau de septembre à octobre.

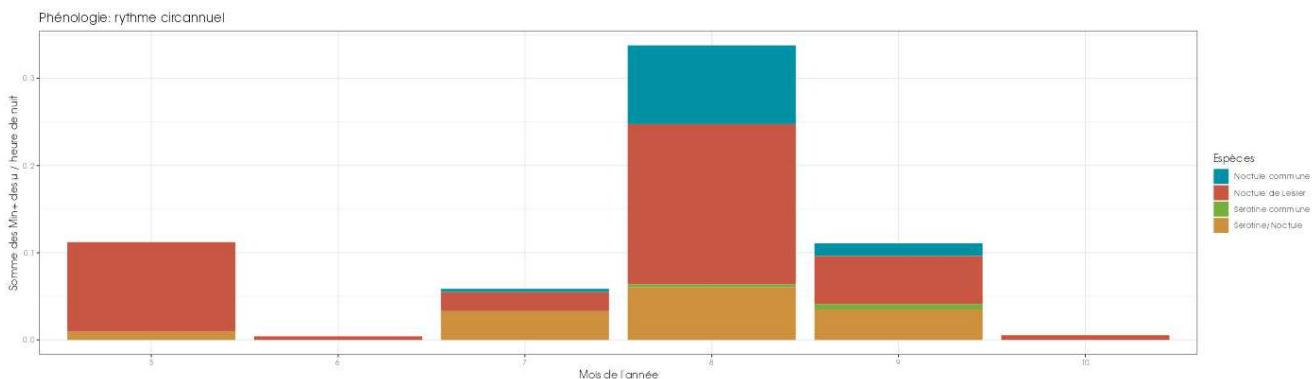


Figure 14 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour le Sérotine commune / Noctule commune / Noctule de Leisler, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines en 2024.

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 nettement plus importante en début de nuit. Le pic d'activité a lieu durant la première heure et diminue ensuite progressivement.

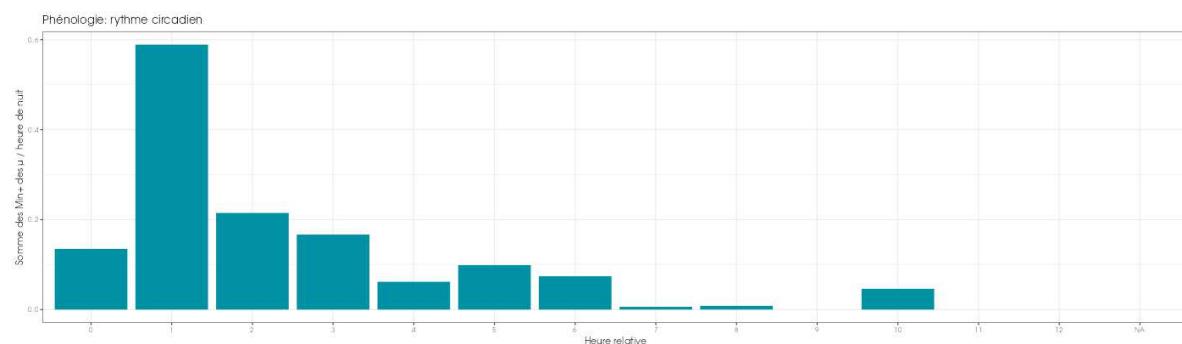
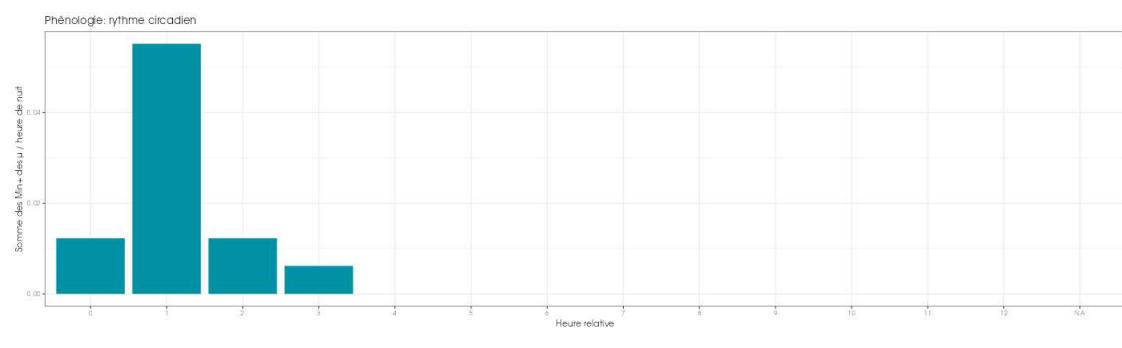


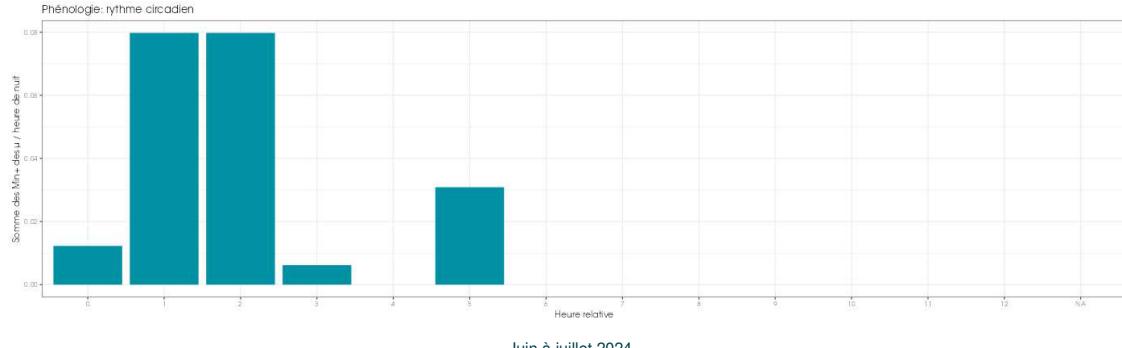
Figure 15 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (90 m), toutes espèces confondues, de mai à novembre 2024

On observe globalement le même rythme d'activité si on regarde l'activité horaire en fonction des périodes de l'année (printemps, été et fin d'été / début d'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 16).

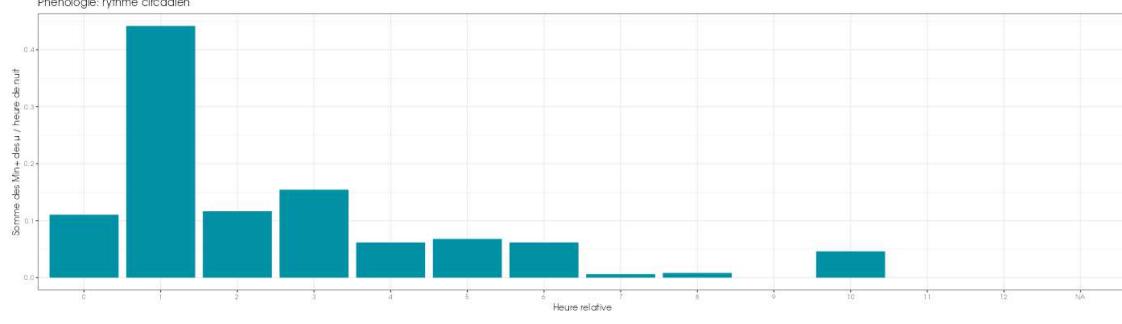
On peut voir que quelque soit le mois on observe un pic d'activité au cours des premières heures de la nuit. L'activité diminue ensuite. On observe toutefois plus nettement, qu'en période estivale, l'activité remonte en fin de nuit (cinquième heure de la nuit). Par ailleurs, contrairement à l'activité printanière ou automnale qui se concentre autour de la première heure de la nuit, le pic d'activité estival en début de nuit comprend la première et la deuxième heure de la nuit.



Mai 2024



Juin à juillet 2024



Août à novembre 2024

Figure 16 : Nombre de contacts par tranche horaire en fonction de la période de l'année, après le coucher du soleil, en altitude (90 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.

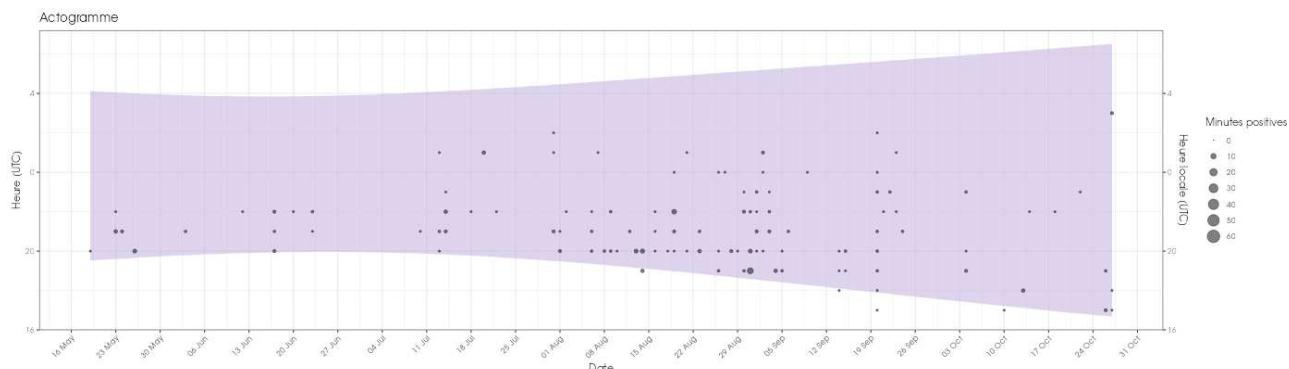


Figure 17 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (90 m)

Cette représentation graphique montre bien que l'activité chiroptérologique est plus intensément marquée au début de la nuit. Néanmoins, elle ne disparait 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	1h58 123 min. pos.	3h21 184 min. pos.	4h50 208 min. pos.	5h45 221 min. pos.	6h23 233 min. pos.	9h21 243 min. pos.
Période printanière (mai)	1h42 9 min. pos.	2h04 12 min. pos.	2h09 14 min. pos.	2h09 15 min. pos.	2h24 15 min. pos.	2h59 16 min. pos.
Période estivale (juin et juillet)	2h13 20 min. pos.	2h48 29 min. pos.	3h13 32 min. pos.	5h20 34 min. pos.	5h39 36 min. pos.	5h41 38 min. pos.
Période automnale (août à octobre)	1h58 96 min. pos.	3h34 144 min. pos.	5h12 163 min. pos.	5h53 172 min. pos.	6h32 182 min. pos.	10h23 189 min. pos.

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 5h45 qui suivent le coucher du soleil ;
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 3h21 qui suivent le coucher du soleil ;
- 50 % de l'activité en altitude a été obtenue entre le coucher du soleil et environ 1h58 après celui-ci.

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

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

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 2023 et 2024.

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

	En 2023	En 2024
Localisation des deux dispositifs d'écoute	Eolienne E3 - Parc de Bois des Fontaines	Eolienne E3 - Parc de Bois des Fontaines
Période de fonctionnement du dispositif	181 nuits exploitables entre le 3 mai 2023 et le 31 octobre 2023.	174 nuits exploitables entre le 16 mai 2024 au 6 novembre 2024.
Espèces identifiées	7 espèces de chauves-souris ont été identifiées en altitude au niveau de l'éolienne E3 : Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune, Oreillard roux, 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	6 espèces de chauves-souris ont été identifiées en altitude au niveau de l'éolienne E3 : 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
Nombre de contact enregistré	Eolienne E3 : 486 contacts de « 5 secondes » ou 261 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus. En 2023, avec 181 nuits d'enregistrement de l'activité, on obtient une moyenne de 1,4 minutes positives par nuit.	Eolienne E3 : 335 contacts de « 5 secondes » ou 246 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus. En 2024, avec 174 nuits d'enregistrement de l'activité, on obtient une moyenne de 1,4 minutes positives par nuit.
Niveau d'activité des espèces	La Noctule de Leisler est l'espèce la plus fréquente en altitude avec 78 « minutes positives » enregistrées en altitude. La Noctule commune est également bien fréquente avec 61 « minutes positives » enregistrées en altitude. La Pipistrelle commune est un peu moins fréquente que les noctules avec 56 « minutes positives » obtenues. Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius représente lui 34 « minutes positives ».	Comme en 2023, la Noctule de Leisler est l'espèce la plus présente en altitude avec 94 « minutes positives ». Ce résultat correspond à une augmentation de l'activité (en minutes positives par nuit) d'environ 25,4% comparé à 2023. Pour la Noctule commune, le nombre de contact est en baisse en 2024 avec seulement 33 « minutes positives » enregistrées en altitude. Ce résultat correspond à une diminution de l'activité (en minutes positives par nuit) d'environ 43,7% comparé à 2023. L'activité de la Pipistrelle commune est sensiblement identique qu'en 2023 avec 55 « minutes positives » obtenues en altitude. Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius est moins fréquent qu'en 2023 avec 21 « minutes positives » enregistrées en altitude.

■ **En 2023 :**

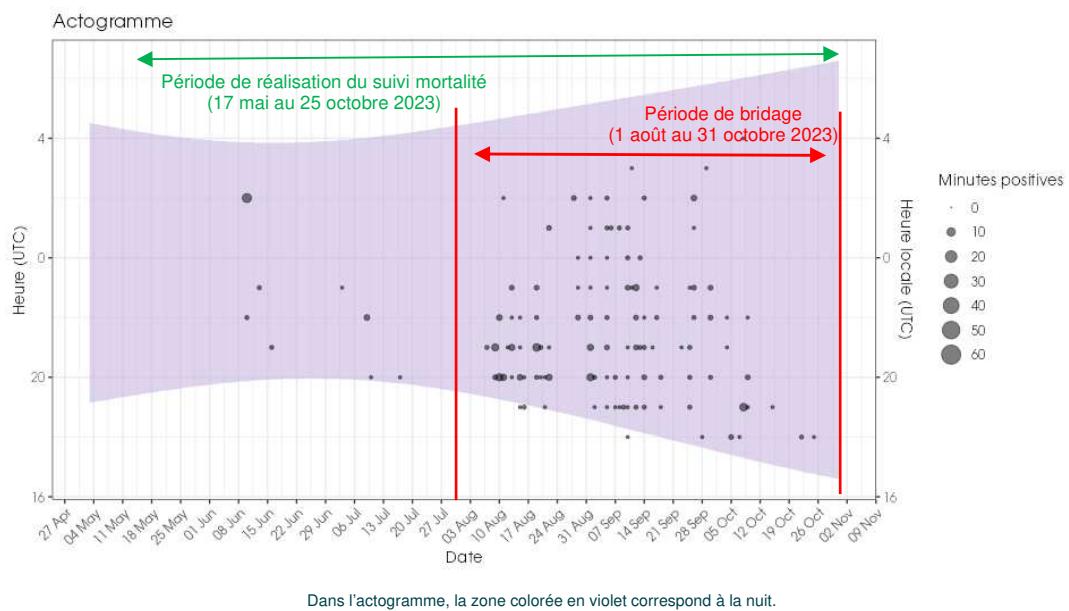


Figure 18 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines en 2023.

■ **En 2024 :**

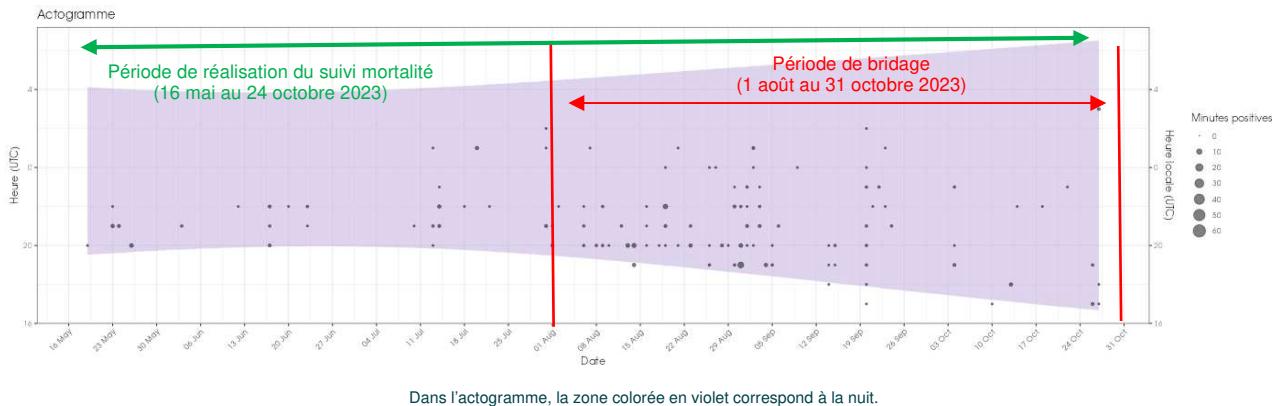


Figure 19 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines en 2024.

Compte-tenu de la modification du référentiel actichiro utilisé entre 2023 et 2024, une comparaison des niveaux d'activité serait biaisée. La comparaison de l'activité chiroptérologique en altitude est donc menée à partir des enregistrements (activité en minutes positives)

On observe ainsi une activité chiroptérologique globale particulièrement stable entre le suivi de 2023 et celui de 2024 avec une moyenne de 1,4 minutes positives par pour les deux suivis.

En 2023 comme en 2024, la distribution mensuelle des contacts présente un premier pic en juin puis est plus marquée lors de la période automnale (août et octobre). On note également, pour les deux années de suivi, une activité plus intense en début de nuit.

Concernant d'une part l'activité du genre *Pipistrellus*, on observe une activité stable de la Pipistrelle commune et une activité en légère baisse du groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius. Pour la Pipistrelle commune, on note toutefois l'absence de pic d'activité marqué lors de la migration printanière en 2024 comparé à 2023.

D'autre part, l'activité du groupe Sérotine commune / Noctules est toujours principalement représenté par la Noctule de Leisler avec, cependant, un écart plus marqué entre celle-ci et la Noctule commune. En effet, la Noctule de Leisler montre une augmentation de son activité (en minutes positives par nuit) d'environ 25,4% comparé à 2024 alors, qu'à l'inverse, Noctule commune affiche une diminution de son activité d'environ 43,7%.

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 (90 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).

Il est à noter que les capteurs des paramètres météorologiques n'ont pas pu faire remonter des données pour l'ensemble des contacts de chauves-souris obtenus sur l'éolienne. 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=245 minutes positives sur 174 nuits de suivi, entre le 16 mai 2024 et le 6 novembre 2024, au lieu de 246 minutes.

2.1.6.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 90 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mai 2024 à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondant à des plages moyennes de vitesse de vent allant de 0,28 à 17,1 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 (90 m) et durant les 174 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.

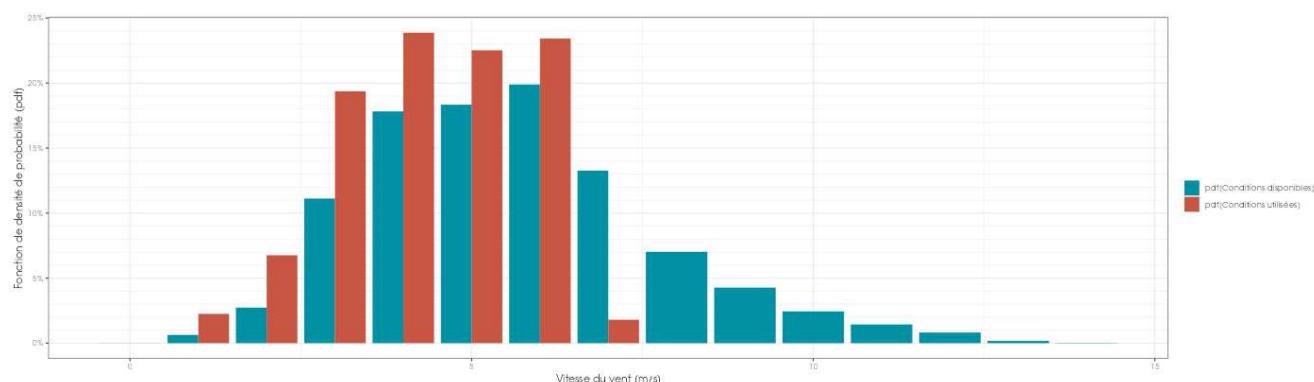


Figure 20 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.

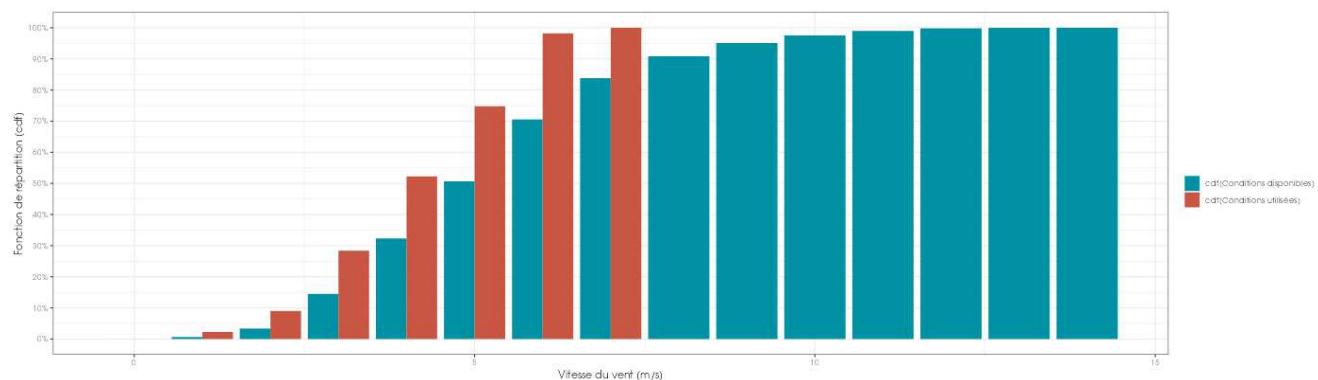


Figure 21 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 90 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 7 m/s ;
 - Les chauves-souris utilisent les conditions disponibles jusqu'à 7 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 (90 m) en fonction de la vitesse du vent

Contacts en altitude	Vitesse de vent (en m/s à 80m) en-dessous de laquelle les pourcentages cibles de contacts ont été obtenus, et nombre de minutes positives correspondant					
	50%	75%	85%	90%	95%	99%
Toutes les périodes	4,45 m/s 123min. pos.	5,53 m/s 184 min. pos.	5,76 m/s 208 min. pos.	5,98 m/s 221 min. pos.	6,11 m/s 233 min. pos.	6,84 m/s 243 min. pos.
Période printanière (mai)	2,63 m/s 9 min. pos.	3 m/s 12 min. pos.	3 m/s 14 min. pos.	3,09 m/s 15 min. pos.	3,24 m/s 15 min. pos.	3,37 m/s 16 min. pos.
Période estivale (juin à juillet)	3 m/s 20 min. pos.	3,56 m/s 29 min. pos.	3,62 m/s 32 min. pos.	3,87 m/s 34 min. pos.	4,64 m/s 36 min. pos.	5,91 m/s 38 min. pos.
Période automnale (août à octobre)	4,95 m/s 96 min. pos.	5,7 m/s 144 min. pos.	5,93 m/s 163 min. pos.	6,03 m/s 172 min. pos.	6,25 m/s 182 min. pos.	6,87 m/s 189 min. pos.

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 7 m/s.

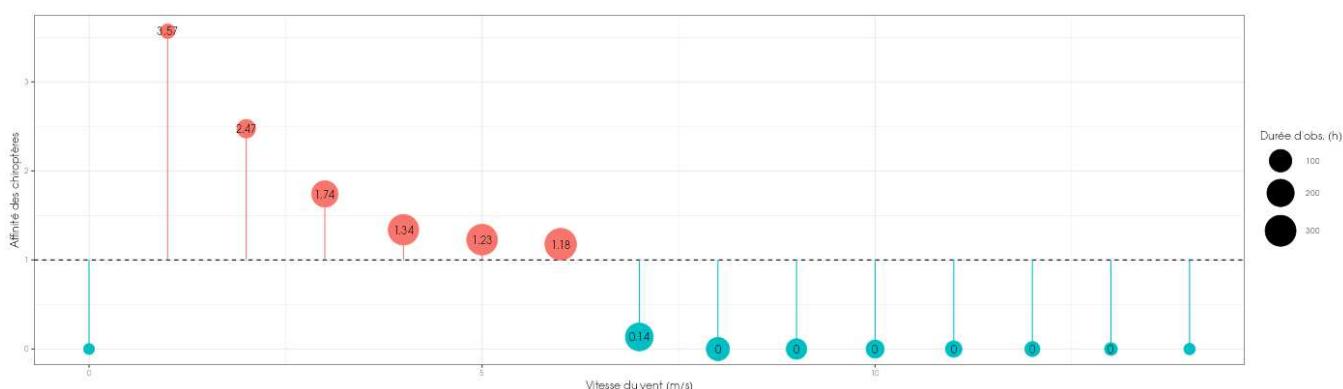


Figure 22 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 90 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 5,98 m/s ;
 - 75% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures 5,53 m/s ;
 - 50% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 4,45 m/s.

2.1.6.2 Activité en fonction de la température (°C) mesurée à 90 m

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mai 2024 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 6,7 et 37,3°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 (90 m) et durant les 174 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.

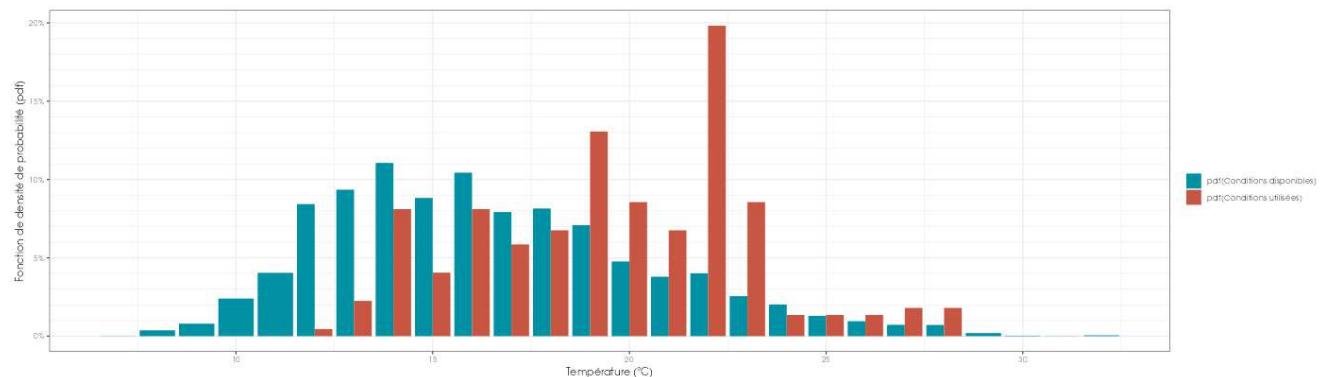


Figure 23 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.

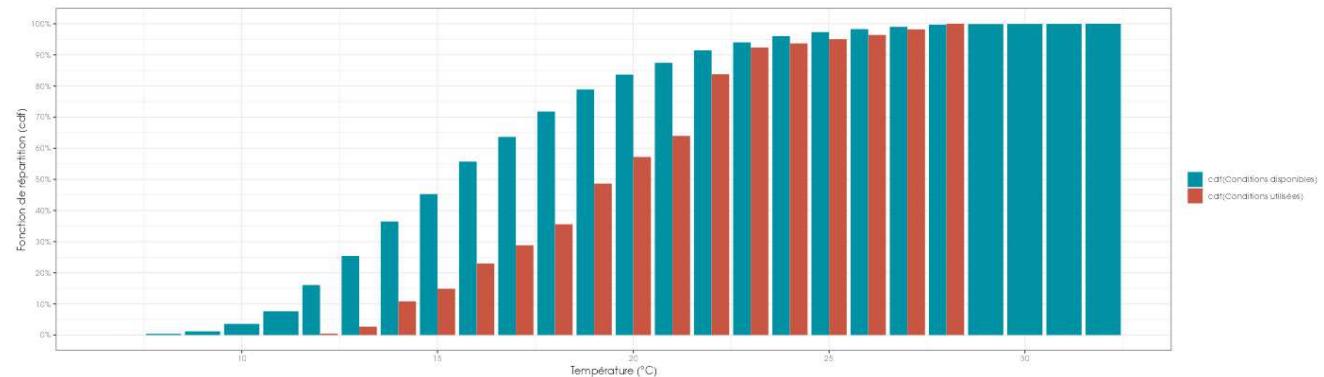


Figure 24 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.

Les graphiques montrent que :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 90 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la température est plus importante pour des tranches de température au-dessus de 18°C.

Les chauves-souris utilisent globalement les conditions disponibles au-dessus de 12°C et en dessous de 29°C, avec quelques observations à des températures de 11°C.

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

Tableau 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 90 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	19,7°C 123 min pos	17,1°C 184 min pos	15,86°C 208 min pos	14,24°C 221 min pos	13,9°C 233 min pos	12,79°C 243 min pos
Période printanière (mai)	15,45°C 9 min pos	14,15°C 12 min pos	14°C 14 min pos	14°C 15 min pos	13,97°C 15 min pos	13,91°C 16 min pos
Période estivale (juin à juillet)	20,68°C 20 min pos	18,95°C 29 min pos	18,72°C 32 min pos	18,7°C 34 min pos	18,28°C 36 min pos	14,84°C 38 min pos
Période automnale (août à novembre)	19,7°C 96 min pos	17,1°C 144 min pos	15,9°C 163 min pos	14,62°C 172 min pos	13,89°C 182 min pos	12,74°C 189 min pos

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 18°C.

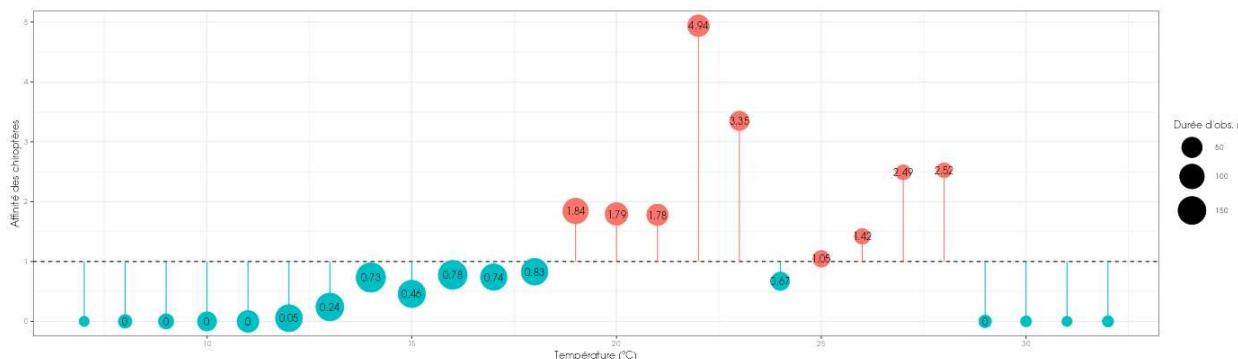


Figure 25 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (90 m)

L'ensemble de l'activité en altitude, recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 90 m), permet de tirer les informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude (considérée à risque) a été enregistrée à des températures supérieures à 14,24°C ;
- 75% de l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 17,1°C ;
- 50% l'activité en altitude a été enregistrée à des températures supérieures à 19,7°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.

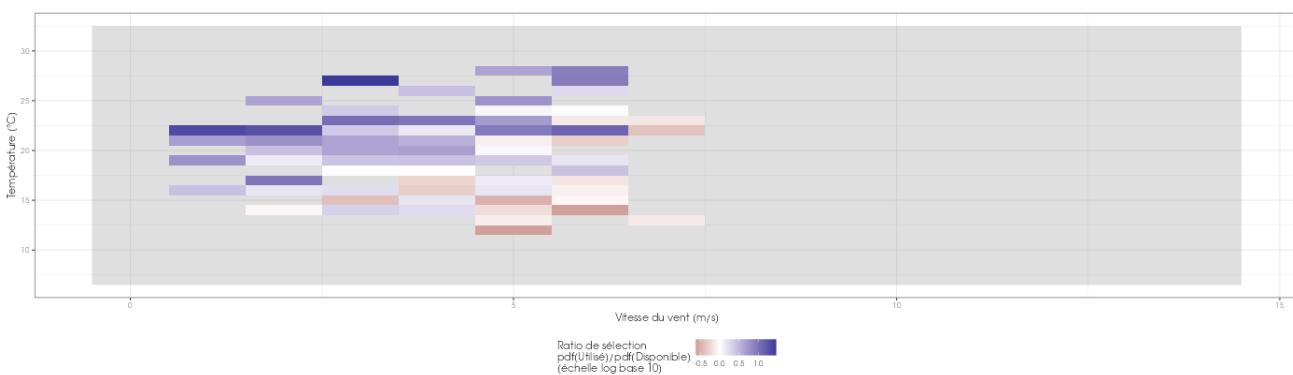


Figure 26 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 90 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris

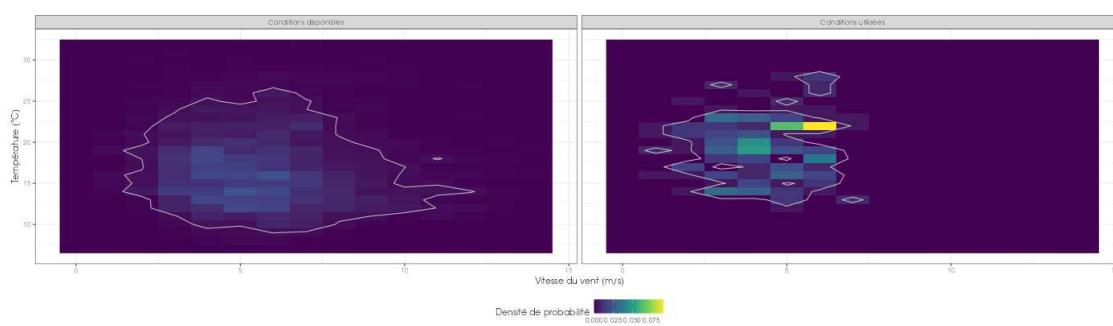


Figure 27 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc de Bois des Fontaines et de l'activité des chiroptères enregistrée, il ressort que l'utilisation du site par les chauves-souris est majoritaire dans une gamme de températures comprises entre 14 et 28°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 17°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 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 90 m au sein de la nacelle de l'éolienne E3 du parc éolien de Bois des Fontaines dans l'Eure et Loir (28), en 2024. Il a permis d'enregistrer l'activité des chauves-souris entre 16 mai et le 6 novembre 2024, soit durant 174 nuits.

Les enregistrements indiquent la présence de six espèces en altitude sur l'année 2024. Cela représente 24 % des 25 espèces répertoriées en région Centre-Val de Loire. 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 **moyenne** au regard du référentiel Actichiro Altitude, mais comme **très faible** quand on ne prend en considération que les nuits où les chiroptères sont présents au lieu de l'ensemble des nuits, c'est-à-dire que quand il y a des chiroptères, leur activité est très faible.

Le suivi en altitude montre que :

- **La Noctule de Leisler domine le peuplement chiroptérologique** avec 38,21% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude. Son activité est très forte au printemps puis très faible en été et en automne.

- **La Pipistrelle commune est la seconde espèce la plus présente** avec 22,36% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude. Avec une activité jugée très faible pour chaque période, l'espèce est présente sur l'ensemble de la période phénologique. On note tout de même un premier pic d'activité en début d'été ainsi qu'un second en automne.
- **La Noctule commune est également bien représentée** avec 13,41 % du total des minutes positives obtenues et a une activité très faible en été comme en automne (espèce absente au printemps).

La phénologie observée montre une activité plus importante sur le mois d'août correspondant à la phase de migration des Noctules / Pipistrelles de Nathusius et de dispersion des Pipistrelles communes.

L'activité en altitude est majoritairement concentrée en début de nuit avec toutefois un second pic en fin de nuit en période estivale. En période automnale, l'activité est importante sur la première partie de nuit et diminue ensuite progressivement sans pour autant disparaître.

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

- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des vitesses de vent inférieures à 5,98 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistré à des températures supérieures à 14,24 °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, 13 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Bois des Fontaines, dont 12 oiseaux (8 espèces) et 1 chauve-souris entre le 15 mai 2024 et le 23 octobre 2024.

Les espèces d'oiseaux trouvées sont le Bruant proyer (1 individu), le Chardonneret élégant (1 individu), l'Étourneau sansonnet (1 individu), le Faisan de Colchide (3 individus), le Faucon crécerelle (1 individu), le Goéland leucophée (1 individu), le Martinet noir (1 individu) et le Pigeon biset (3 individus).

L'unique espèce de chiroptère retrouvée à l'échelle du parc est une Pipistrelle de Kuhl, retrouvée sous l'éolienne E3 le 25 septembre 2024.

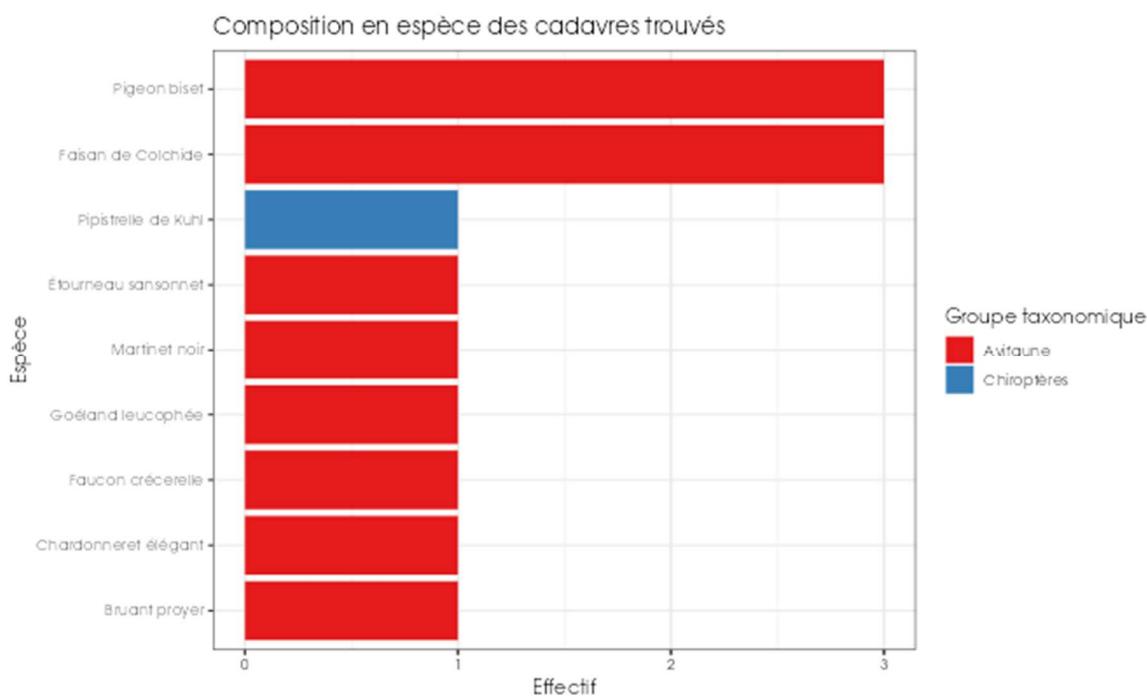


Figure 28 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bois des Fontaines



Martinet noir



Bruant proyer



Pipistrelle de Kuhl



Faucon crécerelle



Pigeon biset

Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur trois périodes : de début mai à début juin puis fin juillet et enfin de début septembre à début octobre. Au regard des effectifs, il semble y avoir un pic important de mortalité qui se dégage sur la période de suivi et notamment sur la période septembre/octobre. Les espèces découvertes sont concernés à la fois en période de nidification et de migration/Dispersion postnuptiale (Figure 29) ;
- Le cadavre de chiroptère a lui été retrouvé le 25 septembre 2024, soit en début de transit automnal, cependant, aucune conclusion ne peut être prise concernant la phénologie de la découverte du cadavre.

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.

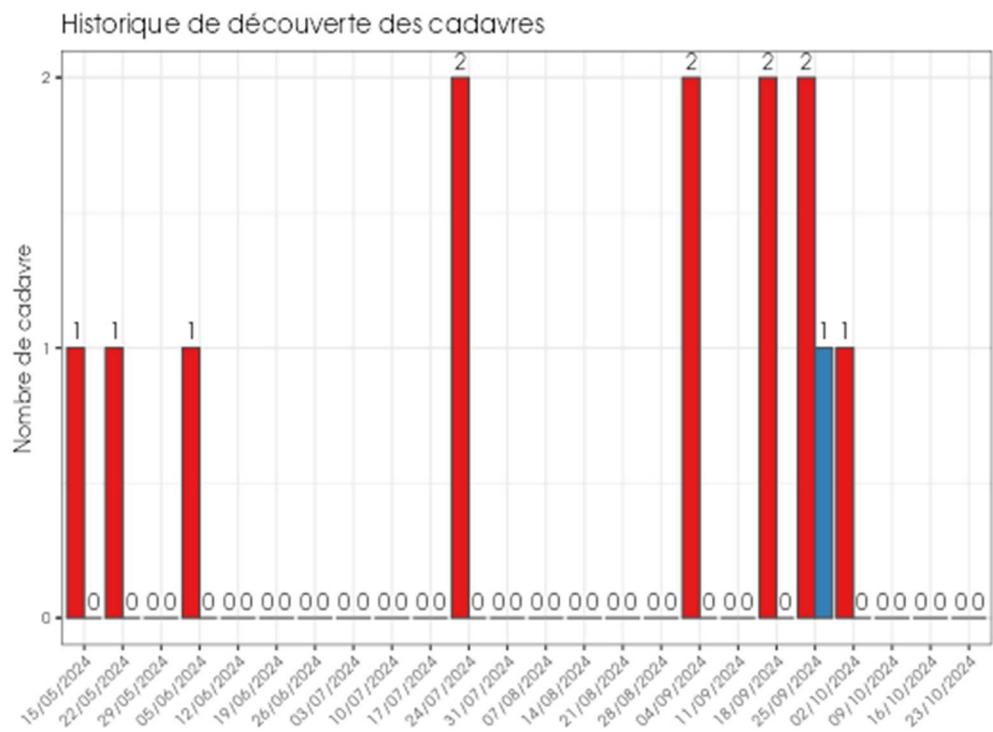


Figure 29 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bois des Fontaines

2.2.1.1 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous la quasi-totalité des éoliennes du parc, avec une certaine hétérogénéité entre elles. L'éolienne E5 présente le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 5 oiseaux. L'éolienne E3, montre une mortalité notable au niveau des oiseaux, avec 3 cas de mortalités, c'est également la seule éolienne faisant l'objet d'une mortalité brute de chauve-souris sur le parc. Pour les 5 autres éoliennes, 1 cadavre d'oiseau a été retrouvé sous les éoliennes E1, E4, E6 et E7. Aucun cadavre n'a été retrouvé sous l'éolienne E2.

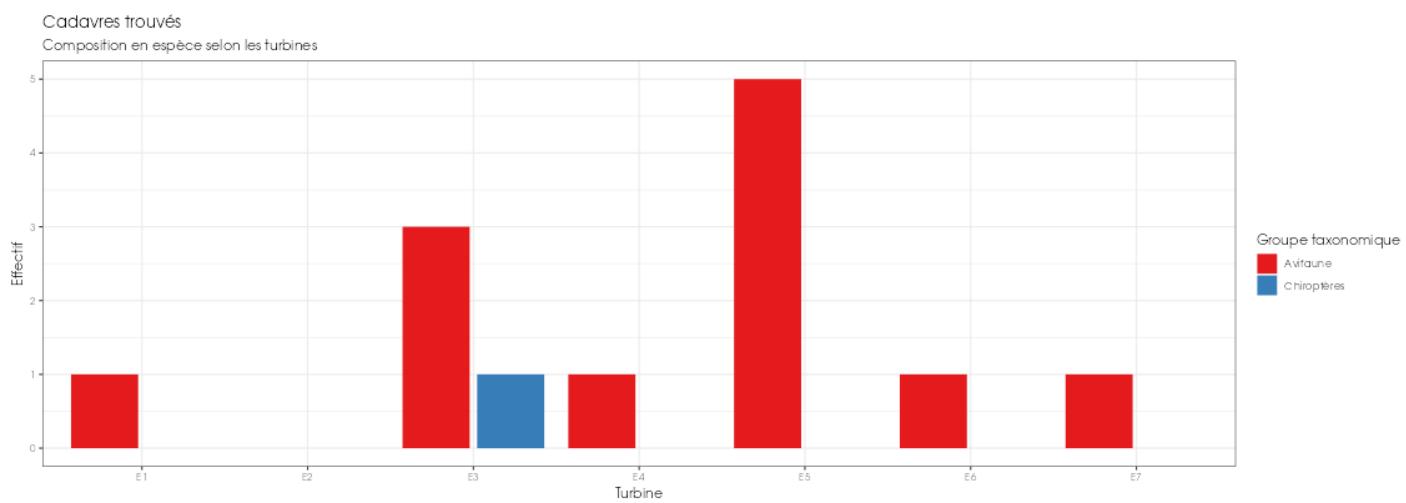


Figure 30 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

Sur les 7 éoliennes du parc, 6 d'entre elles présentent des cas de mortalité pour l'avifaune, et seule l'éolienne E3 présente un cas de mortalité pour les chiroptères. Les mortalités brutes recensées varient fortement entre les éoliennes, comprises entre 0 et 5 cadavres par éolienne et par groupe faunistique. La majorité des cadavres appartient au groupe des oiseaux (12

individus). Les éoliennes E3 et E5 (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

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent s'effectuer proches du mât (entre 3 et 15 mètres) ou bien sur les plus longues distances (entre 40 et 53 mètres). L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Bruant proyer observé à 53 mètres (Figure 31).

Le seul cadavre de chiroptère a été observé à 39 mètres du mât. Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées au nord-est des éoliennes (Figure 32).

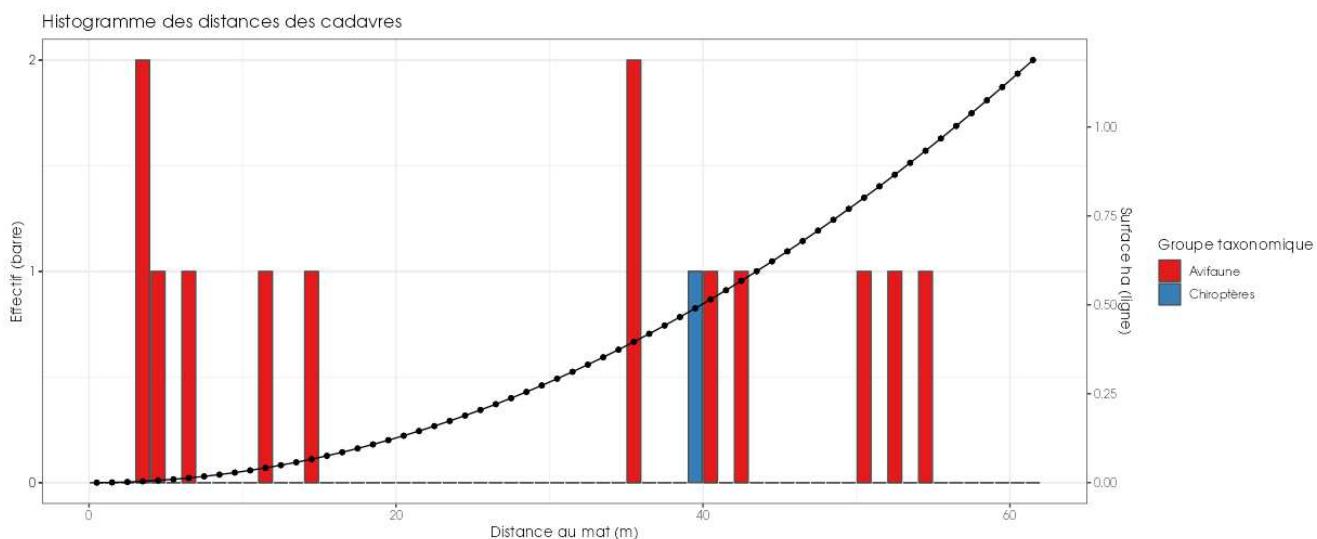


Figure 31 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bois des Fontaines. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

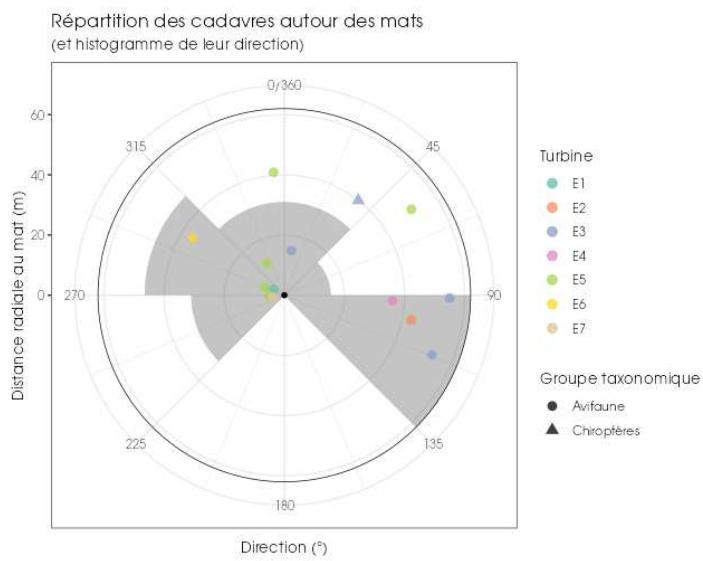


Figure 32 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.

2.2.1.3 Description des oiseaux retrouvés

12 individus répartis au sein de 8 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc de Bois des Fontaines : le **Bruant proyer** (1 individu), le **Chardonneret élégant** (1 individu), l'**Etourneau sansonnet** (1 individu), le **Faisan de Colchide** (3 individus), le **Faucon crécerelle** (1 individu), le **Goéland leucophée** (1 individu), le **Martinet noir** (1 individu) et le **Pigeon biset** (3 individus).

À titre de comparaison, Biotope a mis à jour en 2024 un « **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 Bruant proyer, l'Etourneau sansonnet, Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Pigeon biset 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 **10 espèces les plus découvertes en Métropole**. Le Faisan de Colchide se situe au 21^{ème} rang de notre référentiel de mortalité brute. Enfin, le Chardonneret élégant et le Goéland leucophée ne sont quasiment jamais observé lors de nos suivis, ils se situent tous les deux au 61^{ème} rang.

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 Faucon crécerelle, le Martinet noir 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 3 espèces les plus découvertes en Europe et représentant les deux espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr. Le Bruant proyer, l'Etourneau sansonnet, le Faisan de Colchide sont fréquemment observé, avec respectivement le 12^{ème}, le 14^{ème} et le 22^{ème} rang européen elle sont également très présente pour la France (15^{ème}, 7^{ème} et 10^{ème} rang). Enfin, le Goéland leucophée, le Chardonneret élégant et le Pigeon biset sont très rarement observé lors des suivis mortalité à l'échelle Européenne.

On notera enfin qu'en région Centre-Val de Loire, la DREAL a élaboré un outil interactif accessible à tous, permettant de disposer d'une synthèse des données recueillies sur la mortalité des oiseaux et des chauves-souris dans les parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire, avec des restitutions géographiques et sous forme de graphiques (mortalité par espèce, par mois, etc.). L'outil conçu n'a pas l'ambition d'analyser de manière fine les causes de mortalité (paysage périphérique au parc, modèle d'éolienne, etc.), ni de comparer les parcs entre eux. Il est important de rappeler ici que les restitutions présentées sont réalisées sur la base des données de mortalité brute, c'est-à-dire celle constatée sur le terrain lors des prospections et non celle estimée à l'échelle de chaque parc et sur une année complète. La mortalité brute correspond au nombre de cadavres effectivement récoltés au pied des éoliennes et dont la mortalité est attribuable aux aérogénérateurs, sur la période de prospection propre à chaque suivi. Les données de mortalité brute ne peuvent être comparées d'un parc à l'autre, car elles dépendent du nombre d'années de suivis, des périodes de prospections, du nombre de passages, du taux de préddation des cadavres, du nombre d'éoliennes suivies... Cette base de données publiée le 23/03/2023 puis mise à jour le 21/09/2023 peut à l'image du référentiel de mortalité brute de Biotope ou la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles aux collisions/barotraumatismes à l'échelle régionale. Ainsi, au niveau régional, entre 2015 et 2023, on constate que :

- Le Martinet noir est la 2^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 10,08 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- Le Faucon crécerelle est la 4^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 7,38 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- L'Etourneau sansonnet est la 7^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 5,23 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- Le Faisan de Colchide est la 9^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 3,55 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- Le Bruant proyer est la 10^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 3,27 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- Le Pigeon biset est la 20^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 0,75 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- Le Goéland leucophée est la 27^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 0,47 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- Le Chardonneret élégant est la 46^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 0,19 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope, celle de la région Centre (outil élaboré par la DREAL) 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 Bois des Fontaines 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 conforté au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022.

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 2023 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	Rang régional	A	BE	D	E	NL	PT	Rang Bois des Fontaines
Bruant proyer	12 (383)	15 (71)	9 (28)	10 (35)	/	/	23 (39)	3 (252)	/	5 (21)	2 (1)
Chardonneret élégant	55 (47)	51 (5)	61 (1)	46 (2)	/	/	46 (4)	23 (36)	21 (1)	18 (1)	2 (1)
Etourneau sansonnet	14 (365)	7 (190)	7 (39)	7 (56)	9 (9)	6 (27)	/	42 (8)	/	/	2 (1)
Faisan de Colchide	22 (203)	10 (97)	21 (10)	9 (38)	1 (62)	17 (4)	26 (32)	48 (2)	27 (5)	17 (5)	1 (3)
Faucon crécerelle	3 (867)	3 (347)	2 (105)	4 (79)	3 (28)	14 (7)	8 (155)	2 (273)	10 (14)	3 (39)	2 (1)
Goéland leucophée	76 (23)	45 (11)	61 (1)	27 (5)	13 (1)	/	/	39 (11)	/	/	2 (1)
Martinet noir	6 (728)	1 (433)	1 (110)	2 (108)	7 (14)	17 (4)	7 (170)	13 (75)	17 (5)	7 (18)	2 (1)
Pigeon biset	72 (27)	35 (23)	8 (32)	20 (8)	/	/	/	47 (3)	21 (1)	/	1 (3)

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

Les chiffres entre parenthèse correspondent aux effectifs.

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2018, on constate que seul le Martinet noir 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 Bois des Fontaines à l'échelle régionale, française et européenne.

Aucune espèce n'est inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux. Deux espèces (Faucon crécerelle et Martinet noir) sont considérés comme « quasi-menacés » sur la liste rouge française des oiseaux nicheurs. Le Chardonneret élégant quant à lui est considéré comme « vulnérable » sur cette même liste rouge. On notera également la présence d'une espèce considérée comme « vulnérable » (Goéland leucophée) et une autre considérée comme « quasi-menacée » (Bruant proyer) sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en région Centre-Val de Loire (Tableau 19).

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

Espèces	Directive Oiseaux	Protection nationale	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste rouge nicheur Centre-Val-De-Loire (2013)	Liste rouge migrateur Centre-Val-De-Loire (2002)
Bruant proyer	-	Article 3	LC	LC	NT	MC
Chardonneret élégant	-	Article 3	LC	VU	LC	MC
Etourneau sansonnet	-	-	LC	LC	LC	MC
Faisan de Colchide	-	-	LC	NE	-	-

Faucon crècerelle	-	Article 3	LC	NT	LC	MC
Goéland leucophée	-	Article 3	LC	LC	VU	MC
Martinet noir	-	Article 3	NT	NT	LC	MC
Pigeon biset	-		LC	DD	NE	-

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 (IUCN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016).
- Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs en Centre-Val de Loire (IUCN, 2013).
- DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable.

Rareté

- Niveau de rareté Centre-Val de Loire (PERTHUIS, 2002).
- M : migrateur ; C : commun ; PC : peu commun ; R : rare ; O : occasionnel

2.2.1.4 Description des chauves-souris retrouvées

Un seul chiroptère a été retrouvé lors de ce suivi, il s'agit d'une **Pipistrelle de Kuhl**.

Les Pipistrelles de Kuhl sont des espèces assez sédentaires, elles s'éloignent ainsi peu de leurs domaines vitaux. L'individu touché est donc probablement issu de colonies locales proches du parc éolien (quelques kilomètres).

À titre de comparaison, Biotope a mis à jour en 2024 un « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres de chiroptères réalisé dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain depuis 2019. 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 de Kuhl est parmi les espèces les plus fréquemment observées en France. En effet, sur les 12 espèces ou groupes d'espèces comptabilisés dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle est la 4^{ème} espèce la plus découverte.

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 9 août 2023) sur les cadavres de chauves-souris relate :

- Que la Pipistrelle de Kuhl est la 5^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 3^{ème} en France.

On notera enfin qu'en région Centre-Val de Loire, la DREAL a élaboré un outil interactif accessible à tous, permettant de disposer d'une synthèse des données recueillies sur la mortalité des oiseaux et des chauves-souris dans les parcs éoliens de la région Centre-Val de Loire, avec des restitutions géographiques et sous forme de graphiques (mortalité par espèce, par mois, etc.). L'outil conçu n'a pas l'ambition d'analyser de manière fine les causes de mortalité (paysage périphérique au parc, modèle d'éolienne, etc.), ni de comparer les parcs entre eux. Il est important de rappeler ici que les restitutions présentées sont réalisées sur la base des données de mortalité brute, c'est-à-dire celle constatée sur le terrain lors des prospections et non celle estimée à l'échelle de chaque parc et sur une année complète. La mortalité brute correspond au nombre de cadavres effectivement récoltés au pied des éoliennes et dont la mortalité est attribuable aux aérogénérateurs, sur la période de prospection propre à chaque suivi. Les données de mortalité brute ne peuvent être comparées d'un parc à l'autre, car elles dépendent du nombre d'années de suivis, des périodes de prospections, du nombre de passages, du taux de préddation des cadavres, du nombre d'éoliennes suivies... Cette base de données publiée le 23/03/2023 puis mise à jour le 21/09/2023 peut à l'image du référentiel de mortalité brute de Biotope ou la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles aux collisions/barotraumatismes à l'échelle régionale. Ainsi, au niveau régional, entre 2015 et 2023, on constate que :

- La Pipistrelle de Kuhl est la 5^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 6,97 % des cadavres de chauves-souris retrouvés.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope, celle de la région Centre (outil élaboré par la DREAL) 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 les chiroptères 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 Bois des Fontaines 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. 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 2022.

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 2023 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	Rang Régional	A	BE	CR	D	ES	PT	Rang Bois des Fontaines	
											1	2
Pipistrelle de Kuhl	5 (661)	3 (411)	4 (66)	5 (51)	/	/	1 (144)	/	7 (44)	6 (51)		1 (1)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CR = Croatie, D = Allemagne, ES = Espagne, PT = Portugal

Les chiffres entre parenthèse correspondent aux effectifs.

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2018, le parc n'était fréquenté que par de la Pipistrelle commune et quelques Noctules communes qui ont traversées la zone d'étude pendant les périodes d'écoutes en altitude. Aucune de ces deux espèces n'a été retrouvée au pied des éoliennes, contrairement à la Pipistrelle de Kuhl qui n'a pas été détectée lors des passages de fin septembre et début août.

2.2.1.4.1. 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 Bois des Fontaines à l'échelle de la France et de l'Europe. La Pipistrelle de Kuhl (seule espèce observée) est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne.

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

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Centre-Val-De-Loire (2015)
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	Article 2	LC	LC	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 Centre-Val-De-Loire

- Liste rouge européenne des espèces menacées (IUCN, 2012)
- Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (IUCN France & MNHN, 2017)
- Liste rouge régionale des mammifères (Sologne Nature Environnement, 2012) : LC : Préoccupation mineure.

2.2.1.1 Evaluation de tendance à travers les quantiles de mortalité brute

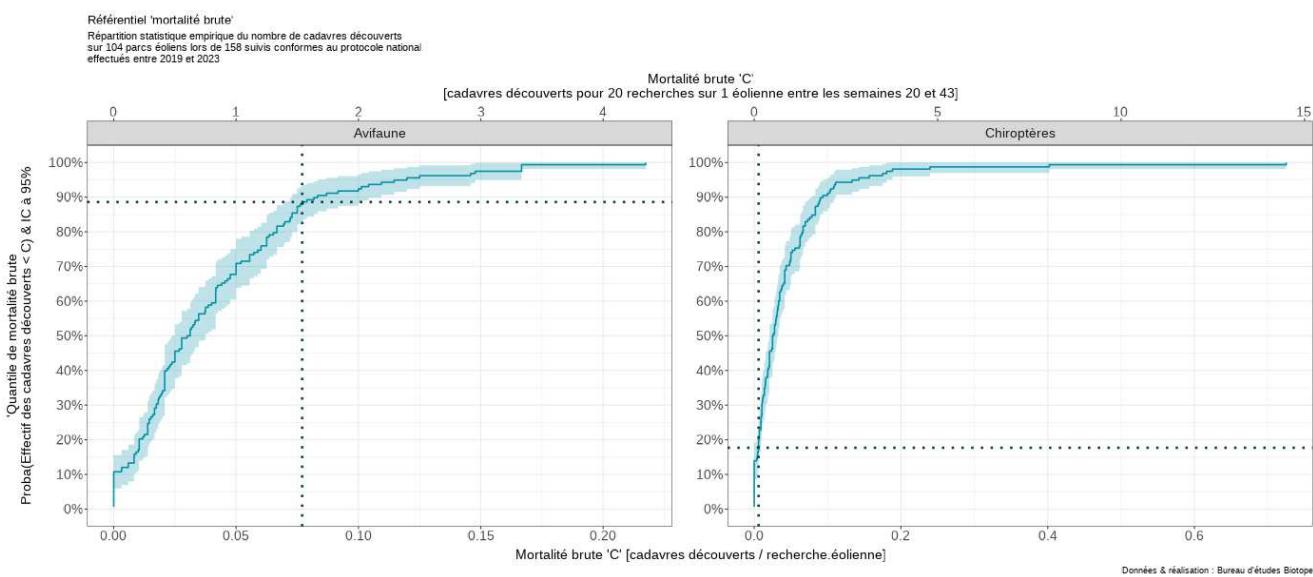


Figure 33 : Projection du ‘quantile de mortalité’ en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2023).

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 Bois des Fontaines, il a été observé un total de 12 cadavres d'oiseaux et 1 cadavre de chiroptère. Pendant le suivi, 7 éoliennes ont été suivies durant 24 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0,071 cadavres par recherche-éolienne pour les oiseaux et de 0,006 cadavres par recherche-éolienne pour les chiroptères.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 88% pour les oiseaux et de 18% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité brute du parc de Bois des Fontaines est parmi les 12% les plus élevés du référentiel pour les oiseaux. Au contraire, la mortalité brute des chauves-souris est parmi les 20% les plus faibles, compte tenu de la mortalité brute et de l'effort (ou pression) d'échantillonnage.

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 élevée 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 Bois des Fontaines 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 (Domínguez del Valle et al., 2020). Les milieux herbacés hauts ($> 30/40$ cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

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

L'ensemble de ces évènements 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 (24 passages).

Milieux	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Total
Céréales	/	/	/	/	31,19%	22,11%	24,06%	11,05%
Chaume	3,75%	4,00%	2,72%	2,02%	11,08%	3,68%	6,02%	4,75%
Colza	26,22%	29,16%	14,49%	14,15%	/	/	/	12,00%
Déchaume	52,44%	47,89%	24,86%	26,28%	41,56%	29,49%	36,09%	36,94%
Friche	1,57%	1,78%	1,56%	1,28%	1,41%	23,02%	12,44%	6,15%
Plateforme	16,02%	17,17%	15,91%	13,55%	14,76%	14,84%	17,40%	15,66%
Pomme de terre	/	/	29,43%	24,04%	/	/	/	7,64%
Semis	/	/	1,84%	1,85%	/	6,06%	4,00%	1,96%
Sol nu	/	/	9,20%	16,82%	/	/	/	3,72%
Tas de terre	/	/	/	/	/	0,80%	/	0,11%
Total	100 %	100 %	100 %	100%	100%	100%	100%	100%

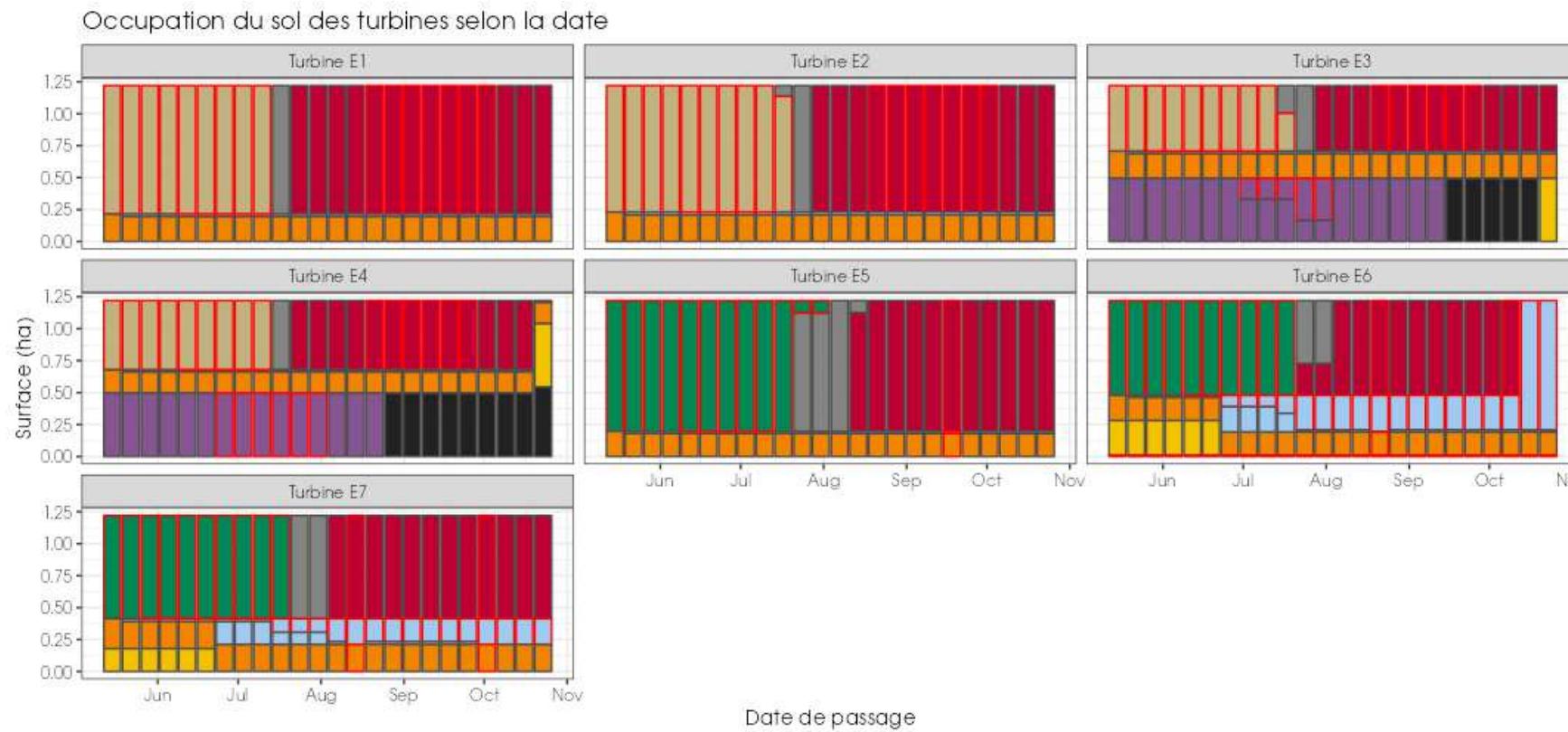


Figure 34 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

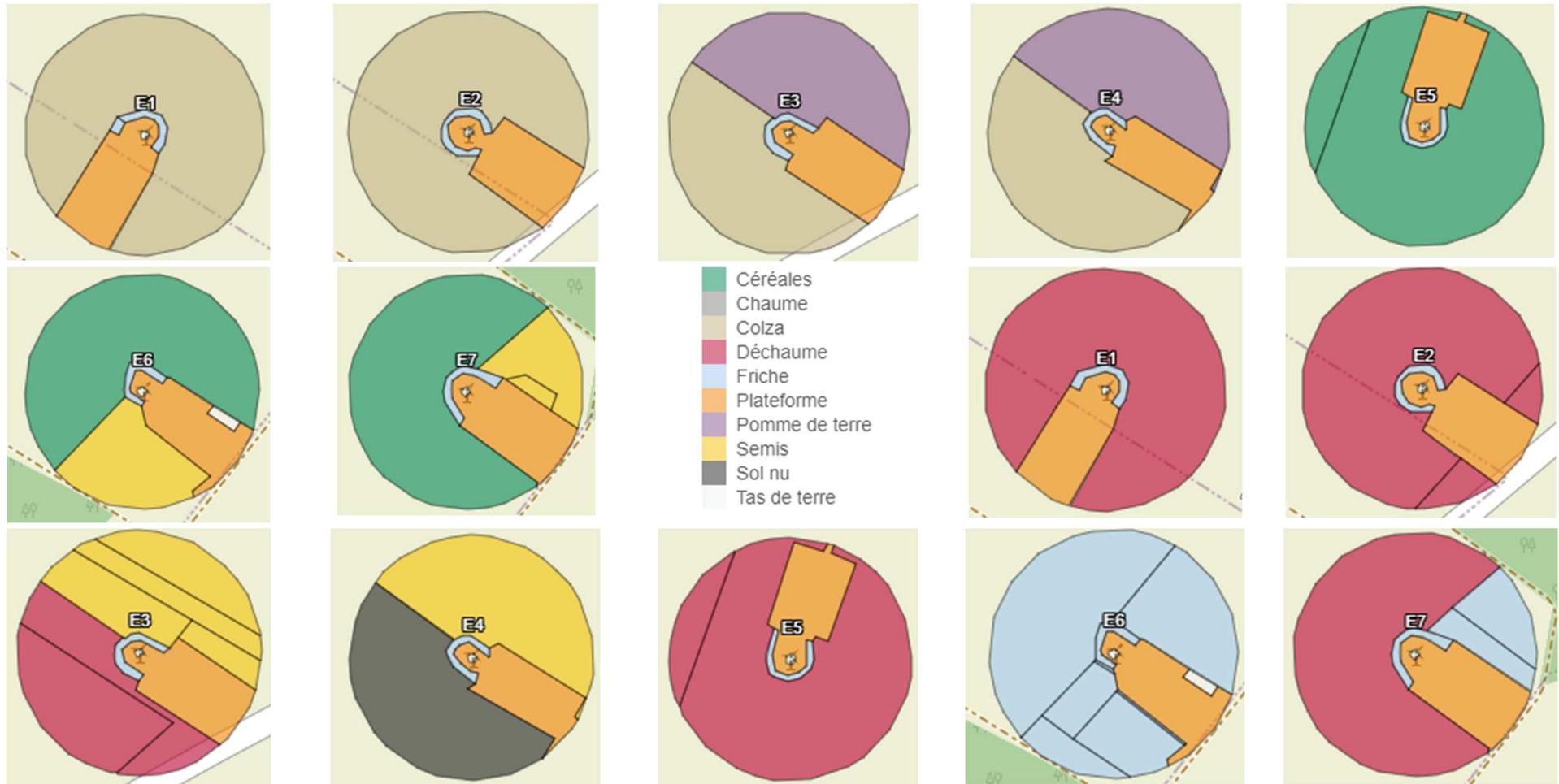


Figure 35 : Occupation du sol pour les éoliennes E1, E2, E3, E4, E5, E6 et E7 (de gauche à droite et de haut en bas) le 22 mai 2024 (deuxième passage en haut) et le 23 octobre 2024 (passage 24)

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. En effet, la surface prospectée (ou échantillonnée) est assez faible entre mai et juillet, puis devient quasi-totale à partir d'août, notamment dû aux fauches de l'été.

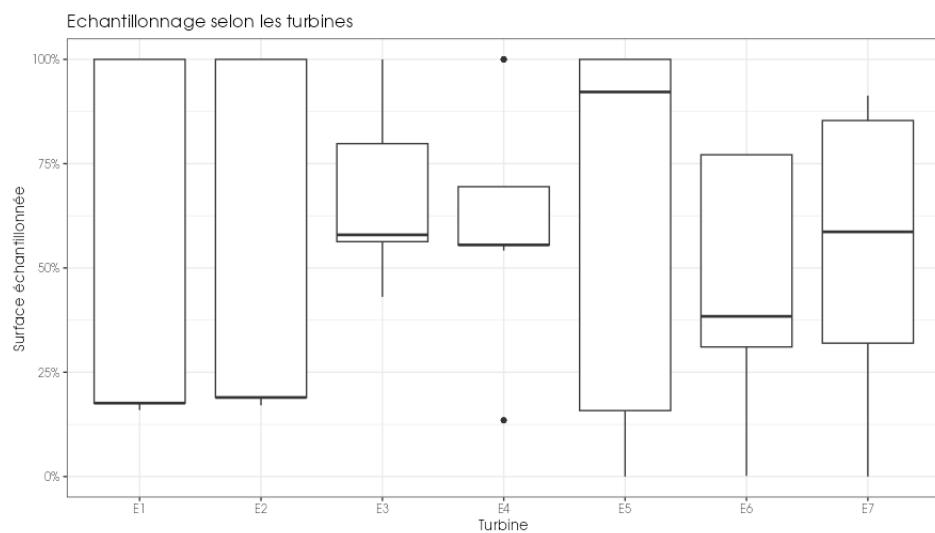
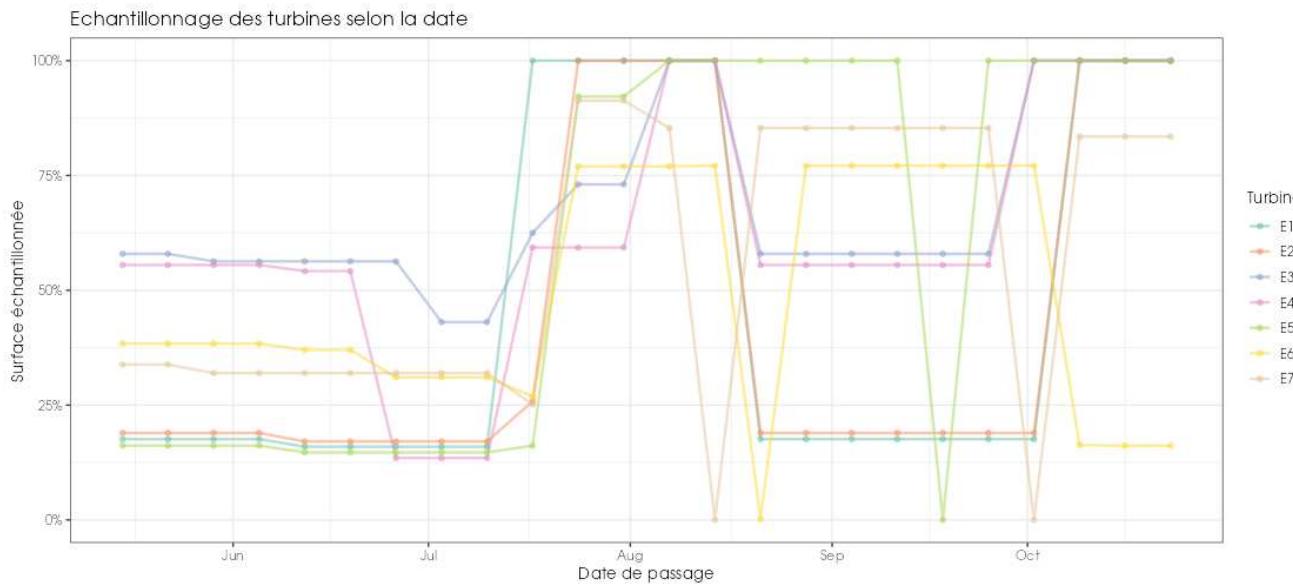


Figure 36 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, en bas synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2.2.2.3 Résultats des tests et calcul des coefficients correcteurs

2.2.2.3.1. Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 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 0,44 à 0,69). 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 24 passages

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Quantile 2.5%	0,16	0,17	0,50	0,35	0,08	0,09	0,00
Premier quartile	0,18	0,19	0,58	0,56	0,16	0,33	0,32
Moyenne	0,47	0,45	0,70	0,66	0,64	0,50	0,58
Moyenne pondérée	0,46	0,44	0,69	0,62	0,62	0,49	0,57
Médiane	0,18	0,19	0,58	0,56	0,96	0,38	0,84
Troisième quartile	1,00	1,00	0,93	0,90	1,00	0,77	0,85
Quantile 97.5%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,77	0,91

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 = 0,95) : « **Persistence ~ TurbID** » 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

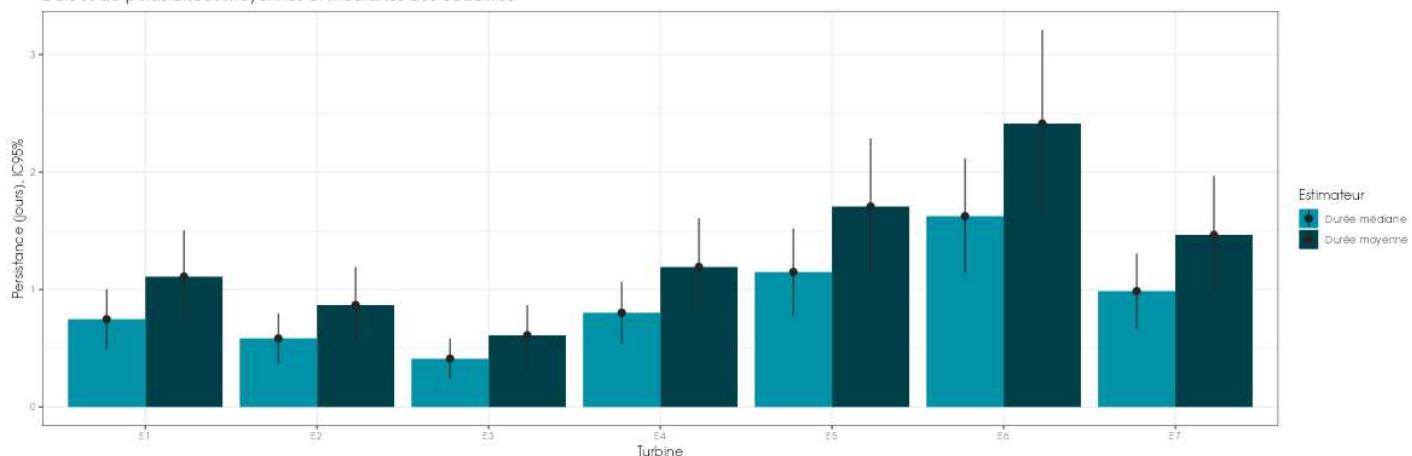


Figure 37 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

Nous pouvons discerner deux groupes d'éoliennes avec des durées de persistance légèrement différentes. En effet, les éoliennes E1, E2, E3 et E4 ont une durée moyenne de persistance avoisinant les 1 jour, c'est-à-dire que les cadavres disparaissent dans les premières 24 heures après la pose. Les éoliennes E5, E6 et E7 ont quant à elles une persistance plus élevée, avec un cadavre disparaissant en moyenne au bout de 1,5 à 2,5 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 37).

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

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Résultats des tests de persistances de 2023-2024							
Persistance moyenne (en jours)	1,1	0,9	0,6	1,2	1,7	2,4	1,5
Intervalle de confiance à 95%	[0,72 ; 1,5]	[0,54 ; 1,19]	[0,35 ; 0,87]	[0,78 ; 1,61]	[1,13 ; 2,29]	[1,61 ; 3,21]	[0,96 ; 1,97]

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 « **Trouve ~ OCS + Hmoy** » (AIC weight = 0,22 ; AIC delta = 1,06) pour réaliser les interpolations. Nous avons ensuite renseigné à dire d'expert les cas de figure manquants (catégorie OCS « sol nu » ; extrapolation) en s'appuyant sur les résultats du référentiel mortalité Biotope. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupations du sol et 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 prédicts (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.

Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction
Champ sol nu 0 cm	0,2 [0,06 ; 0,48]	0,2 [0 ; 0,4]	Estimation	Champ sol nu 15 cm	0,06 [0,02 ; 0,23]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Chaume 0 cm	0,77 [0,57 ; 0,9]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Chaume 15 cm	0,48 [0,3 ; 0,66]	0,4 [0,13 ; 0,67]	Estimation
Déchaume 0 cm	0,61 [0,41 ; 0,77]	0,53 [0,27 ; 0,73]	Estimation	Déchaume 15 cm	0,29 [0,15 ; 0,5]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Friche 0 cm	0,9 [0,74 ; 0,97]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Friche 15 cm	0,72 [0,56 ; 0,83]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Haricot 0 cm	0,91 [0,71 ; 0,97]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Haricot 15 cm	0,72 [0,41 ; 0,91]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Plateforme 0 cm	0,85 [0,73 ; 0,92]	0,85 [0,77 ; 0,93]	Estimation	Plateforme 15 cm	0,61 [0,36 ; 0,81]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Pomme de terre 0 cm	0,8 [0,7 ; 0,88]	0,8 [0,7 ; 0,9]	Estimation	Pomme de terre 15 cm	0,52 [0,32 ; 0,72]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Semis 0 cm	0,86 [0,62 ; 0,96]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Semis 15 cm	0,63 [0,3 ; 0,87]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Champ sol nu 5 cm	0,14 [0,04 ; 0,38]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Champ sol nu 30 cm	0,02 [0 ; 0,11]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Chaume 5 cm	0,69 [0,49 ; 0,83]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Chaume 30 cm	0,2 [0,08 ; 0,43]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Déchaume 5 cm	0,5 [0,32 ; 0,68]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Déchaume 30 cm	0,1 [0,03 ; 0,31]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Friche 5 cm	0,86 [0,69 ; 0,94]	0,87 [0,73 ; 0,97]	Estimation	Friche 30 cm	0,41 [0,25 ; 0,59]	0 [0 ; 0]	Estimation
Haricot 5 cm	0,86 [0,62 ; 0,96]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Haricot 30 cm	0,41 [0,12 ; 0,78]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Plateforme 5 cm	0,79 [0,63 ; 0,89]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Plateforme 30 cm	0,29 [0,08 ; 0,67]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Pomme de terre 5 cm	0,72 [0,59 ; 0,83]	0,73 [0,53 ; 0,93]	Estimation	Pomme de terre 30 cm	0,23 [0,06 ; 0,56]	0 [0 ; 0]	Interpolation

Semis 5 cm	0,8 [0,52 ; 0,94]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation	Semis 30 cm	0,31 [0,07 ; 0,72]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Champ sol nu 10 cm	0,09 [0,03 ; 0,29]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Chaume 40 cm	0,09 [0,02 ; 0,32]	0 [0 ; 0]	Extrapolation
Chaume 10 cm	0,59 [0,4 ; 0,75]	0,67 [0,4 ; 0,87]	Estimation	Pomme de terre 40 cm	0,11 [0,02 ; 0,46]	0 [0 ; 0]	Extrapolation
Déchaume 10 cm	0,39 [0,23 ; 0,59]	0,47 [0,2 ; 0,73]	Estimation	Chaume 20 cm	0,37 [0,21 ; 0,57]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Friche 10 cm	0,8 [0,63 ; 0,9]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Friche 20 cm	0,62 [0,47 ; 0,75]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Haricot 10 cm	0,8 [0,52 ; 0,94]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation	Semis 20 cm	0,52 [0,2 ; 0,83]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Plateforme 10 cm	0,7 [0,5 ; 0,85]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Friche 25 cm	0,52 [0,36 ; 0,67]	0 [0 ; 0]	Interpolation
Pomme de terre 10 cm	0,63 [0,46 ; 0,77]	0 [0 ; 0]	Interpolation	Sol nu 0 cm	0,97 [0,76 ; 1]	0 [0 ; 0]	Extrapolation
Semis 10 cm	0,72 [0,41 ; 0,91]	0 [0 ; 0]	Interpolation				

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. En effet, les observations faites au 1^{er} passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1^{er} passage permet d'établir un état zéro afin de garantir que toute nouvelle découverte de cadavre s'est bien produite dans l'intervalle précédent chaque passage.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est faible de manière générale (entre 0,02 et 0,25 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez faible également (entre 44% et 69% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,01 à 0,12, c'est-à-dire un facteur démultiplificateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 8,16 à 72,46. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 8 et 73 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).**

Les éoliennes E1, E2 et E3 ont la plus faible probabilité de détection globale, E5 et E6 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu très faibles. E4 et E7 sont intermédiaires.

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

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Probabilité détection $P(s,f)$							
Huso (2010)	0,12	0,1	0,06	0,14	0,17	0,25	0,15
Erickson et al. (2000)	0,12	0,1	0,06	0,14	0,17	0,25	0,15
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,07	0,05	0,02	0,08	0,11	0,19	0,1
Coefficient correcteur de surface a							
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,46	0,44	0,69	0,62	0,62	0,49	0,57
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$							
Huso (2010)	0,06	0,04	0,04	0,09	0,11	0,12	0,09
Erickson et al. (2000)	0,06	0,04	0,04	0,09	0,11	0,12	0,09
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,03	0,02	0,01	0,05	0,07	0,09	0,06

2.2.2.4.1. Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Estimation prenant en compte la totalité des individus trouvés :

- *Éolienne E5*

C'est l'éolienne qui présente le plus de découverte de cadavres (n=5) et la seconde mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E5, sont comprises entre 38 et 51 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 85 à 127 individus et minimum allant de 12 à 19 individus.

- *Éolienne E3*

L'éolienne E3 est celle qui présente les estimations avec les plus fortes incertitudes. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est entre 172 et 257 oiseaux, ce qui est supérieur à l'estimation la plus probable de E5 qui est l'éolienne la plus impactante pour les oiseaux (observations et estimations confondues). Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E3, sont comprises entre 62 et 179 individus sur une période de 161 jours de suivi. Cette incertitude est directement liée à la probabilité globale de détection, dont son estimation est la plus faible.

Tableau 27 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bois des Fontaines sur la période du suivi

Estimateurs	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	1	0	3	1	5	1	1	12
Huso (2010) [IC 95%]	18 [1 ; 84]	0 [0 ; 71]	75 [20 ; 175]	12 [1 ; 52]	41 [14 ; 87]	8 [1 ; 39]	10 [1 ; 51]	232 [134 ; 375]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	16 [2 ; 85]	0 [0 ; 72]	62 [17 ; 172]	10 [2 ; 54]	38 [12 ; 85]	10 [1 ; 37]	11 [1 ; 51]	231 [132 ; 373]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	28 [2 ; 145]	2 [0 ; 135]	179 [62 ; 257]	19 [2 ; 89]	51 [19 ; 127]	12 [1 ; 50]	16 [2 ; 83]	429 [252 ; 616]

- *Ensemble du parc*

Sur l'ensemble du parc et en prenant en compte les trois méthodes d'estimation, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 231 à 429 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 132 à 252 individus au minimum et de 373 à 616 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 12 observations ont été réalisées sur 140 jours centrés sur les 3 saisons (du 15 mai au 02 octobre : 2 découvertes en mai, 1 découverte en juin, 2 découvertes en juillet, 6 découvertes en septembre et 1 découverte en octobre).

L'éolienne E3 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E5, E1, E4, E7, E6 et E2, E1 et E4. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seules E3 et E5 semblent avoir un impact estimé plus significatif que les autres.

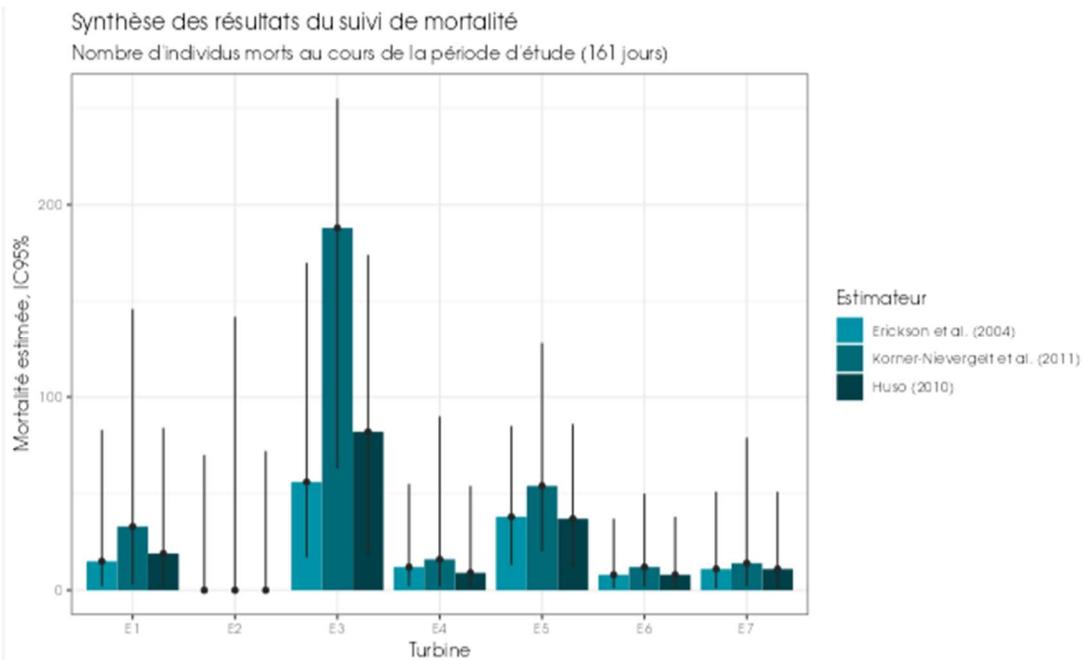


Figure 39 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Bois des Fontaines au cours du suivi de 2024 sur 161 jours

Estimation ne prenant pas en compte les espèces chassable (Faisan de Colchide et Pigeon biset) :

- Éolienne E3

C'est l'éolienne qui présente le plus de découverte de cadavres (n=2) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E3, sont comprises entre 47 et 129 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 138 à 246 individus et minimum allant de 7 à 36 individus.

Tableau 29 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bois des Fontaines sur la période du suivi

Estimateurs	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	0	2	1	2	1	0	6
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 71]	47 [7 ; 138]	9 [2 ; 55]	19 [4 ; 58]	8 [1 ; 38]	0 [0 ; 32]	148 [83 ; 286]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 53]	0 [0 ; 71]	50 [7 ; 138]	12 [1 ; 53]	16 [5 ; 61]	7 [1 ; 37]	0 [0 ; 32]	170 [84 ; 291]
Körner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 92]	0 [0 ; 144]	129 [36 ; 246]	17 [1 ; 87]	30 [5 ; 85]	13 [2 ; 50]	0 [0 ; 49]	336 [163 ; 508]

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 148 à 336 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 83 à 163 individus au minimum et de 286 à 508 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 6 observations ont été réalisées les 3 saisons (du 22 mai au 18 septembre : 1 découverte en mai, 2 découvertes juillet, 3 découvertes en septembre).

L'éolienne E3 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E5, E4, E6, E1, E2 et E7. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seule E3 et E5 semblent avoir un impact estimé plus significatif que les autres.

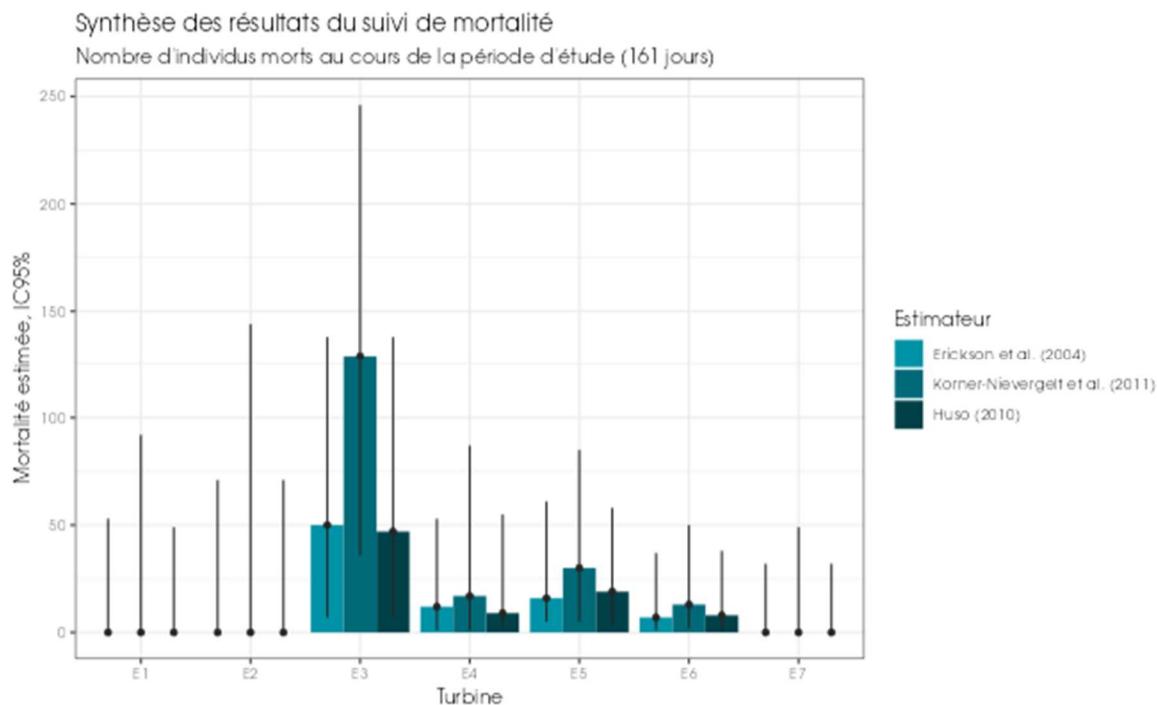


Figure 39 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Bois des Fontaines au cours du suivi de 2024 sur 161 jours

2.2.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

- *Éolienne E3*

C'est la seule éolienne où un cas de mortalité a été observé sur le parc des Bois des Fontaines. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E3 sont comprises entre 19 et 65 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 105 à 218 individus et minimum allant de 2 à 7 individus.

Tableau 28 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bois des Fontaines sur la période du suivi

Estimateurs	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	0	1	0	0	0	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 53]	0 [0 ; 73]	19 [2 ; 106]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 27]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 34]	86 [41 ; 215]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 52]	0 [0 ; 68]	22 [3 ; 105]	0 [0 ; 33]	0 [0 ; 27]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 32]	106 [38 ; 208]
Körner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 91]	0 [0 ; 144]	65 [7 ; 218]	1 [0 ; 57]	0 [0 ; 39]	0 [0 ; 31]	0 [0 ; 50]	224 [80 ; 404]

- *Ensemble du parc*

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 86 et 224 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 38 à 80 individus au minimum et de 208 à 404 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Néanmoins, au regard des grandes incertitudes dans l'estimation de la mortalité liées à un fort taux de préation sur le parc, ainsi qu'à un faible taux de surface prospectée, l'estimation de la mortalité totale la plus probable en prenant les incertitudes minimales (IC 95%) est comprise entre 38 et 80 individus.

La seule observation brute de chiroptère à l'échelle du parc été réalisée le 25 septembre.

L'éolienne E3 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E2, E1, E4, E7, E5 et E6. Seules E3 et E2 semblent nettement différentes.

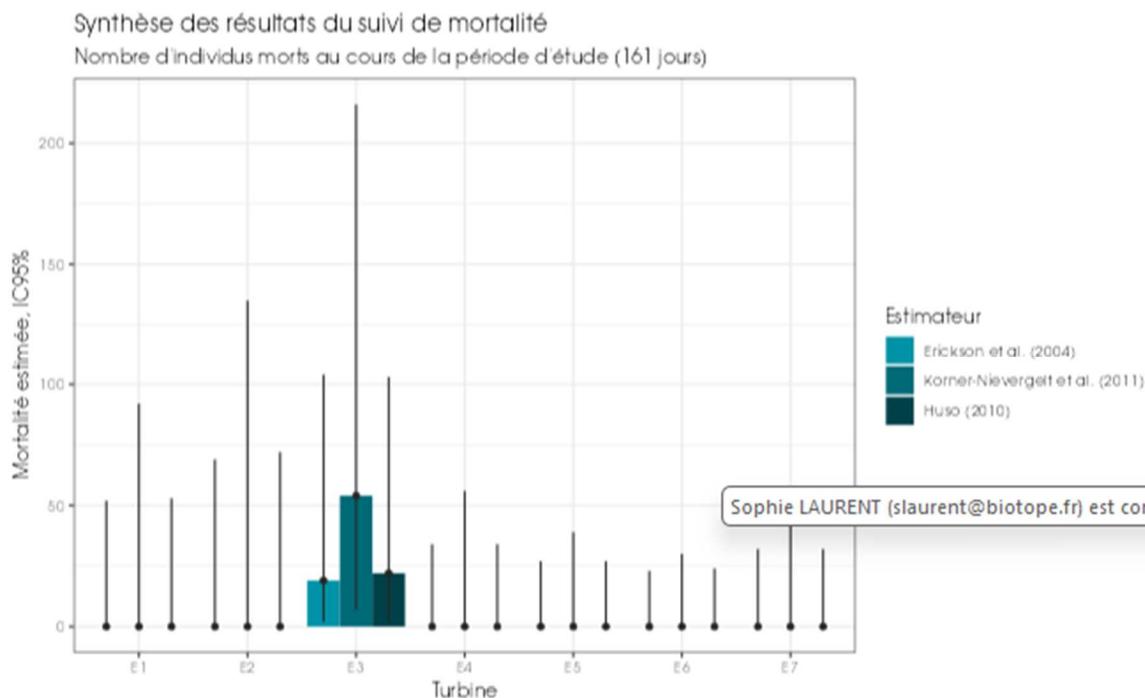


Figure 38 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Bois des Fontaines au cours du suivi de 2024 sur 161 jours

2.2.2.5 Comparaison de la mortalité estimée sur le parc de Bois des Fontaines avec le référentiel mortalité corrigée Biotope

Tableau 29 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope

Oiseaux							
Nom de l'éolienne	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
Mortalité estimée M avec Huso [IC 95%]	18 [1 ; 84]	0 [0 ; 71]	75 [20 ; 175]	12 [1 ; 52]	41 [14 ; 87]	8 [1 ; 39]	10 [1 ; 51]
Quantile de mortalité estimée	98 %	2.5 %	99 %	93 %	1 %	84 %	90 %
Chiroptères							
Mortalité estimée M avec Huso [IC 95%]	0 [0 ; 53]	0 [0 ; 73]	19 [2 ; 106]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 27]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 34]
Quantile de mortalité estimée	2.5 %	2.5 %	98 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %

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 Bois des Fontaines. 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).

Au sein du parc éolien de Bois des Fontaines, entre 0 et 20 cadavres d'oiseaux et entre 0 et 2 cadavres 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 ; 71] et 75 [20 ; 175] oiseaux par éolienne, et entre 0 [0 ; 24] et [2 ; 106] chiroptères par

éolienne. Ainsi, en utilisant de manière comparative le référentiel de mortalité estimée, le niveau de mortalité observé est classé de moyen à très fort selon l'éolienne et le groupe taxonomique (Tableau 29).

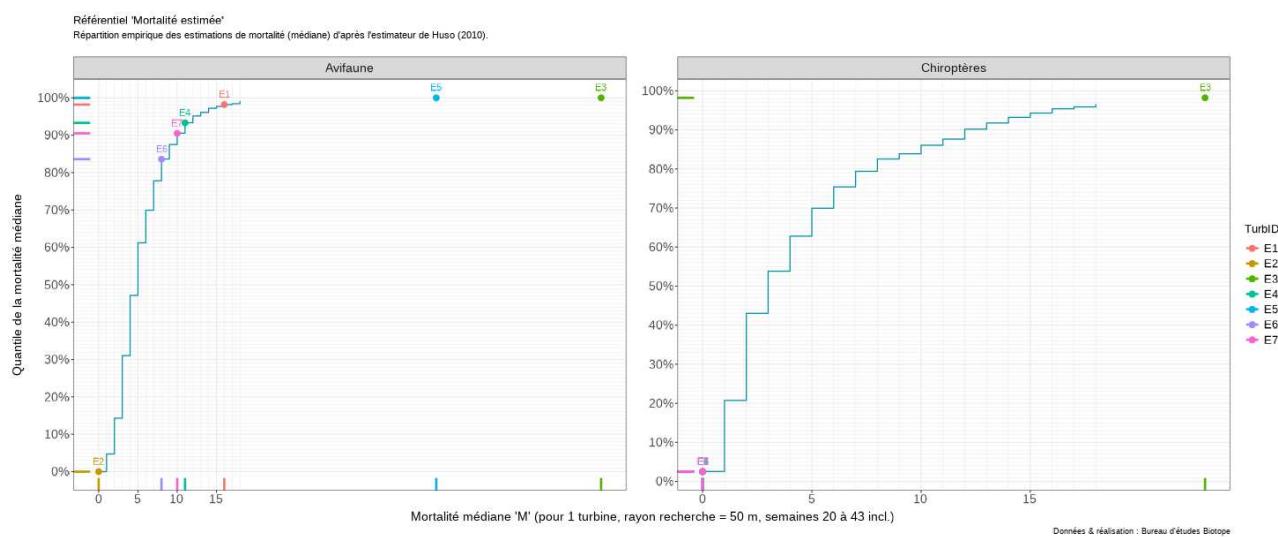


Figure 39 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc de Bois des Fontaines sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité estimée par éolienne compris entre 2.5% et 99% pour les oiseaux et entre 2.5% et 98% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité estimée du parc de Bois des Fontaines est assez hétérogène selon les éoliennes mais est toute de même parmi les plus élevées du référentiel pour les oiseaux, et dans une moindre mesure pour les chiroptères.

Notons que l'E3 semble particulièrement mortifère pour les deux taxons, avec un quantile de mortalité estimée de 99% pour les oiseaux et de 98% pour les chiroptères, soit respectivement, une mortalité estimée plus importante que 99% et 98% des cas de mortalité par éolienne estimée sur les parcs suivis par Biotope depuis 2019 (Tableau 29).

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. De plus, le référentiel se base sur des données récoltées sur un rayon de prospection de 50m, ce qui n'est pas le cas sur ce parc. Toutefois, il semble que le parc étudié présente une tendance à une mortalité estimée plus élevée pour les oiseaux 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 Bois des Fontaines sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

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 fortement diminué pour l'ensemble des éoliennes. Ceci est principalement dû à une variation au niveau des occupations des sols agricoles. Mais de manière générale, le coefficient correcteur a diminué pour l'ensemble des éoliennes du parc entre l'année 2023 et 2024. (Tableau 30).

Tableau 30 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2023 et 2024 pour le parc de Bois des Fontaines

Moyenne pondérée	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
2023	0,73	0,77	0,77	0,63	0,71	0,71	0,86
2024	0,46	0,44	0,69	0,62	0,62	0,49	0,57

Persistance des cadavres (s)

La vitesse de disparition des cadavres est restée quasiment identique entre les deux années de suivi, estimée à 1,4 jours en 2023 et à en moyenne 1,3 jours en 2024. Notons que les incertitudes autour de l'estimation sont relativement faibles quelles que soient l'année et l'éolienne (Tableau 31). Sur l'ensemble du parc et des deux années la durée de persistance moyenne est extrêmement faible, avec des individus qui disparaissent dans les deux jours suivant leur pose.

Tableau 31 : Comparaison des estimations de la persistance moyennes par année sur le parc de Bois des Fontaines

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Parc
Résultats 2023								
Données censurées	Non							
Famille de distribution	Log-logistic							
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	1,1 [0,46 ; 1,74]	0,6 [0,18 ; 0,93]	0,5 [0,15 ; 0,82]	1,1 [0,47 ; 1,74]	2,4 [1,08 ; 3,65]	3,0 [1,41 ; 4,65]	0,9 [0,34 ; 1,44]	1,4 [0,96 ; 1,87]
Résultats 2024								
Données censurées	Oui							
Famille de distribution	Log-logistic							
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	1,1 [0,72 ; 1,5]	0,9 [0,54 ; 1,19]	0,6 [0,35 ; 0,87]	1,2 [0,78 ; 1,61]	1,5 [0,96 ; 1,97]	2,4 [1,61 ; 3,21]	1,5 [0,96 ; 1,97]	1,3 [1,08 ; 1,59]

Efficacité de recherche (p)

De manière générale, il semble que la capacité de détection des observateurs se soit légèrement améliorée entre 2023 et 2024. En effet, le taux moyen de détection au niveau du parc éolien est passé de 65 % [57 % ; 72 %] en 2023 à 69 % [63 % ; 74 %] en 2024. Cette amélioration pourrait être attribuée aux changements des pratiques agricoles sur le site ainsi qu'à une meilleure gestion et entretien des parcelles situées sous les éoliennes.

Tableau 32 : Résultats des estimations de la détections des cadavres pour chaque éolienne pour les 2 années de suivis.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Parc
Résultats 2023								
Détection moyenne & IC 95%	0,95 [0,72 ; 0,99]	0,37 [0,18 ; 0,6]	0,48 [0,29 ; 0,67]	0,63 [0,42 ; 0,79]	0,82 [0,49 ; 0,96]	0,56 [0,32 ; 0,78]	0,74 [0,56 ; 0,86]	0,65 [0,57 ; 0,72]
Résultats 2024								
Détection moyenne & IC 95%	0,84 [0,66 ; 0,93]	0,4 [0,26 ; 0,55]	0,68 [0,54 ; 0,79]	0,69 [0,53 ; 0,81]	0,74 [0,56 ; 0,87]	0,76 [0,64 ; 0,86]	0,73 [0,57 ; 0,85]	0,69 [0,63 ; 0,74]

Probabilités globales de détection (\hat{g})

A l'échelle du parc, la probabilité globale de détection est restée globalement la même entre les années de suivi 2023 et 2024. Elle passe de 0,09 en 2023, à 0,08 en 2024. On notera toutefois que la probabilité globale varie entre les éoliennes.

L'éolienne E6 est celle qui a connu la plus grande variation entre les années, passant d'une probabilité de détection de 19% en 2023 à 12% en 2024 (Tableau 33 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010)).

Globalement, la probabilité globale de détection (\hat{g}) est restée stable entre les années, que ce soit à l'échelle de l'éolienne ou en moyenne sur le parc. Cela s'explique par les conditions météorologiques de l'année 2024, en effet cette année les cultures sont restées sur pied plus longtemps que d'habitude impactant fortement les capacités de prospection lors des suivis.

Tableau 33 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Parc
Estimation de la probabilité globale de détection (selon Huso, 2010)								
2023	0,08	0,04	0,04	0,09	0,15	0,19	0,07	0,09
2024	0,06	0,04	0,04	0,09	0,11	0,12	0,09	0,08

2.2.3.2 Comparaison de la mortalité estimée pour les oiseaux

Il y a eu 13 cas de mortalité observés pour les oiseaux sur le site entre le **16 mai 2023 et le 24 octobre 2023**. La mortalité estimée la plus probable était de **178 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble du suivi et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 39 à 595 individus. L'E2 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 72 cadavres [19 ; 187]. C'est aussi la seconde éolienne où le plus de cadavres a été observé lors des suivis (3 individus) en **2023**.

Lors du suivi le plus récent mené entre le **15 mai et le 23 octobre 2024**, la mortalité estimée la plus probable est de **232 cadavres [134 ; 375]** à l'échelle du parc, ce qui représente **une estimation plus forte** que l'année 2023 (Tableau 34). Toutefois, on remarque **qu'en ne prenant pas en compte les espèces chassables** (à savoir Faisan de Colchide et Pigeon biset), la mortalité estimée la plus probable est de **148 cadavres [83 ; 286]** à l'échelle du parc, ce qui représente **une estimation plus faible** que l'année 2023. La mortalité brute est quasi-similaire à celle de l'année dernière, soit 12 cadavres observés à l'échelle du parc sur la période de suivi. L'éolienne la plus mortifère est l'éolienne E5 (5 oiseaux), tout comme le suivi de l'année 2023 (4 oiseaux).

Tableau 34 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Parc
Mortalité brute observée sur le parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024								
2023	1	3	1	1	4	1	2	13
2024	1	0	3	1	5	1	1	12
2024 sans espèces chassables	0	0	2	1	2	1	0	6
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024								
2023	13 [1 ; 55]	72 [19 ; 187]	25 [2 ; 129]	12 [1 ; 62]	27 [10 ; 61]	5 [1 ; 24]	24 [5 ; 77]	178 [39 ; 595]
2024	18 [1 ; 84]	0 [0 ; 71]	75 [20 ; 175]	12 [1 ; 52]	41 [14 ; 87]	8 [1 ; 39]	10 [1 ; 51]	232 [134 ; 375]
2024 sans espèces chassables	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 71]	47 [7 ; 138]	9 [2 ; 55]	19 [4 ; 58]	8 [1 ; 38]	0 [0 ; 32]	148 [83 ; 286]

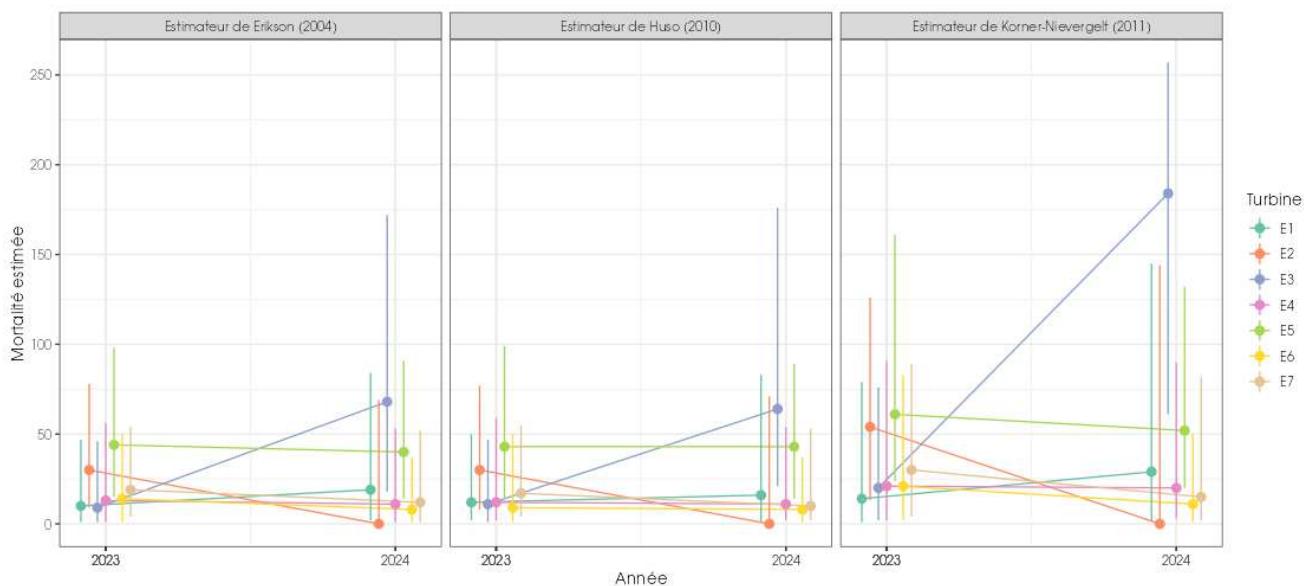


Figure 40 : Evolution de la mortalité estimée de l'avifaune selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.

2.2.3.3 Comparaison de la mortalité estimée pour les chiroptères

En 2023 il n'y a eu qu'un seul cas de mortalité observé pour les chiroptères sur le site entre le **16 mai 2023 et le 24 octobre 2023**. La mortalité estimée la plus probable était de **21 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble du suivi et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 2 à 344 individus. L'E2 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 21 cadavres [2 ; 117]. C'est aussi l'éolienne où le plus de cadavres a été observé lors des suivis (1 chiroptère).

Lors du suivi le plus récent mené entre le **15 mai et le 23 octobre 2024**, la mortalité estimée la plus probable est de **86 cadavres** [41 ; 215] à l'échelle du parc, ce qui représente **une estimation plus importante** à l'année 2023 (Tableau 35). La mortalité brute est similaire à 2023, avec un cadavre observé respectivement à l'échelle du parc sur les périodes de suivi. L'éolienne la plus mortifère est l'éolienne E3 (19 cadavres estimés et 1 cadavre 'brut'). A noter qu'en 2023, l'éolienne la plus mortifère était l'éolienne E2 (21 cadavres estimés et 1 cadavre 'brut').

Pour les mêmes raisons que pour l'avifaune, l'augmentation de la mortalité estimée des chiroptères, pour une même mortalité brute est causée par une plus faible estimation de la probabilité globale de détection sur le suivi de 2024.

Tableau 35 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Parc
Mortalité brute observée sur le parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024								
2023	0	1	0	0	0	0	0	1
2024	0	0	1	0	0	0	0	1
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024								
2023	0 [0 ; 35]	21 [2 ; 117]	0 [0 ; 82]	0 [0 ; 40]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 15]	0 [0 ; 36]	21 [2 ; 344]
2024	0 [0 ; 53]	0 [0 ; 73]	19 [2 ; 106]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 27]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 34]	86 [41 ; 215]

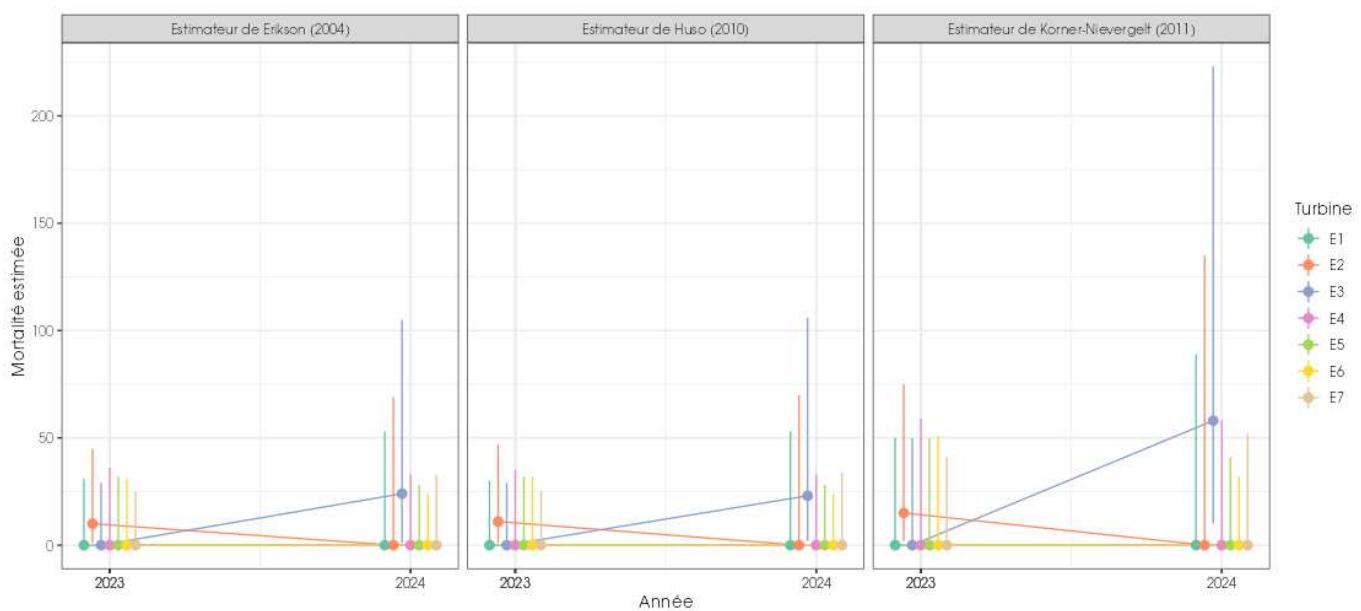


Figure 41 : Evolution de la mortalité estimée des chiroptères selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.

2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité

Le second suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Bois des Fontaines entre le 15 mai 2024 et le 23 octobre 2024 (7 machines) a conduit à l'observation de 13 cadavres, dont 12 oiseaux (8 espèces) et 1 chauve-souris.

En effet, les 8 espèces d'oiseaux à savoir le Bruant proyer (1 individu), le Chardonneret élégant (1 individu), l'Etourneau sansonnet (1 individu), le Faisan de Colchide (3 individus), le Faucon crécerelle (1 individu), le Goéland leucophée (1 individu), le Martinet noir (1 individu) et le Pigeon biset (3 individus), ainsi qu'une espèce de chiroptère : la Pipistrelle de Kuhl (1 individu), ont été retrouvées sous les éoliennes du parc suivi.

La majorité des individus d'oiseaux observés concernent le Faisan de Colchide (3 individus) ainsi que le Pigeon biset (3 individus). L'unique cadavre de chiroptère observé concerne une Pipistrelle de Kuhl. La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme.

Concernant la composante spatiale, les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 3 m (Faisan de Colchide) et 53 m du mât (Bruant proyer) pour les oiseaux, et 39 m pour les chiroptères.

Le parc étant suivi depuis 2023, nous avons basé nos calculs d'estimation de la persistance des cadavres sur l'ensemble des résultats des tests de persistance réalisés sur le site depuis 2023 (2 en 2023 et 2 en 2024), avec l'utilisation d'un total de 280 rats (140 en 2023 et 140 en 2024). Lors de ces tests, les vitesses moyennes de disparition des cadavres déposés ont été variables à l'échelle du parc avec une durée de persistance moyenne supérieure à 2 jours pour l'éolienne E6 ; comprises entre 1 et 2 jours pour les éoliennes E1, E4, E5 et E7 ; et inférieure à 1 jour pour les éoliennes E2 et E3. **La persistance moyenne à l'échelle du parc est estimée à 1,3 jours.**

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la période de suivi (161 jours) en utilisant les trois estimateurs recommandés dans le protocole national (dont celui d'Huso, 2010).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **86 à 224 cas de mortalité de chiroptères** sur la période de suivi. Néanmoins, au regard des grandes incertitudes dans l'estimation de la mortalité (liées à un fort taux de prédation et à un faible taux de surface prospectée), l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **38 à 80 cas de mortalité de chiroptères** sur la période de suivi en se basant sur la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95%.

Concernant l'avifaune, deux types d'estimations ont été réalisées, avec et sans les espèces chassables à savoir 3 individus de Faisan de Colchide et 3 individus de Pigeon biset.

Dans le premier cas de figure (totalité des espèces), l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **231 à 429 cas de mortalité d'oiseaux** sur la période de suivi.

Dans le second cas de figure (sans les espèces chassables), l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de **148 à 336 cas de mortalité d'oiseaux** sur la période de suivi.

Ces grandes incertitudes dans l'estimation proviennent de la difficulté à estimer précisément les différents coefficients correcteurs. Un des coefficients correcteurs le plus sensible, et par la même occasion le plus difficile à estimer est la durée de persistance. La valeur moyenne de ce coefficient est globalement très faible à l'échelle du parc, et amène, par association à un temps entre chaque jour de prospection important (7 jours), à une estimation incertaine de la mortalité, d'autant plus que le taux de surface prospecté n'est pas non plus parfait sur l'ensemble du suivi.

Pour les chiroptères ces chiffres sont « dans la moyenne » voir légèrement supérieur à ceux mentionnés par la bibliographie. En effet 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. Pour l'avifaune ces chiffres sont supérieurs à ceux de Gaultier, Marx & Roux (2019) qui 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, la moyenne des mortalités estimées sur l'ensemble des parcs suivi par Biotope est d'environ 6 oiseaux et 5 chiroptères par éolienne (pour un rayon de recherche de 50 m 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).

En comparaison pour les chiroptères, les résultats des estimations par éolienne sur le parc de Bois des Fontaines sont supérieurs pour une des sept éoliennes. En effet, l'éolienne E3 fait partie des 98% des éoliennes les plus mortifères selon notre référentiel.

Pour l'avifaune, les résultats des estimations pour les résultats des estimations par éolienne sur le parc de Bois des Fontaines sont supérieurs pour 5 des 7 éoliennes. En effet, les éoliennes E1, E3, E4, E6 et E7 font parties au minimum des 84% des éoliennes les plus mortifères selon notre référentiel.

Concernant les oiseaux retrouvés aux pieds des éoliennes en 2024 (12 individus), il s'agit majoritairement d'espèces non menacées et présentant des enjeux faibles (Bruitant proyer, Étourneau sansonnet, Faisan de Colchide, Faucon crécerelle, Martinet noir et Pigeon biset). Deux espèces ont cependant un statut « vulnérable » (Chardonneret élégant et Goéland leucophée). Dans cette situation, nous pouvons conclure malgré tout que l'impact du parc est significatif pour les oiseaux au regard des estimations de la mortalité, comprise entre 33 et 61,28 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi, en se basant sur les estimations prenant en compte la totalité des espèces. L'impact est également significatif pour les oiseaux sans la prise en compte des espèces chassables, avec des estimations de la mortalité comprise entre 21,14 et 48 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi. Les résultats de la mortalité brute restent « dans la moyenne » des chiffres que l'on peut retrouver dans la bibliographie. Toutefois, la probabilité globale de détection étant faible, il est probable que plusieurs cadavres ne soient pas retrouvés, emportés par les charognards.

Concernant les chiroptères, 1 cadavre de chauve-souris a été retrouvée correspondant à une estimation de mortalité selon les formules entre 86 et 224 individus sur l'ensemble du parc, soit entre 12,28 et 32 chauves-souris par éolienne sur la période de suivi. Néanmoins au regard des grandes incertitudes dans l'estimation de la mortalité liées à un fort taux de préation sur le parc, ainsi qu'à un faible taux de surface prospectée, l'estimation de la mortalité totale la plus probable en prenant les incertitudes « minimales » (IC 95%) est comprise entre 38 et 80 individus, soit entre 5,43 et 11,43 chauves-souris par éolienne sur la période de suivi. Ces estimations sont « dans la moyenne » de la gamme des données que l'on peut retrouver dans la bibliographie (environ 10 chauves-souris/éolienne/an). On notera par ailleurs qu'aucune espèce de chauves-souris considérée comme menacée en France ou en région Centre n'a été retrouvée en 2024. **Dans cette situation, nous pouvons conclure que l'impact du parc est non significatif pour les chiroptères.**

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 2024.

Tableau 36 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité

Spèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Oiseaux			
Bruant proyer	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Chardonneret élégant	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Etourneau sansonnet	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Faisan de Colchide	Non évalué	3 individus	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Faucon crécerelle	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Goéland leucophée	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Martinet noir	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Pigeon biset	Non évalué	3 individus	Aucune évaluation spécifique par période ou global
Chiroptères			
Pipistrelle de Kuhl	Non évalué	1 individu	Aucune évaluation spécifique par période ou global

De manière générale, l'étude d'impact de 2018 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux (majorité des observations en dessous du niveau des pales) que pour les chiroptères (composition / abondance des espèces et structure paysagère du site d'étude). Les suivis de mortalité réalisés en 2023 et 2024 ont au contraire pu mettre en avant la présence de nouvelles espèces non-présente lors des bilans ornithologique et chiroptérologiques (Martinet noir et Pipistrelle de Kuhl).

Pour les oiseaux : l'évaluation du niveau de collision n'a pas été évalué dans l'étude d'impact, l'enjeu écologique sur la zone d'étude avait été défini comme « enjeu globalement modéré à fort », il est donc difficile de réaliser une analyse comparative par rapport aux observations et estimations réalisées en 2024.

Pour les chiroptères : l'évaluation du niveau de collision a été évalué pour la Pipistrelle commune et la Noctule commune, seules espèces recensées au moment des suivis d'étude d'impact 2016-2018. Le niveau de sensibilité au projet apparaissait « faible » pour la Pipistrelle commune, en raison de la non-utilisation de la zone d'étude pour chasser, ce qui tend à se confirmer étant donné son absence lors des suivis de mortalités. Le niveau de sensibilité estimé était peu élevé pour les déplacements migratoires de la Noctule commune en raison du faible nombre d'individus contactés lors de ces migrations. Aucune évaluation n'a pu être donnée pour la Pipistrelle de Kuhl, l'espèce ne faisant pas l'objet de relevés durant la période de suivi.

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

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E3 entre le 16 mai 2024 et le 6 novembre 2024. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 174 nuits. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 1 chiroptère dont un seul au niveau de l'éolienne E3.

2.3.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

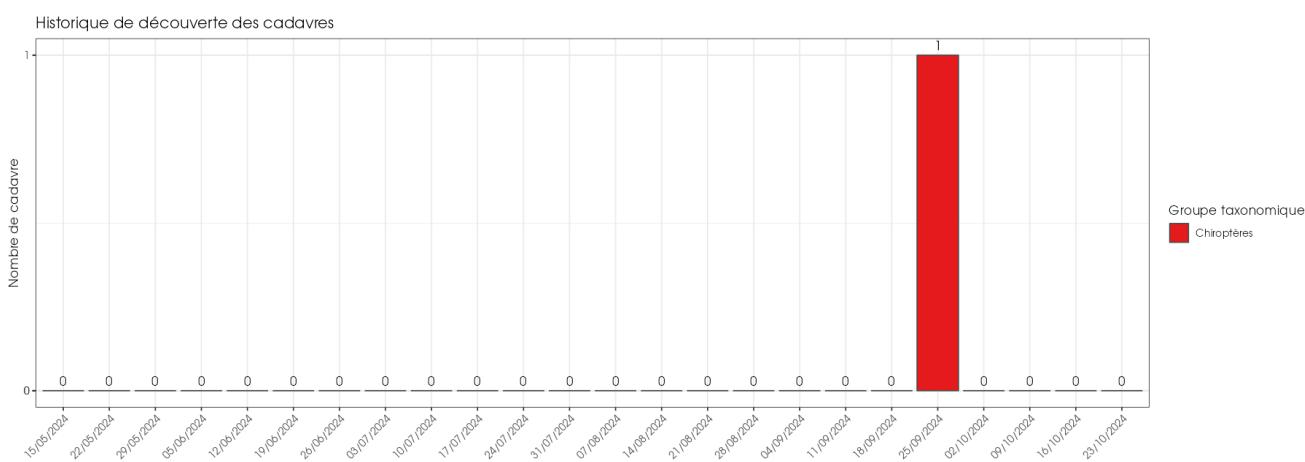


Figure 42 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Bois des Fontaines

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été faible (n=1). L'unique découverte s'est produite fin septembre.

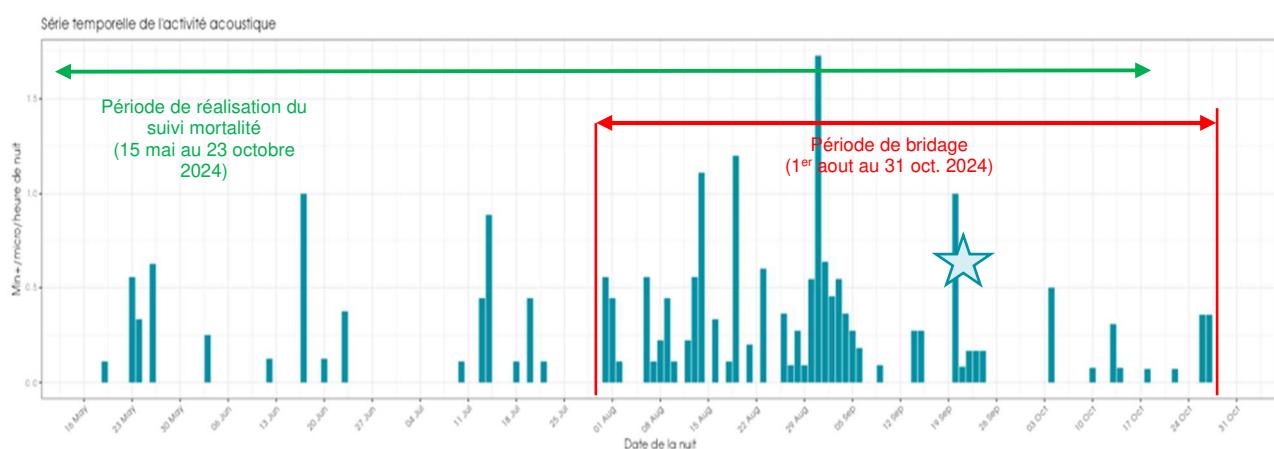


Figure 43 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E3 sur la période de réalisation du suivi mortalité

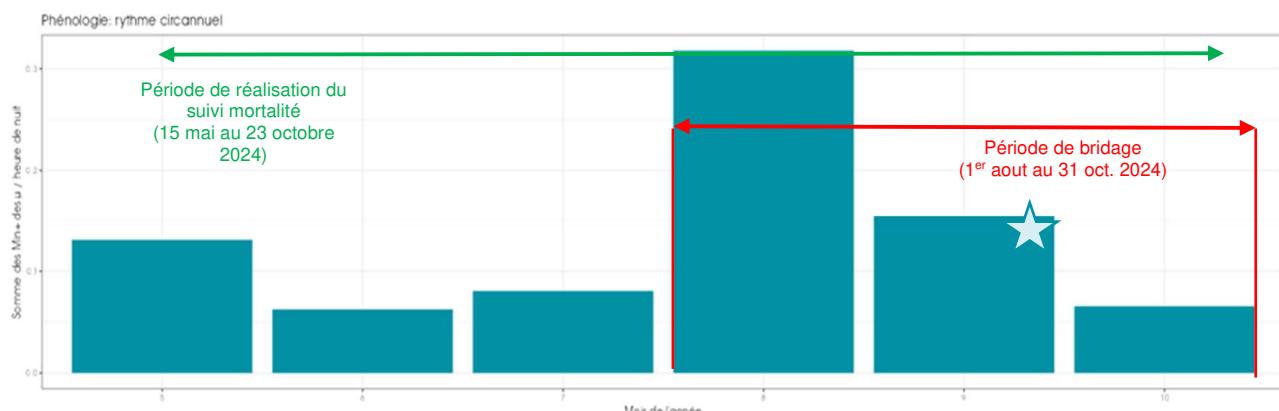


Figure 44 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.

On observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. Le mois de mai (période printanière) enregistre la troisième activité mensuelle la plus forte sur l'ensemble de la période. L'activité diminue ensuite lors des mois de juin et juillet (période estivale). Le mois d'août est celui enregistrant l'activité la plus forte. L'activité reste élevée en septembre puis diminue ensuite nettement en octobre. La période de bridage inclus les deux mois à plus forte activité, mais ignore l'activité estivale et printanière, qui ne sont pas nulles.

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique en altitude concordent relativement bien. Le seul cadavre observé appartient à une Pipistrelle de Kuhl fin septembre, et ce mois est le deuxième mois avec l'activité la plus forte.

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

Pour le suivi de mortalité, l'unique observation a concerné la Pipistrelle de Kuhl (n=1).

Tableau 37 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 90 m au niveau de l'éolienne E3.

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>	46	13,73%	33	13,41%
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	142	42,39%	94	38,21%
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	68	20,30%	55	22,36%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Natusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. natusii</i> .	25	7,46%	21	8,54%
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	3	0,90%	3	1,22%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées <i>Eptesicus serotinus</i> / <i>Nyctalus sp.</i>	51	15,22%	40	16,26%
Total	335		246	

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

- La **Noctule de Leisler** est l'espèce la plus représentée en altitude, avec 38,21% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude. Cette espèce est typiquement fortement représentée en altitude ;
- La **Pipistrelle commune** est la deuxième espèce la plus fréquente sur site avec 22,36% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- Le groupe **Sérotine commune / Noctules indéterminées** ce place en troisième position avec 16,26% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- La **Noctule commune** est bien représentée sur site avec 13,41% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- Le groupe **Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Natusius** représente en revanche, seulement 8,54% des « minutes positives » de chauves-souris enregistré en altitude.
- La **Sérotine commune** représente également une petite part des contacts en altitude avec 1,22 % des « minutes positives ».

La seule espèce contactée appartient au groupe le moins contacté (Pipistrelles de Kuhl/Nathusius), de plus, l'activité de ce groupe en période de migration automnale est plus généralement associée à l'activité migratoire de la Pipistrelle de Nathusius. La découverte de ce cadavre indique donc que malgré tout, la Pipistrelle de Kuhl est encore active à cette période, même si minoritaire.

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

Sur la période d'activité en 2024, l'activité des chauves-souris, toutes espèces confondues, est nettement plus importante en début de nuit. Le pic d'activité a lieu durant la première heure et diminue ensuite progressivement.

- **Groupe des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius**

Pour rappel, le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius représente 8,54 % du total des minutes positives obtenues. Son activité se maintient à un niveau jugé très forte sur l'ensemble des périodes phénologiques.

Après une activité notable en mai (période printanière), l'activité du groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius affiche un premier pic en début d'été, au cours du mois de juin. Le groupe est ensuite absent en juillet et peu contacté en août. L'activité mensuelle maximale est obtenue en septembre puis diminue à nouveau en octobre.

L'activité de l'espèce est maximale en septembre, ce qui correspond à la période à laquelle a été retrouvé l'unique cadavre : une Pipistrelle de Kuhl.



Figure 45 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles de Kuhl/Nathusius en 2024.

Tableau 38 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	25/09	Total général
Période	Migration automnale	
Bridage	Bridage actif	
Pipistrelle de Kuhl	1	1
Total général	1	1

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

La seule espèce retrouvée morte a été une Pipistrelle de Kuhl, ce qui correspond à la phénologie des contacts, l'activité du groupe d'espèces correspondant (Pipistrelles de Kuhl/Nathusius) étant maximale au moment de la découverte. On peut remarquer que l'activité connaît un pic le 20 septembre et une activité les 4 jours suivants, ce qui peut expliquer que de la mortalité ait eu lieu au même moment.

Le seul cadavre à avoir été retrouvé l'a été au niveau de l'éolienne E3, il est donc cohérent de comparer la mortalité retrouvée au niveau de cette éolienne avec l'activité qui y a été enregistrée.

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).

Il est à noter que les capteurs des paramètres météorologiques n'ont pas pu faire remonter des données pour l'ensemble des contacts de chauves-souris obtenus sur l'éolienne. Le volume de données utilisé pour l'analyse l'évaluation du bridage correspond au nombre total de minutes positives pour lesquelles les données météorologiques sont disponibles, soit N=245 minutes positives sur 174 nuits de suivi, entre le 16 mai 2024 au 6 novembre 2024, au lieu de 246 minutes

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

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

Le parc éolien de Bois des Fontaines 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 39 : Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bois des Fontaines

Période	Du 1er août au 31 octobre
Eoliennes concernées	Toutes les turbines
Vitesse de vent nacelle (m/s)	< 6 m/s
Température ambiante nacelle (°C)	10°C
Période de la nuit pour les éoliennes concernées	Du coucher au lever du soleil
Conditions de précipitations préconisées	Absence de précipitation

Les résultats de l'évaluation des paramètres de bridage actuellement mise œuvre sur les données d'activité enregistré au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines en 2023 et 2024 sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 40 : Comparaison d'efficacité du bridage mis en place à partir des données 2023 et 2024 en minute positive

	Évaluation à partir des données 2023 en minute positives	Évaluation à partir des données 2024 en minute positives	Évaluation à partir des données 2023 et 2024 en minute positives
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	84,5% toutes espèces confondues	68,6% toutes espèces confondues	76,3% toutes espèces confondues
Nombre de minute positive restant à risque	36 minutes sur 231 toutes espèces confondues	77 minutes sur 245 toutes espèces confondues	113 minutes sur 476 toutes espèces confondues
Proportion d'activité du groupe des Sérotines / Noctules (en %) couverte par	91,6%	72,4%	81,1%

le modèle sur la période concernée			
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe des Séroutines / noctules	12 minutes sur 142 minutes de présence des séroutines / noctules sp.	47 minutes sur 170 minutes de présence des noctules sp.	59 minutes sur 312 minutes de présence des séroutines / noctules sp.
Proportion d'activité des Noctules communes (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	94,1%	78,8 %	88,1%
Nombre de minute positive restant à risque pour les Noctules communes	3 minutes sur 51 minutes de présence des Noctules communes	7 minutes sur 33 minutes de présence des Noctules communes	10 minutes sur 84 minutes présence des Noctules communes
Proportion d'activité des pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	73,1%	60 %	71,3%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	24 minutes sur 89 minutes de présence des pipistrelles	30 minutes sur 75 minutes de présence des pipistrelles	47 minutes sur 164 minutes de présence des pipistrelles

Le bridage actuel montre un taux de couverture de l'activité toutes espèces confondues proche de 69 % sur l'année. Ce taux de couverture est plus bas que celui obtenu en 2023 avec une diminution de 15,9 points du pourcentage de minutes positives couvertes. Cette tendance est particulièrement marquée pour le groupe des Séroutines / Noctules avec une diminution de 22,6 points du pourcentage de minutes positives couvertes.

3 Mesures correctives et conclusion

3.1 Mesures correctives

3.1.1 Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Dans le cas du parc de Bois des Fontaines, un bridage des éoliennes a été mis en œuvre en 2023. Au regard des résultats bruts, il apparaît nécessaire de l'étendre. Ce bridage a été mis en place entre le 1^{er} août et le 31 octobre 2023, avec les paramètres suivants :

- Du 1^{er} août et le 31 octobre 2023 : Vent : $\leq 6\text{m/s}$; Température : $\geq 10^\circ\text{C}$; Du coucher au lever du soleil.

L'application de ces paramètres sur les résultats de 2024 font apparaître un pourcentage brut de protection insuffisant au regard des enjeux de la région Centre-Val de Loire. Cependant le nombre de minutes positives restant à risque peut être considéré satisfaisant. Par ailleurs, le pic d'activité observé en août est couvert par ce bridage. Au regard de ces éléments, le bridage actuel peut apparaître ainsi comme suffisant.

On note qu'un cadavre de Pipistrelle de Kuhl a été découvert en période de migration, au mois de septembre. La synthèse du suivi mortalité conclue cependant à un impact non significatif du parc sur les chiroptères.

L'analyse de la phénologie mensuelle des contacts montre également la présence d'une activité printanière et estivale plus marquée qu'en 2023. Il est possible de prévoir un bridage prenant en compte ces nouvelles périodes d'activités afin de pallier la variation annuelle d'activité des chiroptères. Au regard des résultats du bridage sur les enregistrements de 2024, ces nouveaux paramètres permettent également d'obtenir des pourcentages de protections plus satisfaisants.

Tableau 41 : Proposition de bridage spécifique des éoliennes pour le parc de Bois des Fontaines pour 2024 (selon les données de 2024).

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total		
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} juin au 30 juin	Du 1 ^{er} juillet au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 31 octobre	Du 1er juin au 31 octobre		
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 12°C			Par des températures supérieures ou égales à 12°C		
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales <u>à 5 m/s</u>	Par des vitesses de vents inférieures ou égales <u>à 6 m/s</u>		Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 5 m/s au cours du mois de juin et inférieures ou égales à 6 m/s du mois de juillet à octobre		
Nombre d'heures durant la nuit	Du coucher au lever du soleil			Du coucher au lever du soleil		
	Evaluation du scénario de bridage sur les données 2024 de l'éolienne E3 pour chacune des périodes			Evaluation sur l'ensemble du suivi en altitude (mars à novembre) et pour les deux éoliennes		
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	96%	88,9%	84,5%		

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total
Nombre de minute positive restant à risque	Aucune minute sur 15 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3	1 minute sur 25 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3	21 minutes sur 189 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3	38 minutes sur 245 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3
Proportion d'activité du groupe Sérotines / Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	93,8 %	87,23 %	81,76%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe Sérotines / Noctules	Aucune sur 1 minute de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.	1 sur 16 minutes de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.	18 sur 141 minutes de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.	31 minutes sur 170 minutes de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.
Proportion d'activité des Noctules communes (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	Espèce non contactée	100 %	81,3 %	81,8%
Nombre de minute positive restant à risque pour la Noctule commune	Espèce non contactée	Aucune sur 1 minute de présence des noctules communes au niveau de l'éolienne E3.	6 minutes sur 32 minutes de présence des Noctules communes au niveau de l'éolienne E3.	6 minutes sur 33 minutes de présence des Noctules communes au niveau de l'éolienne.
Proportion d'activité des Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100 %	100 %	93,75%	90,7%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	Aucune sur 10 minutes de présence des Pipistrelles au niveau de l'éolienne E3.	Aucune sur 9 minutes de présence des Pipistrelles au niveau de l'éolienne E3.	3 minutes sur 48 minutes de présence des Pipistrelles sur l'éoliennes E3	7 minutes sur 75 minutes de présence des Pipistrelles sur l'éolienne E3

Étendre le bridage à la période estivale, et pas uniquement à la période de migration automnale permet donc d'atteindre une couverture de 84,5% de l'activité des chiroptères, satisfaisante au vu de l'activité enregistrée au niveau de l'éolienne E3. Ceci permet un bridage plus adapté aux variations interannuelles de l'activité des chiroptères, là où un bridage focalisé sur la période automnale peut manquer des pics d'activité en été, comme ce qui s'est produit en 2024, année ayant globalement présenté une importante activité en altitude en région Centre. A noter également que l'absence de contacts lors de conditions inférieures à 12°C permet d'augmenter le seuil de bridage concernant la variable de température, passant ainsi de 10°C à 12°C. Le seuil de bridage pour la variable de vitesse de vent a pu être diminué à 5 m/s pour le mois de juin.

Afin de considérer au mieux l'impact de la variation interannuelle sur l'efficacité du bridage, les paramètres nouvellement proposés ont également été appliqués aux résultats cumulés des enregistrements des années 2023 et 2024. Dans ce cas, les pourcentages de couverture se basent donc sur un jeu de données plus conséquent et permettent ainsi d'obtenir des résultats plus robustes. On observe donc une couverture de 90,3% de l'activité des chiroptères (toutes espèces confondues) et de 89% des Noctules communes. Cela confirme que ce nouveau bridage couvre une proportion satisfaisante de l'activité des chauves-souris.

Tableau 42 : Proposition de bridage spécifique des éoliennes pour le parc d'Evits et Josaphats pour 2025 (selon les données de 2023 et 2024 cumulées).

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total (de mai à novembre)
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} juin au 30 juin	Du 1 ^{er} juillet au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 31 octobre	Du 1^{er} juin au 31 octobre
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 12°C			Par des températures supérieures ou égales à 12°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales <u>à 5 m/s</u>	Par des vitesses de vents inférieures ou égales <u>à 6 m/s</u>		

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total (de mai à novembre)
Nombre d'heures durant la nuit	Du coucher au lever du soleil			Du coucher au lever du soleil
	Evaluation du scénario de bridage sur les données 2024 de l'éolienne E6 pour chacune des périodes			Evaluation sur l'ensemble du suivi en altitude (mai à novembre) pour l'éolienne E6
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	96,9%	92,6%	90,3%
Nombre de minute positive restant à risque	Aucune sur 36 toutes espèces confondues	1 minute sur 32 toutes espèces confondues	29 minutes sur 392 toutes espèces confondues	46 minutes sur 476 toutes espèces confondues
Proportion d'activité des Sérotine/Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	95,2%	91%	87,8%
Nombre de minute positive restant à risque pour les Sérotine/Noctules	Aucune sur 1 minute de présence des Sérotine/Noctules.	1 minute sur 21 minutes de présence des Sérotine/Noctules.	25 minutes sur 278 minutes de présence des Sérotine/Noctules.	38 minutes sur 312 minutes de présence des Sérotine/Noctules.
Proportion d'activité des Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	N/A	100%	89,2%	89,3%
Nombre de minute positive restant à risque pour la Noctule commune	N/A	Aucune sur 1 minute de présence des Noctules communes.	9 minutes sur 83 minutes de présence des Noctules communes.	9 minutes sur 84 minutes de présence des Noctules communes.
Proportion d'activité de pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	100%	95,5%	95,1%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	Aucune minute sur 35 minutes de présences des Pipistrelles	Aucune sur 11 minutes de présence des Pipistrelles	4 minutes sur 114 minutes de présence des Pipistrelles	8 minutes sur 164 minutes de présence des Pipistrelles

3.1.2 Suivi post-implantation

Le suivi mortalité conclue à un impact non significatif pour les chauves-souris. En revanche, cet impact reste significatif pour les oiseaux. Bien qu'une forte mortalité sur les oiseaux soit observée chaque année de suivi, aucune mesure spécifique/dispositif n'existe actuellement pour limiter l'impact des éoliennes sur les oiseaux de petites tailles (Bruant proyer, Faucon crécerelle, Martinet noir...), espèces principalement impactées sur ce parc hors espèces chassables. L'analyse des écoutes en altitude met en évidence que le bridage actuel du parc n'est pas satisfaisant. Il est donc nécessaire de modifier certains paramètres de ce dernier. Si la mise en place effective des nouveaux paramètres de bridage définis dans ce rapport, à savoir à partir du 1^{er} juin 2025, il ne nous apparaît pas nécessaire de réitérer un nouveau suivi sur 2025 aux regard des éléments suivants : faible activité chiroptérologique enregistrée sur le parc en 2024, faible mortalité brute imputable aux éoliennes (1 cadavre), absence de la mortalité d'espèces patrimoniales, impact non significatif pour les chauves-souris en 2024 suite au suivi mortalité réalisé.

Toutefois, afin d'avoir une meilleure connaissance du réel impact du parc sur les populations locales d'oiseaux, une étude sur la dynamique des populations des espèces impactées des milieux ouverts via l'outil EOLPOP est à envisager. L'utilisation de cet outil se faisant espèce par espèce, le temps d'analyse et de la mise en forme des données sont très chronophages. Dans le but de comprendre la tendance démographique des espèces les plus impactées par le parc depuis 2023, nous proposons d'étudier en 2025, une espèce : le Bruant proyer. Ce point pourra être réabordé avec les services instructeurs pour avoir leur ressenti sur cette proposition.

En revanche, un nouveau suivi ICPE est à envisager en 2026 afin d'évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place en 2025.

3.1.3 Outil EOLPOP

L'objectif de l'application EolPop est de quantifier l'impact démographique, cumulé au cours du temps, des mortalités aviaires causées par les collisions avec les éoliennes.

L'outil EolPop simule des trajectoires de population à un horizon temporel (HT) donné (typiquement HT = 30 jours) pour (i) un scénario référence « sans collision » et (ii) un ou plusieurs scénarios « avec collisions ». L'impact démographique est ensuite estimé à partir de la différence relative (%) de taille de population entre le(s) scénario(s) « avec collisions » et le scénario de référence. Les détails concernant le modèle démographique utilisé par EolPop sont consignés dans un document technique. Le déroulement typique (workflow) d'une session d'analyse avec EolPop est le suivant :



Figure 46 : Illustration schématique du workflow typique d'une session d'analyse dans EolPop © Mape.

3.1.4 Poursuivre l'entretien rigoureux des plateformes

Il est important que les plateformes des éoliennes ne soient pas attrayantes pour le petit gibier de plaine, afin d'éviter d'attirer les prédateurs que sont les oiseaux de type « rapaces », espèces sensibles aux risques de collision. Afin d'éviter une telle attractivité, une fauche régulière devra être maintenue chaque année durant la totalité de fonctionnement du parc éolien de Bois des Fontaines (un passage au printemps, un à deux passages en été et un passage à l'automne ; ce planning type est bien entendu à adapter en fonction des conditions météorologiques du moment).

3.1.5 Cut-in-speed

Le parc fait l'objet d'un bridage de type « cut-in-speed » de jour sur l'ensemble de ses éoliennes du 1^{er} juin au 15 septembre : mise en drapeau des pales des éoliennes aux vitesses de vents inférieures au démarrage de la production d'électricité par éolienne. La vitesse « cut-in-speed » est de 4m/s pour ces éoliennes actuellement en 2024. Il conviendra de maintenir ce type de bridage avec les paramètres actuels pour l'année 2025.

3.1.6 Installation de nichoirs

En complément, et de façon volontaire, il a été proposé à la société BORALEX d'installer : 4 nichoirs à Faucon crécerelle, 8 nichoirs à Martinet noir et 2 gîtes pour les chauves-souris. Ces gîtes seront installés au niveau de bâtiments ou d'arbres dans des villages et des parcelles à l'extérieur du parc éolien (pour ne pas induire d'impact direct).

Nichoir à Faucon crécerelle :

Nichoir en bois pour Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*)



Nichoir en bois pour

Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*)



Espèce visée : Faucon crécerelle

Fabriqué en France en région PACA
Bois Douglas issu de forêts gérées
Conçu et distribué par Nat'H.



Spécifications du nichoir :

- Poids : 10 kg
- Dimensions de l'entrée : 500 x 160 mm
- Hauteur : 400 mm
- Largeur : 560 mm
- Profondeur : 430 mm

Conseils de montage :

Le nichoir doit se fixer en hauteur à plus de 5 mètres du sol. Il peut être fixé en haut d'un poteau, sur un mur, dans les arbres ou en dessous ou sur une toiture. En extérieur, l'entrée du nichoir doit être positionnée dans le sens inverse du vent dominant (dos au vent). Il est très conseillé d'étaler à l'intérieur du nichoir du substrat minéral (billes d'argile, graviers, ...). Aucun produit ne doit être appliqué sur ou dans le nichoir.

Nichoir en bois pour Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*)



Nichoir en bois pour

Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*)

Toiture : en pente avec finition ardoise et avec débord



Bois utilisé :
Pin Douglas - Réputé pour sa durabilité naturelle - épaisseur 18 mm



Nichoïr à Martinet noir :**Nichoïr en bois 1 loge pour Martinet noir (*Apus apus*)**Version 1 loge
(cf version 3 loges)

Espèce visée : Martinet noir

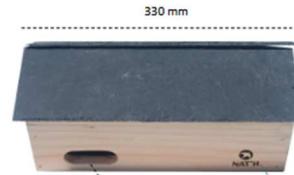
Fabriqué en France en région PACA
Bois Douglas issu de forêts gérées
Conçu et distribué par Nat'H.

Spécifications du nichoir :

- Poids : 3,5 kg
- Dimensions de l'entrée (x1) : 70 x 30 mm
- Hauteur : 175 mm
- Largeur : 330 mm
- Profondeur : 235 mm

Conseils de montage :

Le nichoir doit se fixer en hauteur à plus de 5 mètres du sol.
Il doit être fixé en haut d'un mur et si possible en dessous d'une toiture pour le protéger de la pluie et d'un long ensoleillement (surchauffe). L'éloigner au maximum des accès aux prédateurs (loin des escaliers, des balcons, ...). L'entrée du nichoir doit être positionnée dans le sens inverse du vent dominant (dos au vent).
Aucun produit chimique ne doit être appliqué sur ou dans le nichoir. Aucun entretien n'est à prévoir.

Nichoïr en bois 1 loge pour Martinet noir (*Apus apus*)

Entrée (70 x 30 mm)



Toiture : plate et en pente avec finition ardoise et avec débord

Bois utilisé :
Pin Douglas - Réputé pour sa durabilité naturelle - épaisseur 18 mmOuverture :
Par le haut - Toit amovibleGîte pour les chauves-souris :**Gîte mural avec fond en bois à chauves-souris**Espèces visées : chauves-souris fissuricoles
pipistrelles et petit myotis principalement

Fabriqué en France dans
les Bouches-du-Rhône par Nat'H

Spécifications du nichoir :

- Poids : 2,2 kg
- Dimensions de l'entrée : 310 x 18 mm
- Hauteur : 390 mm
- Largeur : 365 mm
- Epaisseur : 50 mm

Conseils de montage :

Le gîte doit se fixer en hauteur à plus de 3 mètres du sol. Il faut l'éloigner au maximum des accès aux prédateurs comme des chats (loin des balcons, escaliers, ...). Le gîte doit être fixé d'aplomb verticalement sur un mur (entrée vers le bas) et si possible en dessous d'une avancée de toiture à l'abri de la pluie et du soleil.
Il est préférable de positionner le gîte sur une face de bâtiment qui se trouve à l'abri des vents dominants.
Aucun produit ne doit être appliqué sur ou dans le nichoir.

Option d'installation :

Biotope réalisé à la demande la pose des nichoirs.



Biotope - © Biotope

Gîte mural avec fond en bois à chauves-souris

Entrée



Entrée (fente de 18 mm de haut)

Bois utilisé :
Pin Douglas - Réputé pour sa durabilité naturelle - épaisseur 18 mm



Bois intérieur strié pour faciliter l'accroche des chauves-souris



Hauteur 50 mm



L'intégralité de ces gîtes sera suivie 2 fois dans l'année, pour évaluer les niveaux d'occupation.

3.2 Conclusions

Le suivi mortalité réalisé en 2024 a mis en évidence 13 cadavres dont 12 oiseaux (8 espèces) et 1 chauve-souris (1 espèce) lors des 24 semaines de suivi mortalité qui s'étendait du 15 mai au 23 octobre 2024.

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi de fortes évolutions de l'occupation du sol et de la hauteur de végétation ce qui a été une forte contrainte dans la recherche de cadavres (hauteurs de végétation des cultures notamment : céréales, colza...). De plus, la persistance est très faible à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistances variant de 0,6 jours (E3) à 2,4 jours (E6). A ces coefficients correcteurs s'ajoute également le coefficient d'efficacité de recherche. Ainsi, les probabilités globales de détection calculées sont faibles voir très faibles et les estimations de mortalité (notamment les intervalles de confiances) qui intègrent ces facteurs sont plus importantes pour les oiseaux et les chauves-souris.

Concernant les oiseaux :

Concernant les oiseaux retrouvés au pieds des éoliennes en 2024 (12 individus), il s'agit d'une part d'espèces locales (Bruant proyer, Faisan de Colchide, Pigeon biset...) ou bien migratrices/migratrices partielles ou en dispersion suite à la période de reproduction (Faucon crécerelle, Chardonneret élégant, Martinet noir...) dont les dates de découvertes coïncident avec le passage de ces espèces sur la région. Sur les 12 oiseaux retrouvés aux pieds des éoliennes en 2024, 6 correspondent à des espèces chassables comme le Faisan de Colchide (3 individus) et le Pigeon biset (3 individus). On notera que cinq espèces d'oiseaux menacés ont été retrouvées lors du suivi de 2024 : 1 individu de Bruant proyer (quasi-menacé sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de Centre-Val de Loire), 1 individu de Chardonneret élégant (vulnérable sur la liste rouge française des oiseaux nicheurs), 1 individu de Faucon crécerelle (quasi-menacé sur la liste rouge française), 1 individu de Goéland leucophée (vulnérable sur la liste rouge des oiseaux nicheurs de Centre-Val de Loire), et 1 individu de Martinet noir (quasi-menacé sur les listes rouges européenne et française des oiseaux nicheurs). Au regard de ces observations mais également de l'estimation de la mortalité pour les oiseaux, l'impact du parc est significatif pour les oiseaux. En effet, l'estimation de la mortalité pour ce groupe est comprise entre 33 et 61,28 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi, et entre 21,14 et 48 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi sans la prise en compte des oiseaux chassables. Les résultats de la mortalité brute restent « dans la moyenne » des chiffres que l'on peut trouver dans la bibliographie, soit à partir de notre référentiel brute Biotope ; ce sont en fait les estimations des temps de persistance ainsi que la non-prospection de certaines surfaces au cours du suivi qui engendre une forte augmentation de l'estimation de la mortalité.

Au regard des comparaisons interannuelles, les données brutes sont globalement semblables entre 2023 et 2024. Concernant les estimations de mortalité selon Huso, celles de 2024 (totalité des oiseaux : 232 cadavres [134 ; 375]) sont plus fortes que celles de 2023 (178 cadavres [39 ; 595]). Toutefois, on remarque qu'en ne prenant pas en compte les espèces chassables (oiseaux sans chassables : 148 cadavres [83 ; 286]), les estimations de mortalité de 2024 sont plus faibles que celles de 2023.

Des mesures de préconisations telles que la pose de nichoirs est en cours. Nous recommandons également un suivi de la densité des passereaux (Bruant proyer) à l'aide de l'outil EOLPOP. L'extension du bridage sur la période de juin à octobre, autre être favorable aux chiroptères, peut possiblement avoir un impact positif sur la mortalité brute des oiseaux.

Concernant les chauves-souris :

Concernant les chauves-souris, un bridage du parc est mis en place sur la période du 1^{er} août au 31 octobre pour l'ensemble des 7 éoliennes que compose le parc de Bois des Fontaines. Au regard des résultats du suivi 2024 où 1 chauve-souris a été retrouvée fin septembre 2024 (Pipistrelle de Kuhl), nous avons une estimation de la mortalité selon les formules entre 12,28 et 32 chauves-souris/éolienne sur l'ensemble de la période de suivi. Néanmoins en se référant aux incertitudes minimales des estimations de mortalité pour les chauves-souris, l'estimation de la mortalité selon les formules varie entre 19 et 65 individus, soit entre **5,43 et 11,43 chauves-souris par éolienne sur la période de suivi**. Ces estimations sont « dans la moyenne » de la gamme des données que l'on peut retrouver dans la bibliographie (environ 10 chauves-souris/éolienne/an) ou des référentiels estimés (4,5 chiroptères/éoliennes/suivi pour le référentiel Biotope contre 3,53 chiroptères/éolienne/suivi pour le référentiel Ouest'Am). On notera cependant qu'aucune espèce de chauves-souris considérée comme menacée en France ou en région Centre-Val de Loire n'a été retrouvée en 2024. Dans cette situation, nous pouvons conclure que l'impact du parc est non significatif pour les chiroptères au regard des estimations de mortalité. Encore une fois, ce sont en fait les résultats de la préddation ainsi que la non-prospection de certaines surfaces au cours du suivi qui engendre une forte augmentation de l'estimation de la mortalité.

Au regard des comparaisons interannuelles, les données brutes sont identiques entre 2023 et 2024. Concernant les estimations de mortalité selon Huso, celles de 2024 (86 cadavres [41 ; 215]) sont plus fortes que celles de 2023 (21 cadavres [2 ; 344]) à l'échelle du parc.

À niveau de la phénologie, les écoutes en altitude réalisées en 2024 montrent une faible activité globale de l'activité chiroptérologique en altitude, ainsi que l'absence de chauves-souris en altitude entre la fin du mois de juin et la mi-juillet (période estivale), ainsi qu'au début du mois de novembre. Les écoutes en altitudes sur l'année 2024 ont permis de déterminer que le bridage actuellement en place couvrait 68,6% de l'activité enregistrée durant la période concernée (soit 78,8% des Noctules communes et 60% des Pipistrelles).

En 2024, le bridage en place n'est donc pas suffisamment adapté aux conditions et à l'activité des chiroptères enregistrées au niveau de l'éolienne E3. Au regard des résultats des suivis réalisés en 2024, une extension de la période de bridage paraît nécessaire notamment dans le but de réduire l'impact sur l'activité générale des chauves-souris. À la suite de l'analyse acoustique en nacelle, un scénario de bridage, en ce sens, est proposé pour limiter l'impact des éoliennes sur les chauves-souris. Il permet de couvrir 84,5% de l'activité chiroptérologique dont 81,8% de Noctules communes.

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} juin au 30 juin	Du 1 ^{er} juillet au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 31 octobre	Du 1er juin au 31 octobre
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 12°C			Par des températures supérieures ou égales à 12°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales <u>à 5 m/s</u>	Par des vitesses de vents inférieures ou égales <u>à 6 m/s</u>		
Nombre d'heures durant la nuit	Du coucher au lever du soleil			Du coucher au lever du soleil
	Evaluation du scénario de bridage sur les données 2024 de l'éolienne E3 pour chacune des périodes			Evaluation sur l'ensemble du suivi en altitude (mars à novembre) et pour les deux éoliennes
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	96%	88,9%	84,5%
Nombre de minute positive restant à risque	Aucune minute sur 15 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3	1 minute sur 25 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3	21 minutes sur 189 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3	38 minutes sur 245 toutes espèces confondues et pour l'éolienne E3
Proportion d'activité du groupe Sérotines / Noctules (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100%	93,8 %	87,23 %	81,76%
Nombre de minute positive restant à risque pour le groupe Sérotines / Noctules	Aucune sur 1 minute de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.	1 sur 16 minutes de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.	18 sur 141 minutes de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.	31 minutes sur 170 minutes de présence des Sérotines / Noctules au niveau de l'éolienne E3.
Proportion d'activité des Noctules communes (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	Espèce non contactée	100 %	81,3 %	81,8%
Nombre de minute positive restant à risque pour la Noctule commune	Espèce non contactée	Aucune sur 1 minute de présence des noctules communes au niveau de l'éolienne E3.	6 minutes sur 32 minutes de présence des Noctules communes au niveau de l'éolienne E3.	6 minutes sur 33 minutes de présence des Noctules communes au niveau de l'éolienne.
Proportion d'activité des Pipistrelles (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100 %	100 %	93,75%	90,7%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	Aucune sur 10 minutes de présence des Pipistrelles au	Aucune sur 9 minutes de présence des Pipistrelles au niveau de l'éolienne E3.	3 minutes sur 48 minutes de présence des Pipistrelles sur l'éoliennes E3	7 minutes sur 75 minutes de présence des Pipistrelles sur l'éolienne E3

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total
	niveau de l'éolienne E3.			

Le suivi conduit en 2024 a ainsi permis d'observer que le bridage proposé en 2023 n'était pas à l'épreuve des variations interannuelles de l'activité des chiroptères. Ce suivi a donc permis de proposer un nouveau bridage qui devrait s'avérer plus robuste, ce qui devra être surveillé via la reconduction d'un suivi des chiroptères en altitude.

Au regard des résultats obtenus lors du suivi ICPE en 2024, un impact significatif a été identifié pour les oiseaux. Bien qu'une forte mortalité sur les oiseaux soit observée chaque année de suivi, aucune mesure spécifique/dispositif n'existe actuellement pour limiter l'impact des éoliennes sur les oiseaux de petite taille. Afin d'avoir une meilleure connaissance du réel impact du parc sur les populations locales d'oiseaux, une étude sur la dynamique des populations des espèces impactées via l'outil EOLPOP est à envisager toutefois en 2025. Un nouveau suivi ICPE sera à envisager en 2026 afin d'évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place en 2025.

Concernant les chiroptères, l'impact du parc est en revanche non significatif en 2024. Néanmoins, l'analyse des écoutes en altitude met en évidence que le bridage actuel du parc n'est pas satisfaisant et ne prend pas en compte certaines variation interannuelles. Il est donc nécessaire de modifier certains paramètres de ce dernier. Si la mise en place effective des nouveaux paramètres de bridage définis dans ce rapport à savoir à partir du 1^{er} juin 2025, il ne nous apparaît pas nécessaire de réitérer un nouveau suivi sur 2025 au regard des éléments suivants : faible activité chiroptérologique enregistrée sur le parc en 2024, faible mortalité brute imputable aux éoliennes (1 cadavre), absence de la mortalité d'espèces patrimoniales, impact non significatif pour les chauves-souris en 2024 suite au suivi mortalité réalisé.

4 Bibliographie

- 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.
- 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.
- ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS J. & HORN J., 2005. – Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.
- ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. – Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.
- ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2021 - Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Biotope, Mèze (Collection Parthénope) ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 544 p.
- BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. – Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – *Journal of Mammalogy* 90(6), p. 1341-1349.
- 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.
- 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.
- 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.
- BIOTPE, 2023, Parc éolien de Bois des Fontaines, commune de Louville-la-Chenard (28), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. BORALEX. 68 p
- 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.
- BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- 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>.
- 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.
- 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.
- 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.
- DÜRR, T. (2023). Fledermausverluste an Windenergianlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.
- ERICKSON, W.P.; JOHNSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.
- GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf

- 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.
- GROUPE CHIROPTÈRES DE LA SFEPM, 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016 des 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 dénombremens 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 dénombremens de Chiroptères avec les méthodes acoustique en France. *Symbiose* (34-35): 1-9.
- HAQUART, A., BAS, Y., TRANCHARD, J. & LAGRANGE, H., 2012. Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mats de mesure : évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. Présentation. In Rencontres nationales "chauves-souris" 2012.
- HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.
- HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.
- HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. 2005. Bat migrations in Europe: A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* No. 28: 1-172.
- KORNER-NIEVERGELT F., BEHR O., BRINKMANN R., ETTERSON MA., HUSO MM., DALTHORP D., KORNER-NIEVERGELT P., ROTH T. and NIERMANN I. (2015). "Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial." *Wildlife Biology*, pp. 30-43.
- KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIERMANN, 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, THRISHER R, HOUCK D, WIMSATT J, STARW B, 2020 - An investigation into the potential for wind turbines to cause barotraumain 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.
- MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.
- MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFEK B., REIJNDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRALÍK V. & ZIMA J., 1999 - The atlas of European mammals, Societas Europaea Mammalogica, Poyser National History, 484 p.
- 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.
- 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.
- UNION INTERNATIONALE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE FRANCE, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE 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

- 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/#>
- SOCIÉTÉ FRANÇAISE POUR L'ÉTUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfpm.org>.
- ECOLOGIE ACOUSTIQUE DES CHIROPTERES - <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
15/05/2024	E5	<i>Columba livia Gmelin, 1789</i>	Pigeon biset	Plumée	Adulte	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	40 m
22/05/2024	E3	<i>Emberiza calandra Linnaeus, 1758</i>	Bruant proyer	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	52 m
05/06/2024	E3	<i>Phasianus colchicus Linnaeus, 1758</i>	Faisan de Colchide	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	10 m
24/07/2024	E5	<i>Apus apus (Linnaeus, 1758)</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	48 m
24/07/2024	E5	<i>Carduelis carduelis (Linnaeus, 1758)</i>	Chardonneret élégant	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	7 m
04/09/2024	E1	<i>Phasianus colchicus Linnaeus, 1758</i>	Faisan de Colchide	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec mât	1 m
04/09/2024	E3	<i>Sturnus vulgaris Linnaeus, 1758</i>	Étourneau sansonnet	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	50 m
18/09/2024	E4	<i>Larus michahellis Naumann, 1840</i>	Goéland leucophée	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	33 m
18/09/2024	E6	<i>Falco tinnunculus Linnaeus, 1758</i>	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Femelle	Collision avec pale	33 m
25/09/2024	E3	<i>Pipistrellus kuhlii (Natterer in Kuhl, 1817)</i>	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	37 m
25/09/2024	E5	<i>Columba livia Gmelin, 1789</i>	Pigeon biset	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec mât	2 m
25/09/2024	E7	<i>Phasianus colchicus Linnaeus, 1758</i>	Faisan de Colchide	Plumée	Adulte	Mâle	Prédation ou charognage cadavre post-collision	1 m

02/10/2024	E5	<i>Columba livia Gmelin, 1789</i>	Pigeon biset	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	9 m
------------	----	-----------------------------------	--------------	--------	-------------	-------------	--	-----

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

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

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

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

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

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

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

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

Figure 47 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

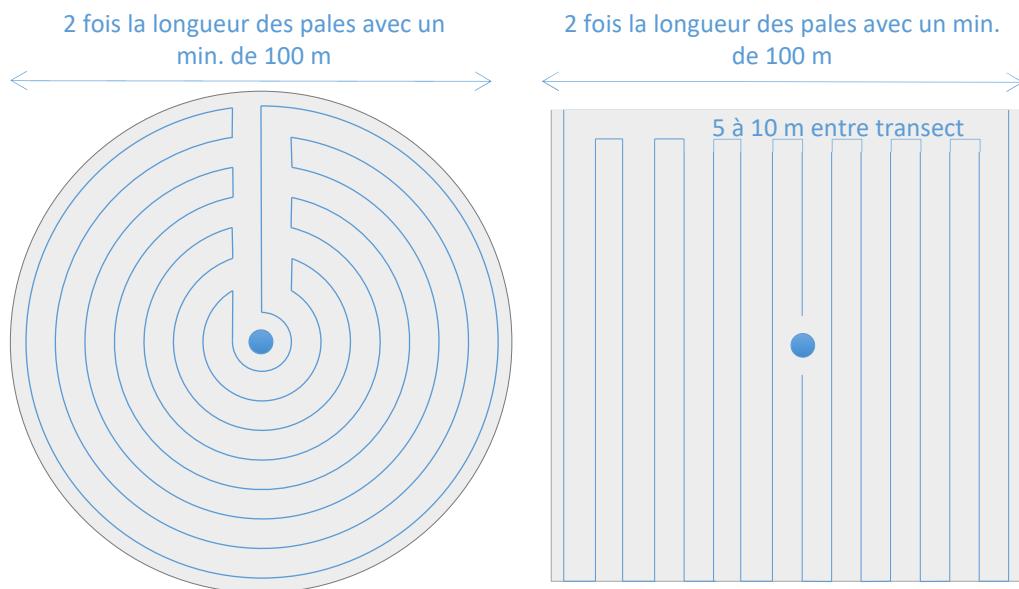


Figure 48 : Schéma de la surface-échantillon à prospector (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

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 éoliennes (**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 à 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 prédatation (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 prédatation 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

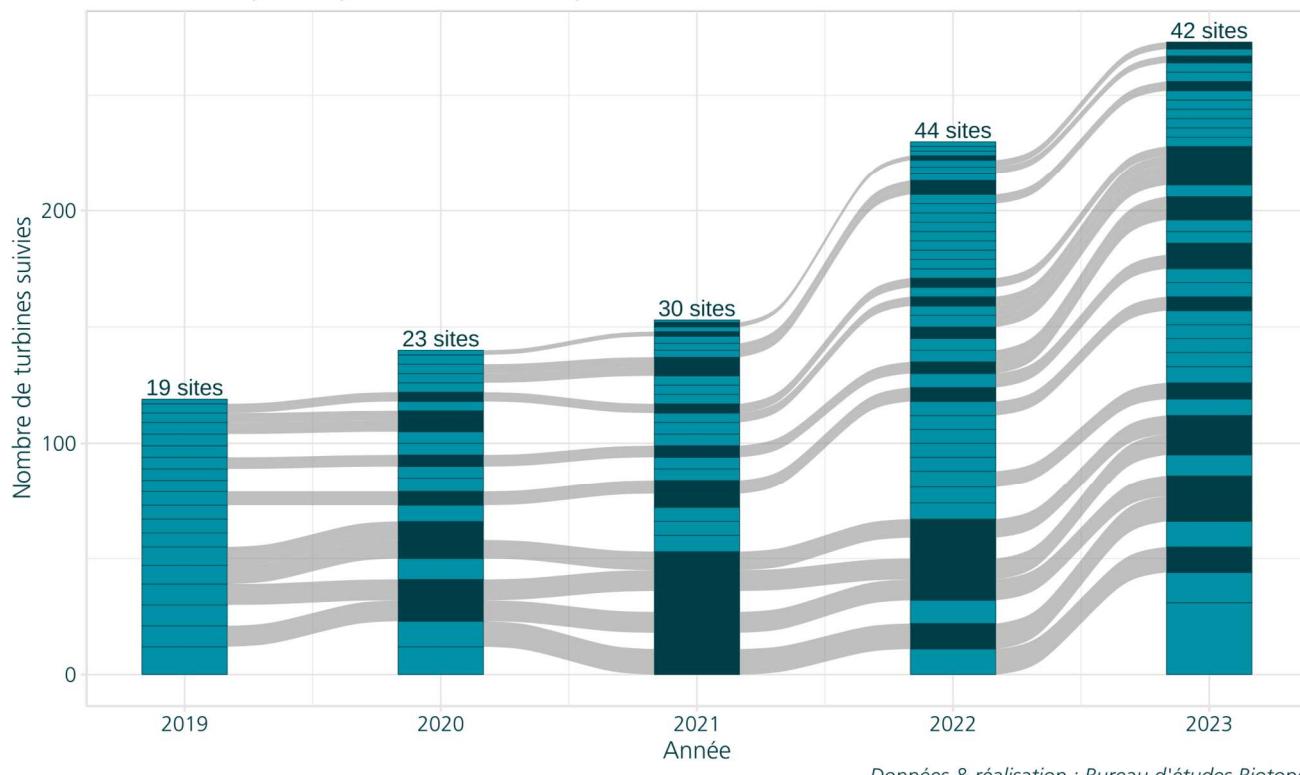


Figure 49 : Répartition des données du référentiel selon les années

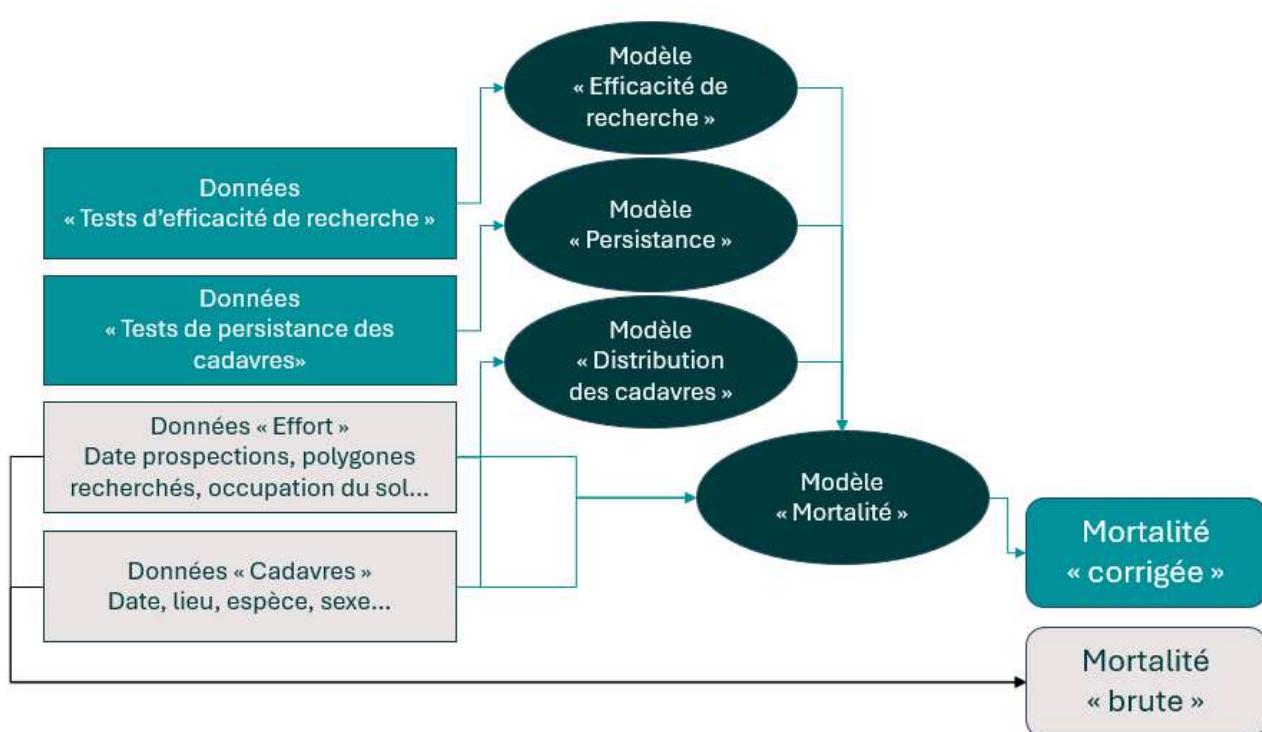


Figure 50 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée

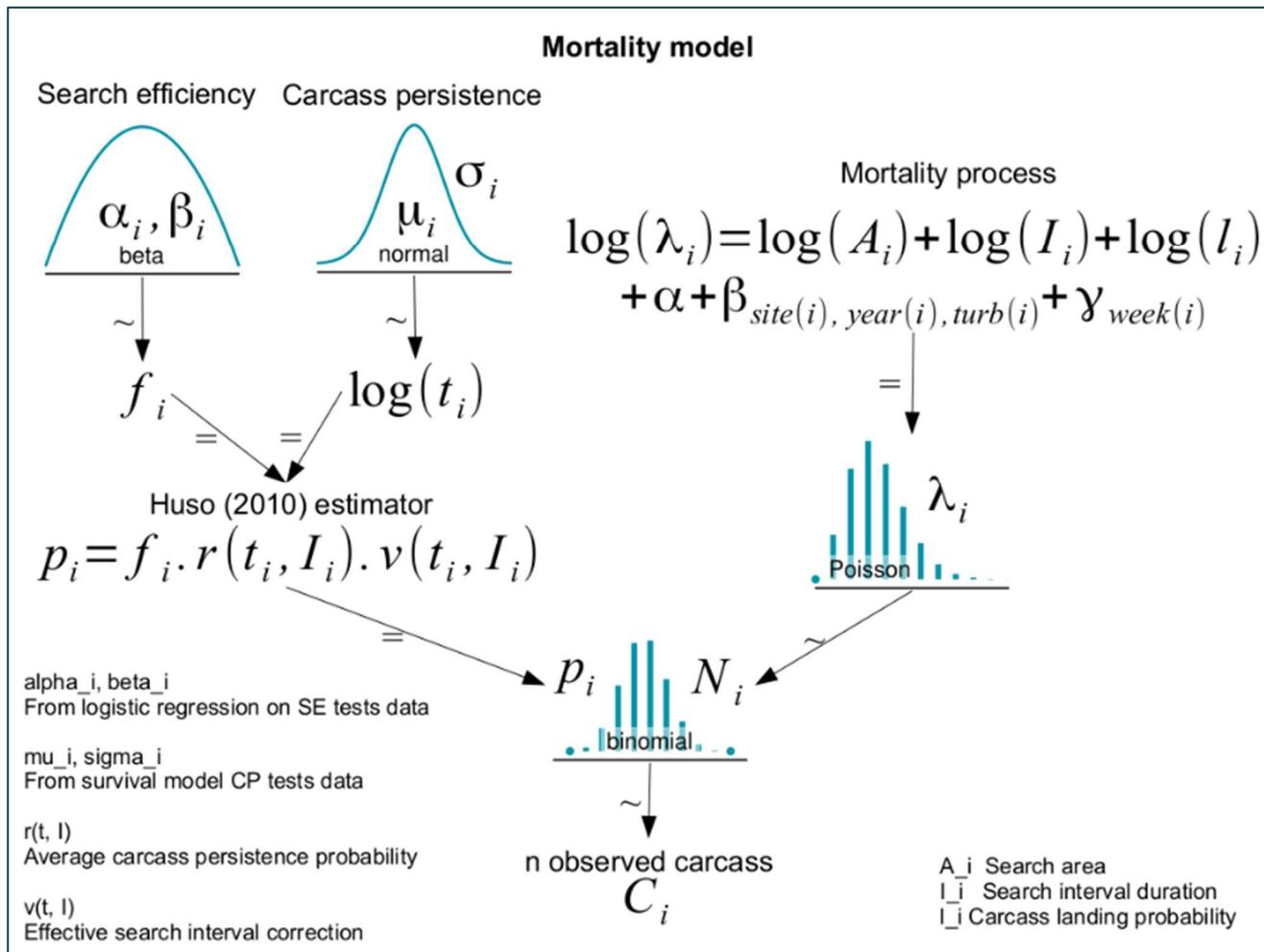


Figure 51 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée**Les biais d'interprétation concernant l'utilisation du référentiel mortalité corrigé****1. Modélisation différente des coefficients correcteurs par rapport à celles faites classiquement**

- *Persistiance* : ajout d'effets aléatoires sites, turbines, années ; cadre bayésiens 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 bayésiens
- *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 persistiance, 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, cartes 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	24
Tableau 6 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 4 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 Bois des Fontaines en 2024.	28
Tableau 9 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 90 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	30
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	36
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 (90 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 2023 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 Bois des Fontaines	49
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 2023 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.	51
Tableau 21 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Bois des Fontaines	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 (24 passages).	53
Tableau 23 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	57
Tableau 24 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les quatre tests de persistance pour chacune des sept éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	58

Tableau 25 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédis (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	58
Tableau 26 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	59
Tableau 27 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bois des Fontaines sur la période du suivi	60
Tableau 28 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bois des Fontaines sur la période du suivi	62
Tableau 29 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope	63
Tableau 30 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2023 et 2024 pour le parc de Bois des Fontaines	64
Tableau 31 : Comparaison des estimations de la persistance moyennes par année sur le parc de Bois des Fontaines	65
Tableau 32 : Résultats des estimations de la détections des cadavres pour chaque éolienne pour les 2 années de suivis.	65
Tableau 33 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).	66
Tableau 34 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024	66
Tableau 35 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc de Bois des Fontaines entre 2023 et 2024	67
Tableau 36 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	71
Tableau 37 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 90 m au niveau de l'éolienne E3.	73
Tableau 38 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	74
Tableau 39 : Paramètre de bridage conventionnel pour le parc éolien de Bois des Fontaines	75
Tableau 40 : Comparaison d'efficacité du bridage mis en place à partir des données 2023 et 2024 en minute positive	75
Tableau 41 : Proposition de bridage spécifique des éoliennes pour le parc de Bois des Fontaines pour 2024 (selon les données de 2024).	77
Tableau 42 : Proposition de bridage spécifique des éoliennes pour le parc d'Evits et Josaphats pour 2025 (selon les données de 2023 et 2024 cumulées).	78

Index des figures

Figure 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bois des Fontaines (de gauche à droite, E1, E2, E3 et E4, E5, E6 et E7)	8
Figure 2 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.	14
Figure 3 : Cumul des nouvelles espèces en fonction de l'effort d'échantillonnage du suivi en hauteur sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines	15
Figure 4 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope	16
Figure 5 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude	18
Figure 6 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude	23
Figure 7. Schéma temporel de la vitesse du vent à 90 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines, entre mai 2024 et novembre 2024	23
Figure 8. Schéma temporel de la température à 90 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E3 du parc du Bois des Fontaines, entre mai 2024 et novembre 2024	24
Figure 9 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	26
Figure 10 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (90 m) au niveau de l'éolienne E3 de mai à novembre 2024.	32

Figure 11 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (90 m) au niveau de l'éolienne E3 de mai à novembre 2024.	33
Figure 12 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines en 2024.	33
Figure 13 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour le groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines en 2024.	34
Figure 14 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour le Sérotinge commune / Noctule commune / Noctule de Leisler, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines en 2024.	34
Figure 15 : Nombre de contacts par tranche horaire, après le coucher du soleil, en altitude (90 m), toutes espèces confondues, de mai à novembre 2024	35
Figure 16 : Nombre de contacts par tranche horaire en fonction de la période de l'année, après le coucher du soleil, en altitude (90 m) et toutes espèces confondues.	36
Figure 17 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, en altitude (90 m)	36
Figure 18 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines en 2023.	38
Figure 19 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines en 2024.	38
Figure 20 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.	39
Figure 21 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.	39
Figure 22 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.	40
Figure 23 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.	41
Figure 24 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (90 m) au niveau de l'éolienne E3 du parc de Bois des Fontaines.	41
Figure 25 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (90 m)	42
Figure 26 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 90 m. Les conditions en bleu sont celles sélectionnées par les chauves-souris	43
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	43
Figure 28 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bois des Fontaines	45
Figure 29 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bois des Fontaines	46
Figure 30 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	46
Figure 31 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bois des Fontaines. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	47
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.	47
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
<i>Figure 34 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi</i>	54
Figure 35 : Occupation du sol pour les éoliennes E1, E2, E3, E4, E5, E6 et E7 (de gauche à droite et de haut en bas) le 22 mai 2024 (deuxième passage en haut) et le 23 octobre 2024 (passage 24)	55
Figure 36 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, en bas synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	56

Figure 37 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédatation	57
Figure 38 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Bois des Fontaines au cours du suivi de 2024 sur 161 jours	63
Figure 39 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc de Bois des Fontaines sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.	64
Figure 40 : Evolution de la mortalité estimée de l'avifaune selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.	67
Figure 41 : Evolution de la mortalité estimée des chiroptères selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les deux années de suivis.	68
Figure 42 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Bois des Fontaines	72
Figure 43 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E3 sur la période de réalisation du suivi mortalité	72
Figure 44 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E3 de Bois des Fontaines sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.	73
Figure 45 : Eolienne E3 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Pipistrelles de Kuhl/Nathusius en 2024.	74
Figure 46 : Illustration schématique du workflow typique d'une session d'analyse dans EolPop © Mape.	80
Figure 47 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	92
Figure 48 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	92
Figure 49 : Répartition des données du référentiel selon les années	95
Figure 50 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée	96
Figure 51 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée	97

Index des cartes

Carte 1 : Localisation des éoliennes du parc éolien de Bois des Fontaines	13
---	----



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

