



RWE

Parc éolien des Pierrots

Communes Saint-Georges-sur-
Arnon et Migny, Centre Val de
Loire (36)

24 mars 2025

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



Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2025 – Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien des Pierrots - Communes Saint-Georges-sur-Arnon et Migny, Centre Val de Loire (36) - RWE - 175 p.		
Nom de fichier	RWE_Pierrots_MortaGlobal_CroiseAcoustiq_2024_V4.docx		
N° de contrat	2024082		
Date de démarrage de la mission	23/01/2024		
Maître d'ouvrage	RWE Renouvelables France SAS Unit Renewables Europe & Australia Département Développement Onshore (EEF-OE) 50 rue Madame de Sanzillon 92110 Clichy - France R.C.S. Nanterre 884 706 672		
Interlocuteur	Paul HAENEL <i>Chargé d'études environnement</i>	Contact :	paul.haenel@rwe.com
Biotope, Responsable du projet	Julien TRANCHARD (JTR) <i>Chargé d'études</i>	Contact :	jtranchard@biotope.fr
Biotope, Contrôleur qualité	Nicolas CARENTON (NCA) <i>Chef de projet Biostatistiques</i>	Contact :	ncarenton@biotope.fr
Version 1	Rédacteur : JTR – 15/01/2025	Contrôle qualité : NCA	Description des modifications apportées au document : • Création du document.
Version 2	Rédacteur : JTR – 18/02/2025	Contrôle qualité : NCA	Description des modifications apportées au document : • Correction orthographique.
Version 3	Rédacteur : JTR – 08/04/2025	Contrôle qualité : NCA	Description des modifications apportées au document : • Intégration des remarques de RWE
Version 4	Rédacteur : JTR – 02/06/2025	Contrôle qualité : NCA	Description des modifications apportées au document : • Intégration des remarques de RWE

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 des Pierrots (Indre) a été mis en service le 26 août 2021.

La société « Parc éolien Les Pierrots SAS » a missionnée Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2022, 2023 et 2024 ainsi que pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018) pris en application de l'article 12 de l'Arrêté du 26 août 2011 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, à l'étude d'impact environnemental, et à l'arrêté d'autorisation du projet.

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 des Pierrots.

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

Ce protocole mis en œuvre et le rapport qui en découle tiennent compte des modalités (période et nombre de passages par semaine) à suivre et qui sont précisées dans l'arrêté préfectoral d'exploitation du parc éolien des Pierrots.



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	7
1.1.3	Rappel des suivis ICPE antérieurs	10
1.2	Méthodologie appliquée	11
1.2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	11
1.2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	11
1.2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité et des suivis de l'activité de l'avifaune et des chiroptères	27
1.2.4	Équipe de travail	31
2	Synthèse et analyse des résultats	33
2.1	Résultat du suivi de l'activité des chiroptères en hauteur	33
2.1.1	Espèces contactées	33
2.1.2	Abondance relative	34
2.1.3	Évaluation de l'activité en hauteur	37
2.1.4	Analyse détaillée de l'activité des chiroptères en hauteur	41
2.1.5	Comparaison avec les suivis de l'activité des chiroptères antérieures	62
2.1.6	Analyse de l'activité des chiroptères en hauteur en fonction des paramètres météorologiques	64
2.1.7	Synthèse de l'activité des chiroptères en hauteur	81
2.2	Résultats du suivi de mortalité	83
2.2.1	Résultats bruts	83
2.2.2	Analyse des résultats	92
2.2.3	Comparaison avec les suivis de mortalité antérieurs	117
2.2.4	Synthèse du suivi de mortalité	123
2.3	Facteurs d'impact et mesures mises en place	125
2.3.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	125
2.3.2	Analyse croisée entre les suivis mortalités de 2022, 2023 et 2024	126
2.3.3	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	128
2.3.4	Évaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement	136
2.3.5	Évaluation de l'efficacité du bridage « cut-in-speed »	138
2.4	Mesures correctives	139
2.4.1	Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique	139
2.4.2	Mise en place d'un bridage « cut-in-speed »	140
2.4.3	Entretien rigoureux des plateformes	140
2.4.4	Suivi des populations de Faucon crécerelle	140
2.4.5	Étude d'un suivi agricole automatisé	141
2.4.6	Poursuivre le suivi post implantation	141
2.5	Conclusions	142
3	Bibliographie	144
4	Annexes	147
	Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.	147
	Annexe II : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts sur le parc des Pierrots en 2024	149

Annexe III : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	150
Annexe IV : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	151
Annexe V : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	152
Annexe VI : Utilisation de la mortalité par GenEst	153
VI.1 Utilisation du DWP : « Density Weighted Proportion »	153
VI.2 Efficacité de recherche (f)	153
VI.3 Persistance des cadavres (s)	154
VI.4 Estimation de la mortalité	154
VI.5 Paramètres utilisés lors des analyses de données dans le logiciel GenEst	154
Annexe VII : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%	155
Annexe VIII : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope	156
Annexe IX : Répartition des contacts en fonction de la vitesse du vent pour les années 2022 et 2023.	159
Annexe X : Répartition des contacts en fonction de la température pour les années 2022 et 2023.	163
5 Index des tableaux, cartes et figures	167

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

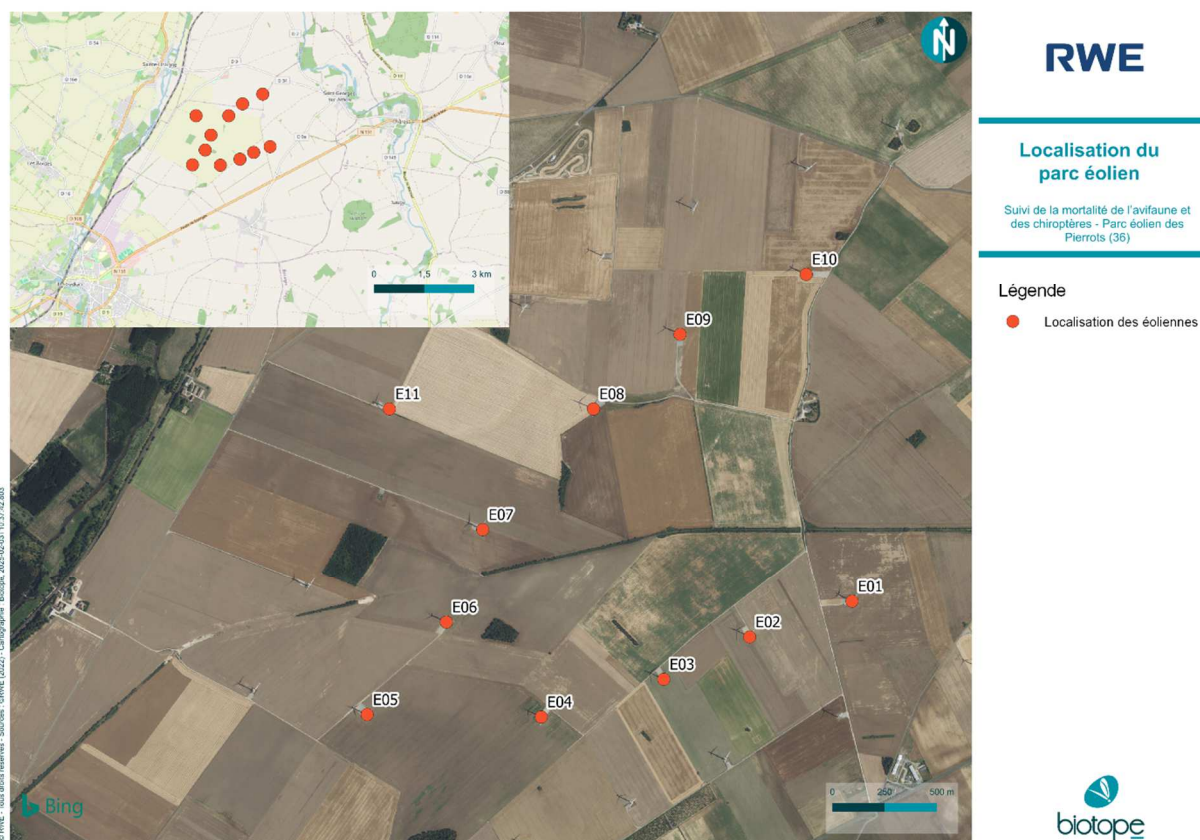
1.1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1.1 Présentation du parc

Le parc éolien des Pierrots se situe dans le département de l'Indre (36), en région Centre Val-de-Loire. Il est localisé à environ 31 km à l'ouest de Bourges et 121 km au sud d'Orléans.

Le parc, mis en service le 26 août 2021, comprend 11 éoliennes modèle N117TS98/2400 de 2,4 MW de puissance unitaire. Ces éoliennes ont une hauteur de nacelle de 98 m et disposent d'un rotor de 117 m de diamètre.

Le parc éolien des Pierrots se situe au sein d'une plaine agricole céréalière.



Carte 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien des Pierrots

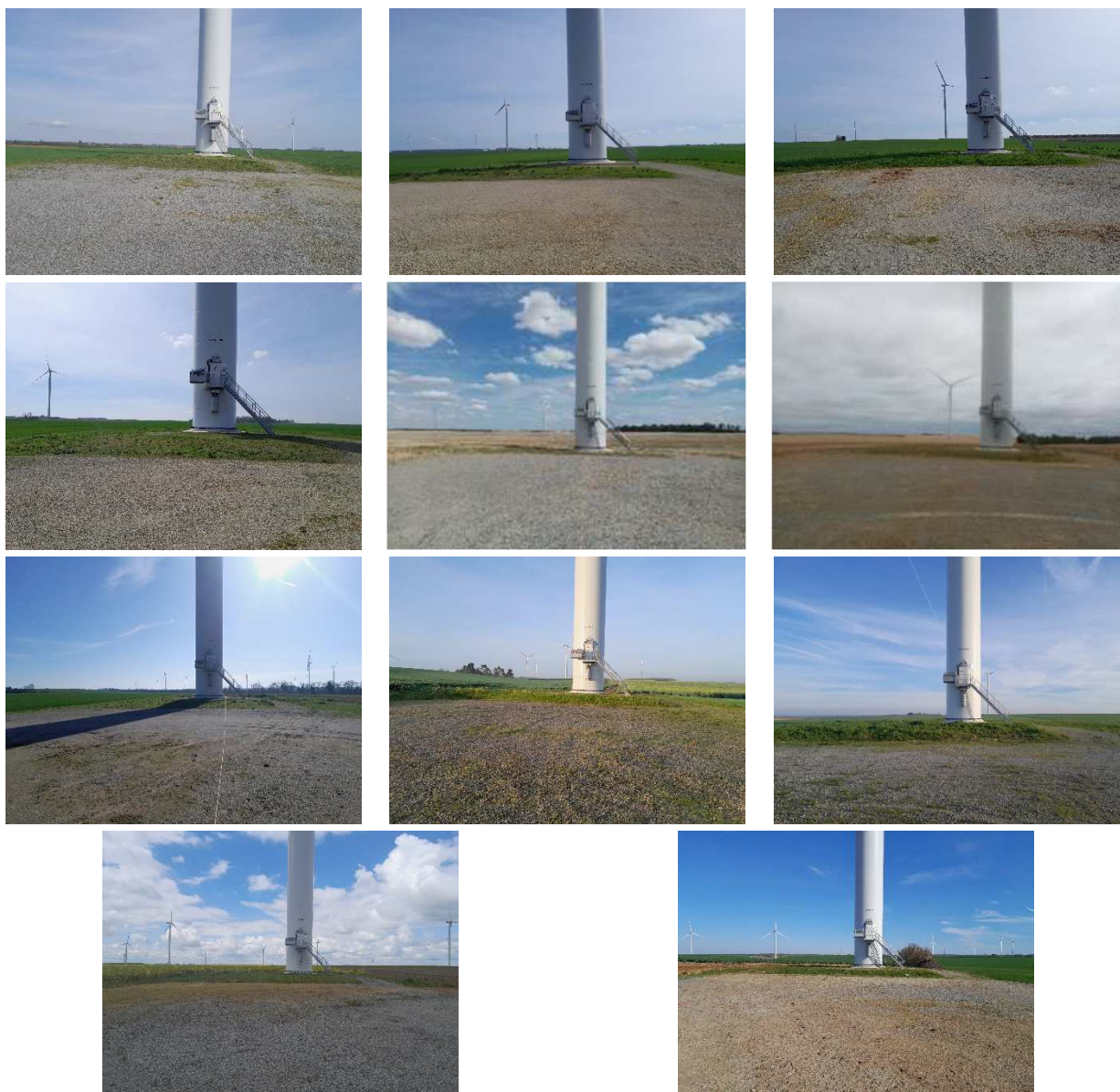


Figure 1 : Eoliennes 1 à 11 du parc des Pierrots (de gauche à droite et de haut en bas) - ©. BIOTOPE

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 2014 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantation réalisés en 2024. L'étude d'impact a été conjointement réalisés par Nordex France et Tractebel Engineering. Pour l'étude de la faune et de la flore, ils se sont appuyés sur les expertises de deux consultants externes Jean-Louis Pratz et Philippe Lustrat.

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

Pour la partie « oiseaux », le bureau d'étude s'est dans un premier temps basé sur les études d'impact des parcs éoliens déjà implanté à proximité. Il s'agit des parcs éoliens Les Barbes d'Or, Les Vignes, Les Tilleuls et Les Joyeuses, dont les études d'impact ont été menées par Indre Nature. Afin de compléter ces données, deux méthodes d'inventaire ont été conduites parallèlement :

- Prospection linéaire en suivant les accès possibles à l'aire d'étude immédiate ;

- Prospection par points fixes sur une période continue de 4h environ.

Pour les chauves-souris, l'étude a consisté d'une part à faire le bilan des connaissances en matière de données concernant les chauves-souris autour du projet et d'autre part, à procéder à des investigations ultrasonores à l'occasion de sept sorties nocturnes entre début mai et fin octobre 2009. Des recherches de gîtes, des observations en altitude et des enregistrements au niveau des nacelles des éoliennes déjà en place à proximité ont également été effectués.

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

Les visites spécifiques lors de l'étude d'impact et la base de données ont permis de dresser une liste de 89 espèces d'oiseaux sur le site du projet éolien des Pierrots. Certaines de ces espèces sont nicheuses, d'autres ont été observées ponctuellement, en migration ou de passage, ou utilisant le site en période de dispersion postnuptiale ou pour l'alimentation.

Parmi les espèces observées sur le site des Pierrots, 35 espèces l'ont été en période de reproduction. Ces espèces sont, pour la plupart, principalement caractéristiques d'un milieu agricole de type plaine céréalière et, pour les autres des espèces liées aux milieux boisés et des haies présentes sur et autour du parc.

Parmi les espèces inventoriées, certaines méritent une attention particulière et une analyse plus fine de leur présence sur le site. Il s'agit d'espèces dites patrimoniales d'intérêt régional, national ou européen inscrites à l'annexe 1 de la Directive oiseaux ou ayant un statut défavorable dans des listes rouges, régionale ou nationale. On notera le Busard Saint-Martin (nidification, hivernage), le Busard cendré (nidification, migration), le Busard des roseaux (migration), l'Œdicnème criard (nidification), la Cigogne noire (migration), la Cigogne blanche (migration) et la Grue cendrée (migration).

« La période de reproduction n'a pas apporté d'observation d'espèces particulièrement sensibles et les effectifs de chacune d'elles sont nettement inférieurs à la moyenne généralement observée dans ce type d'environnement. C'est notamment le cas pour les busards. Il est cependant bon de relativiser cette appréciation, compte tenu du caractère très particulier des conditions météorologiques du printemps 2013 ».

Sur les Pierrots, il est mentionné que « bien que nous ayons eu un déficit de données sur ces espèces, les principaux enjeux pour l'avifaune restent constitués par la migration des Grues cendrées et éventuellement des Vanneaux huppés et Pluviers dorés lorsque les conditions météorologiques les contraignent à des vols à faible altitude (50-200 mètres), en particulier par vent de face, ainsi que lors de posées et d'envols ».

Les principaux impacts du projet sur l'avifaune identifiés par l'étude d'impact sont la perte d'habitats par destruction du milieu, la diminution des effectifs d'oiseaux nicheurs et des bandes en stationnement migratoire ou en hivernage, la désertion de la zone par effet épouvantail des éoliennes, la modification des axes migratoires (effet barrière), le déplacement vers des zones à risques (routes circulantes, lignes haute tension...) et les collisions directes avec les éoliennes.

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

Aucune information bibliographique ne s'est avérée disponible de façon précise pour le site d'étude, ni auprès du Muséum National d'Histoire Naturelle (INPN), ni dans les documents cités dont les informations se sont avérées peu précises. A noter toutefois la présence d'un site de reproduction majeur de Grands Murins à 3 km à l'ouest du site.

La recherche de gîtes a permis de déterminer que les sites pouvant abriter des chiroptères sont tous situés en dehors de la zone d'implantation, hormis le pont de l'ancienne voie ferrée.

Les différentes méthodes d'écoutes ont permis de contacter 10 espèces de chauves-souris : la Pipistrelle commune, la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Sérotine commune, le Grand Murin, le Murin à moustache, le Murin de Daubenton, le Murin de Brandt, le Murin de Bechstein et la Barbastelle d'Europe, ainsi que deux groupes d'espèces non identifiées : le complexe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius et les Oreillard sp.

Lors de cette étude, des points d'écoute au sol et en altitude ont été effectués. Les points d'écoute ont été réalisés au sol, lors de circuits en véhicule, circuits à pied ou points d'écoute, et lors de séances d'enregistrements en altitude avec ballon captif ou depuis des nacelles des éoliennes déjà en place.

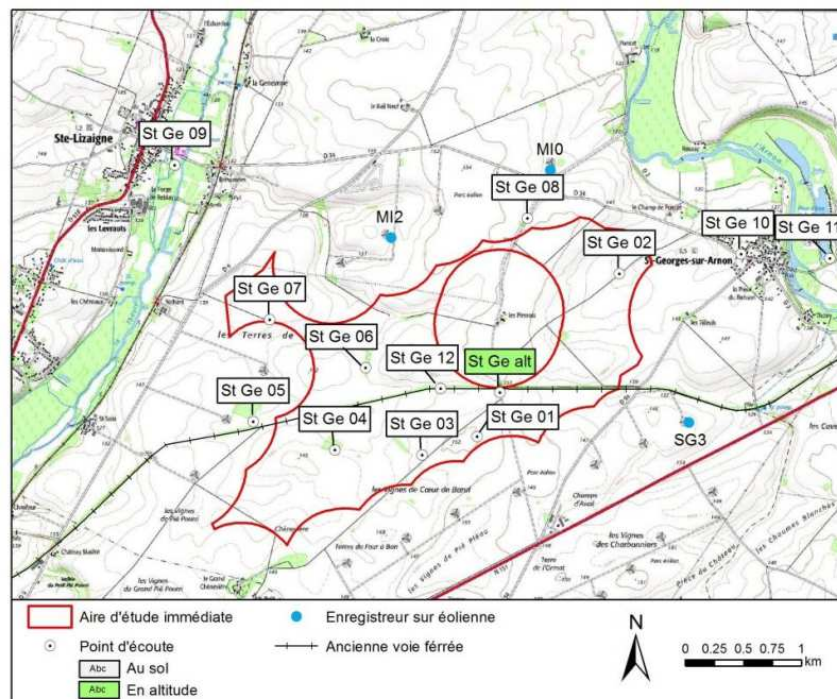


Figure 2 : Localisation des points d'écoute « Chiroptères » réalisés dans le cadre de l'étude d'impact.

La zone d'implantation est peu favorable aux chiroptères (sauf migrateurs) et n'est utilisée qu'au niveau de l'ancienne voie ferrée qui traverse le site pour l'alimentation. Les espèces les plus sensibles aux éoliennes sont la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Sérotine commune, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et les Oreillards sp.

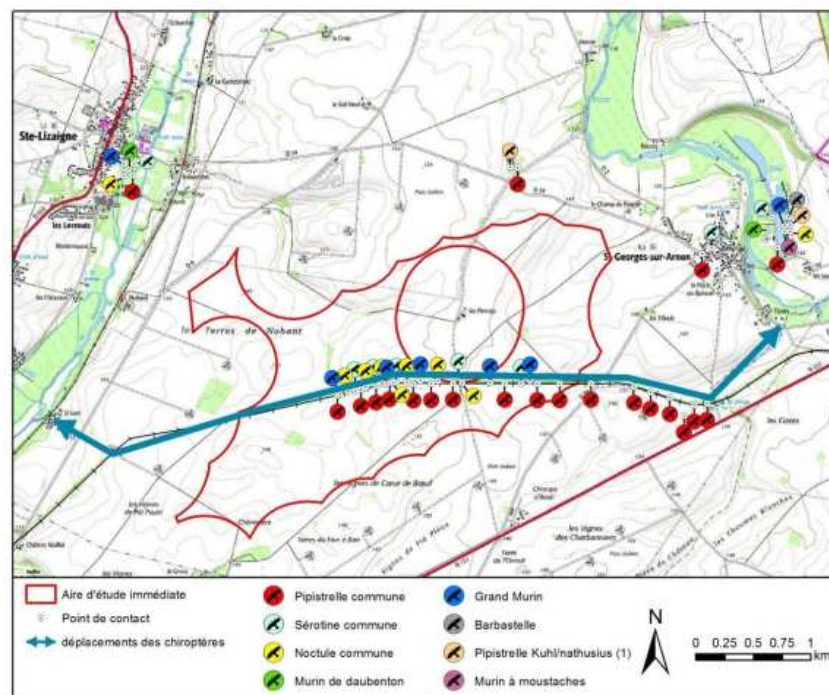


Figure 3 : Carte des déplacements des Chiroptères définie dans l'étude d'impact.

En altitude, on constate une activité significative à hauteur des pales pour les éoliennes suivies dans le cadre de l'étude d'impact (parc éolien de Barbe d'Or et parc éolien de Tilleuls). Elle a lieu essentiellement entre juillet et septembre et également début octobre. Aucun déplacement de type migratoire n'a été noté, quelle que soit la saison, mais il est probable que le phénomène existe sur place puisque deux cadavres de Pipistrelles de Nathusius ont été trouvés en plein openfield à la charnière des mois d'août et septembre sous une éolienne du parc des Joyeuses lors de l'étude d'impact.

1.1.3 Rappel des suivis ICPE antérieurs

Avant l'année 2024, deux suivis mortalités et deux suivis de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères ont été réalisés au niveau du parc des Pierrots en 2022 et 2023. Le tableau suivant synthétise les actions menées par année ainsi que les principaux résultats obtenus.

Tableau 1 : Historique des suivis ICPE réalisés sur le parc des Pierrots depuis sa mise en service (août 2021)

Année de suivi	Type de suivi	Périodes couvertes par le suivi	Tests	Bridage du parc	Résultats du suivi mortalité	
					Données brutes de cadavres	Estimations de mortalité (selon HUSO)
2022	Suivi de la mortalité selon le protocole national et l'arrêté d'exploitation du parc des Pierrots	Première période du 3 mars au 29 avril, puis deuxième période du 1 ^{er} août au 2 décembre 2022, soit 53 passages 2 fois par semaine (S09-S17 et S31-S48)	2 tests de prédation et 2 tests d'efficacité	NON, Mis en place durant le suivi, le 9 septembre	36 oiseaux 19 chauves-souris	Oiseaux : 130 individus avec 53 individus sur la première période (S09-S17) et 77 sur la deuxième période (S31 – S48) Chauves-souris : 74 individus avec 0 individus sur la première période (S09-S17) et 74 sur la deuxième période (S31 – S48)
	Suivi de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	Suivi en continu du 1 ^{er} mars (S09) au 30 novembre 2022 (S48). Dispositif mis en place sur les éoliennes E03 et E11			Non concerné	
2023	Suivi de la mortalité selon le protocole national et l'arrêté d'exploitation du parc des Pierrots	53 passages entre le 2 mars et le 27 octobre 2023, avec un rythme de : - 1 passage par semaine entre les passages n°1 à 22 (semaine 9 à semaine 30) ; - 2 passages par semaine entre les passages n°23 à 48 (semaine 31 à semaine 44) ; - 1 passage par semaine entre les passages n°49 à 53 (semaine 45 à semaine 48).	3 tests de prédation et 4 tests d'efficacité	OUI, Mis en place du 1 ^{er} mai au 31 octobre 2023	33 oiseaux et 6 chauves-souris	Oiseaux : 308 individus sur la période du suivi Chauves-souris : 55 individus sur la période du suivi
	Suivi de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	Suivi en continu du 1 ^{er} mars au 30 novembre 2023. Dispositif mis en place sur les éoliennes E03 et E11.			Non concerné	

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 122). Pour le nombre d'éoliennes à surveiller, il recommande de suivre toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes ou moins, et pour les parcs de plus de 8 éoliennes, appliquer la formule suivante : $8 + (\text{nombre d'éoliennes} - 8) / 2$. La collecte de données implique de prospecter une surface-échantillon définie, généralement un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m (Annexe 3, Figure 123). 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 d'autorisation d'exploitation du parc éolien des Pierrots, localisé sur les communes de Saint-Georges-Sur-Arnon et Migny, en date du 29 mars 2016 précise des modalités différentes de mise en œuvre des suivis à réaliser sur les parcs des Pierrots.

L'arrêté précise que le suivi environnemental doit être mené selon les modalités suivantes :

- *Un suivi de mortalité avifaunistique et chiroptérologique : 2 passages par semaine, sur une durée de 3 ans, sous 6 éoliennes du 1er août au 30 octobre pour les chauves-souris et un passage par semaine durant les migrations des oiseaux en mars-avril et novembre sur une durée de 3 ans.*
- *Un suivi des chiroptères : installation d'un détecteur d'ultrasons autonome sur 2 machines (une par ligne), sera mis en place durant la première année de suivi de mortalité sur une saison complète*

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

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

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

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

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

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

1.2.2.1.2. Détermination des coefficients correcteurs

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

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

La détermination de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations scientifiquement recevables du suivi de mortalité. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

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

1.2.2.1.3. Méthodes statistiques et incertitudes

• Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres :

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « GenEst » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AIC (détails en annexe 6). 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 prédation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs que sont : le type d'occupation du sol, la couverture végétale, la hauteur de

végétation ou l'éolienne. 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-Nievelgelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

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

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

1.2.2.1.4. Cas particulier de l'utilisation de la mortalité par GenEst

GenEst, abréviation de "Generalized Estimator", est un outil d'estimation qui, bien que non mentionné dans le protocole national, possède une reconnaissance internationale en tant qu'estimateur (Dalthorp et al. 2018) et en tant que logiciel libre permettant d'effectuer des estimations de mortalité (Simonis et al. 2018). Une version est accessible en ligne grâce à une application Rshiny (version 1.4.9, <https://west-inc.shinyapps.io/GenEst/>).

L'utilisation de ce logiciel se base sur l'analyse des données collectées conformément aux procédures des estimations classiques requises par le protocole national, tout en y intégrant des processus de correction de certains biais observés (irrégularité de passage, détection parfaite, crippling loss...).

L'estimateur de mortalité GenEst est un outil flexible, rigoureux et reconnu par la communauté scientifique, néanmoins il possède certains inconvénients, notamment dans la difficulté à appréhender et à estimer les crippling loss dans le calcul des DWP.

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les méthodes statistiques utilisées dans le cadre de l'utilisation de GenEst sont disponibles en **annexe 5**.

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, 13 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 2 450 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ. Avec 11 éoliennes, chaque passage est ainsi réalisé sur 1,5 jours.

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 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 22 815 recherche éolienne, le référentiel mortalité Biotope constitue probablement la plus grande base de données compilée sur les suivis mortalité en France.

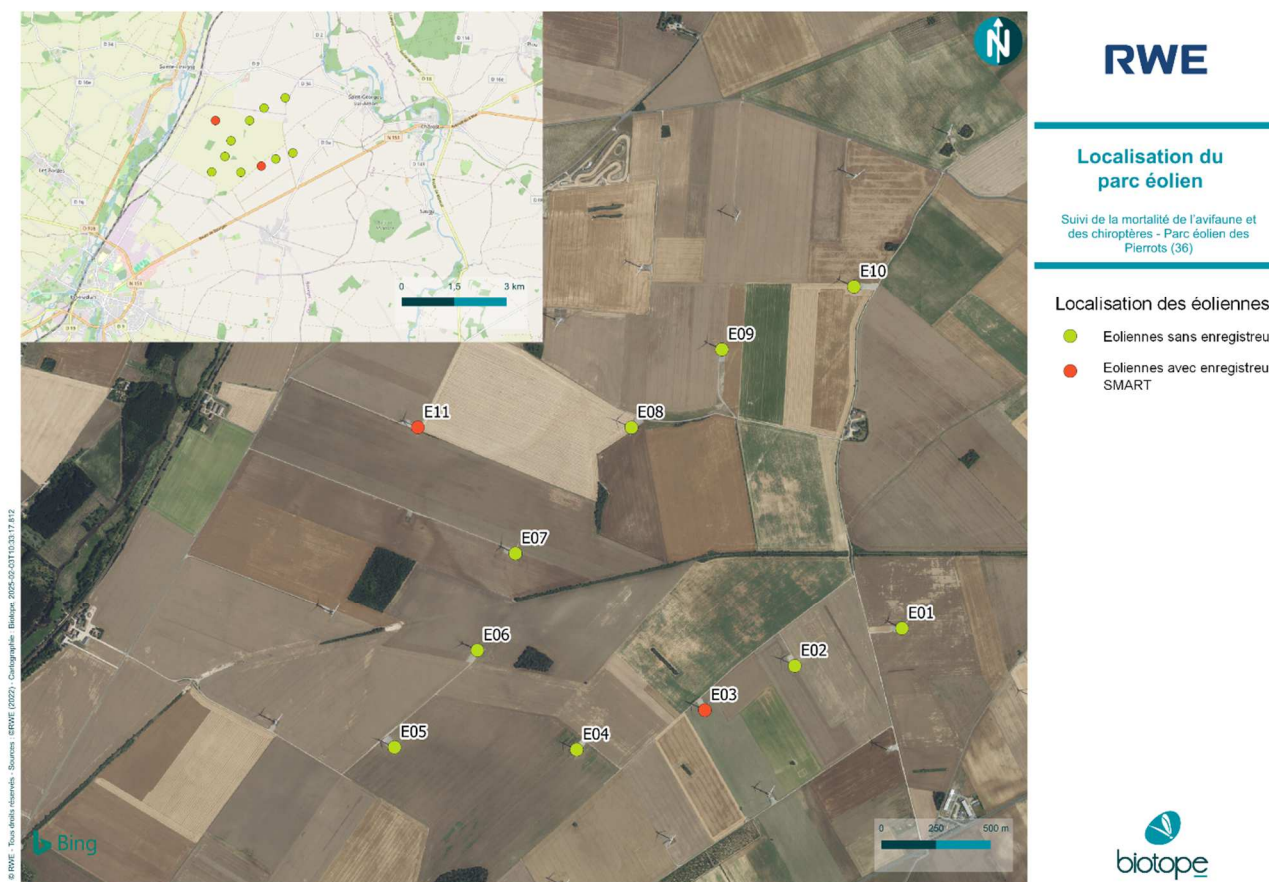
La compilation de ces nombreuses études, permet une modélisation à plus large échelle (temporelle et spatiale) des différents processus liés à la probabilité globale de détection, telle que la persistance des cadavres ou la capacité de détection de l'observateur. Il permet ainsi une prise en compte fine 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 7.

1.2.2.1 Étude de l'activité des chiroptères

1.2.2.1.1. Localisation des dispositifs d'écoute

En 2024, comme en 2022 et 2023, les dispositifs d'acquisition des données chiroptérologiques ont été installés sur les éoliennes E03 et E11 du parc éolien des Pierrots.



Carte 2 : Localisation des éoliennes équipées d'un dispositif de suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc éolien des Pierrots

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

En 2022, 2023 et 2024, les microphones ont été installés sur les éoliennes E03 et E11, en nacelle, à 98 m de hauteur.

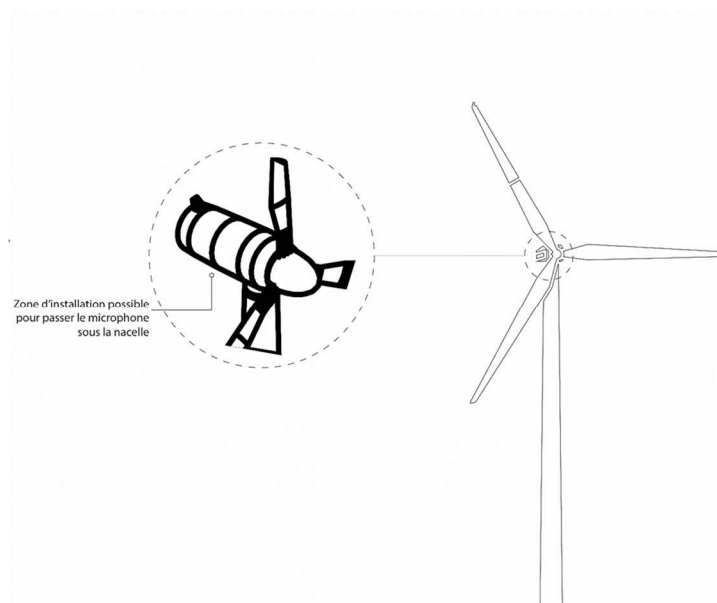


Figure 4 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.

Tableau 2 : Paramétrage des enregistreurs en hauteur

Paramètres d'enregistrement	SMART	Paramètres d'enregistrement	SMART
Type de microphone utilisé	SMART MIC-1	Fréquence maximale	120 KHz
Fréquence d'échantillonnage	256 KHz	Durée minimale de cris	0.002 sec
Filtre Pass Haut	8 KHz	Durée maximale de cris	0.05 sec
Gain	12 dB	Ecart maximum entre les cris	0.5 sec
Durée	-	Durée maximale de la séquence	5 sec
Pré déclenchement	0.5 sec	Nombre minimal de cris	2
Post déclenchement	0 sec	Déclenchement avant le coucher du soleil	60 min
Fréquence minimale	14 KHz	Arrêt après le lever du soleil	60 min



Photo du boîtier contenant l'enregistreur dans l'éolienne E03



Photo microphone 1

Microphone et enregistreur SMART installé en nacelle E03 du parc des Pierrots

1.2.2.1.2.1. Calendrier des enregistrements

L'activité des chauves-souris en altitude a été analysée durant 8 mois, du 1^{er} mars 2024 au 30 novembre 2024.

Au total, 275 nuits ont été analysées pour chaque éolienne (E03 et E11). Pour rappel, en 2022 et 2023, le suivi acoustique a été réalisé sur la même période et également durant 275 nuits complètes.

Tableau 3 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période pour chacune des éoliennes

Nombre de nuits exploitables* sur le microphone			
Eolienne E03		Eolienne E11	
Mars 2024	31	Mars 2024	31
Avril 2024	30	Avril 2024	30
Mai 2024	31	Mai 2024	31
Juin 2024	30	Juin 2024	30
Juillet 2024	31	Juillet 2024	31
Aout 2024	31	Aout 2024	31
Septembre 2024	30	Septembre 2024	30
Octobre 2024	31	Octobre 2024	31
Novembre 2024	30	Novembre 2024	30
Total E03	275	Total E11 :	275

* 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, 275 nuits entre mars 2024 et fin novembre 2024, **ces inventaires peuvent prétendre à l'exhaustivité**. En effet, pour réunir un échantillonnage suffisant, on estime nécessaire une quinzaine de nuits d'enregistrement pour espérer contacter 90 % des espèces (sur une maille de 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2024 atteint ce seuil et peut donc être considérée comme représentative.

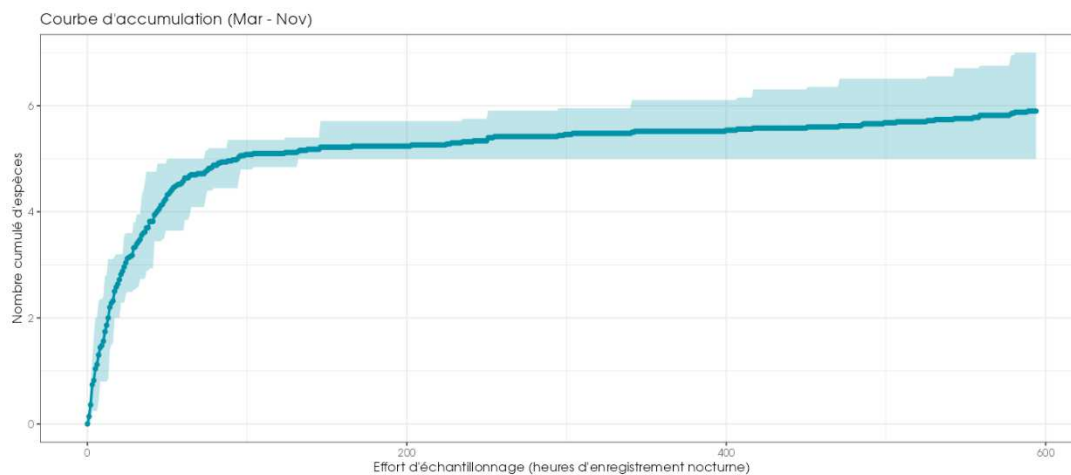


Figure 5 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E03 du parc éolien des Pierrots en 2024.

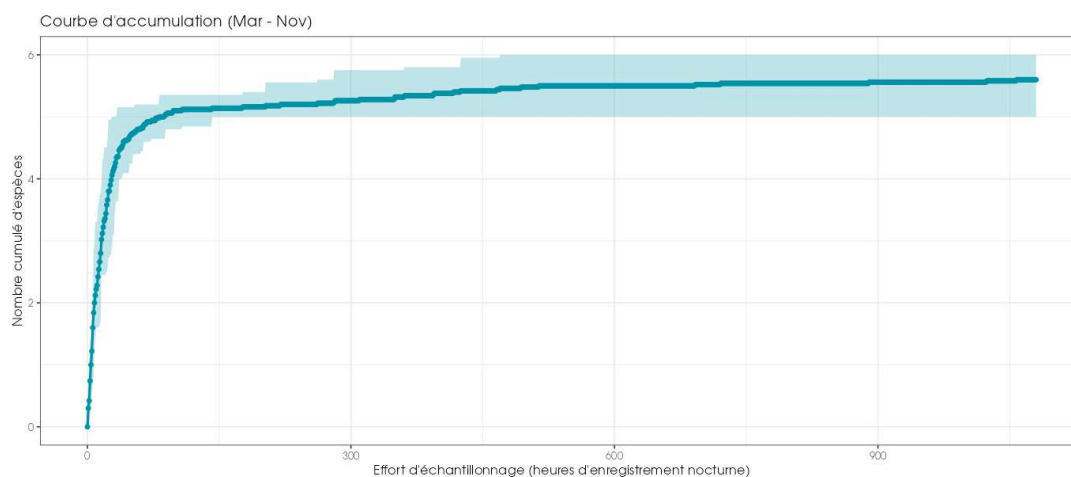


Figure 6 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E11 du parc éolien des Pierrots en 2024.

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.

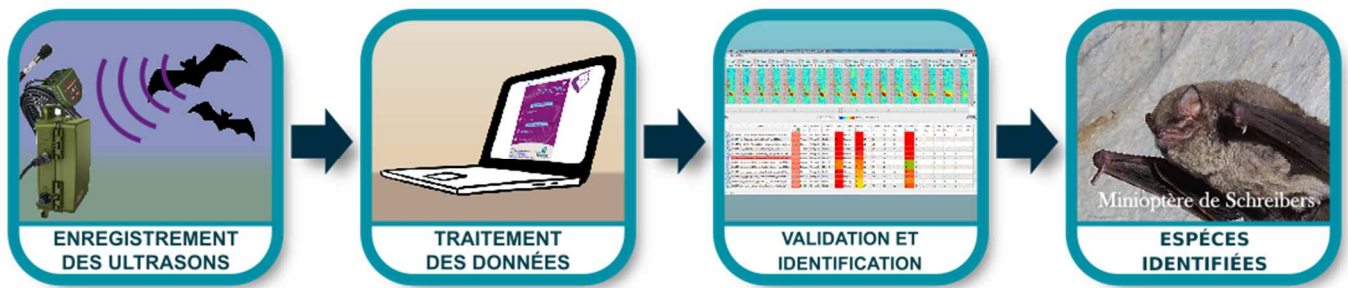


Figure 7 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope

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 4 : Identification des espèces de chiroptères

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

1.2.2.1.6. 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 matériels et de différents paramétrages de matériel.

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

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

En 2023, le référentiel ActiChiro® a été transformé et son fonctionnement a été repensé afin de disposer de deux référentiels dynamiques, un pour les points d'écoute au sol (ActiChiro-Sol) et un autre pour les suivis en hauteur (ActiChiro-Altitude). Le référentiel ActiChiro-Altitude recueille 111 sites et plus de 35 000 points-nuits, répartis sur l'ensemble de la France et sur les 10 dernières années.

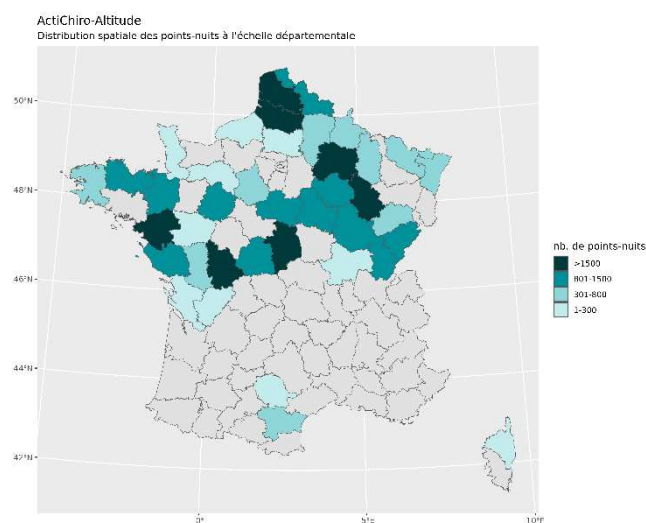


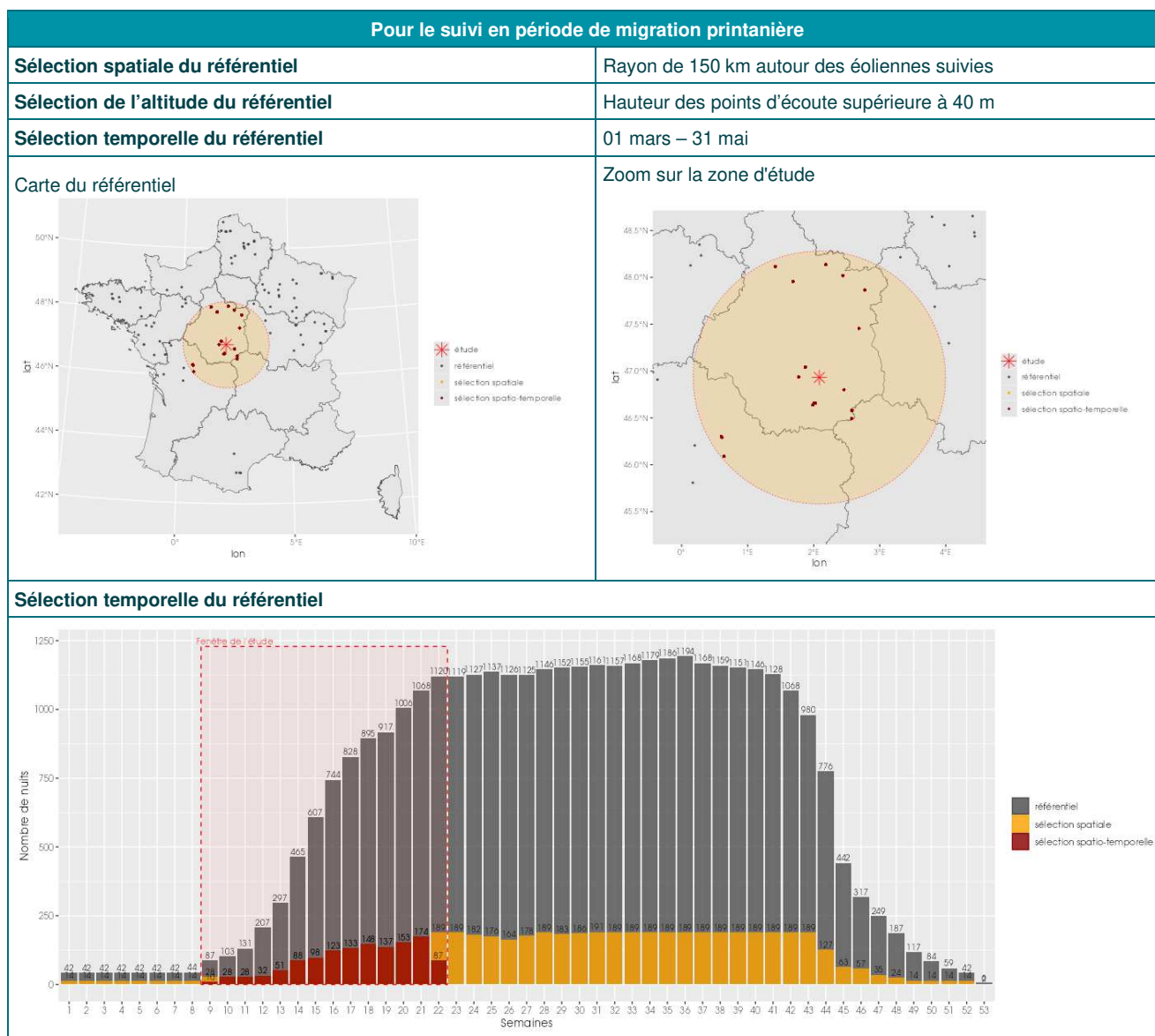
Figure 8 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude

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.**

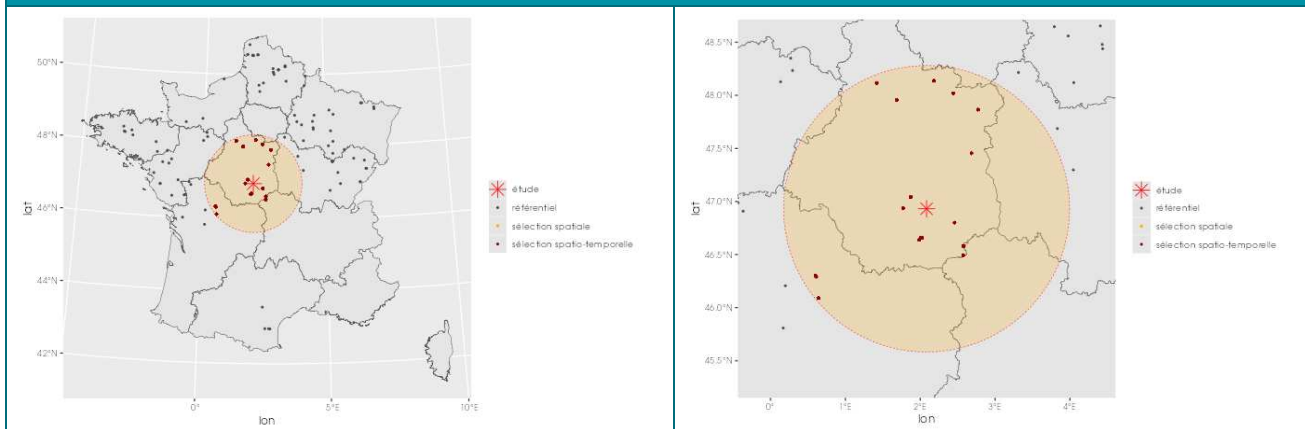
Dans le cadre de cette étude, le référentiel ActiChiro-Altitude prend en compte les variables spatio-temporelles suivantes :

Tableau 5 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour le suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc des Pierrots

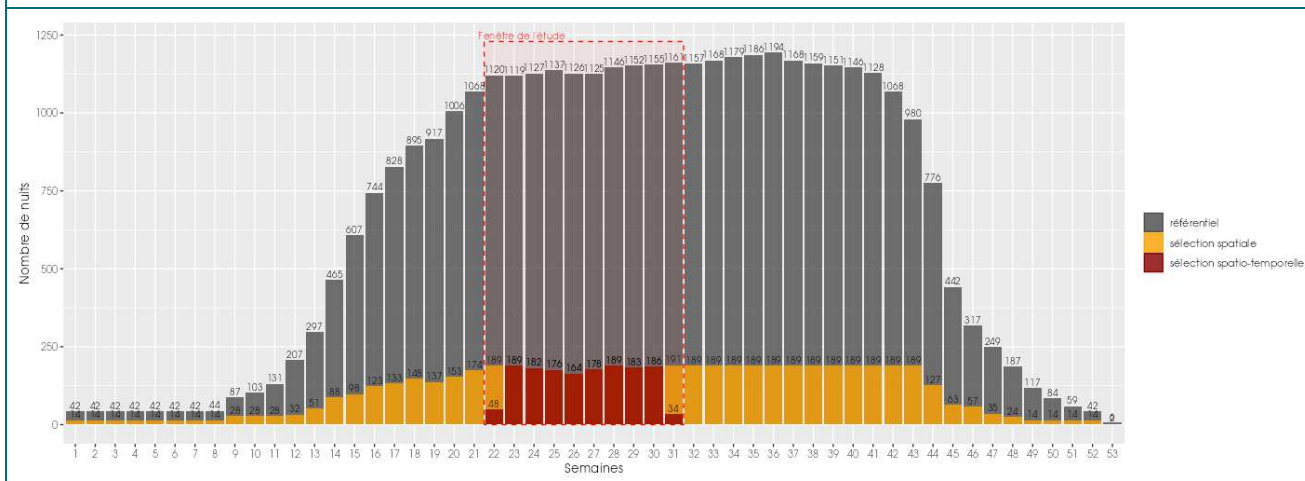


Pour le suivi en période de mise-bas	
Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 150 km autour des éoliennes suivies
Sélection de l'altitude du référentiel	Hauteur des points d'écoute supérieure à 40 m
Sélection temporelle du référentiel	01 juin – 31 juillet
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude

Pour le suivi en période de mise-bas



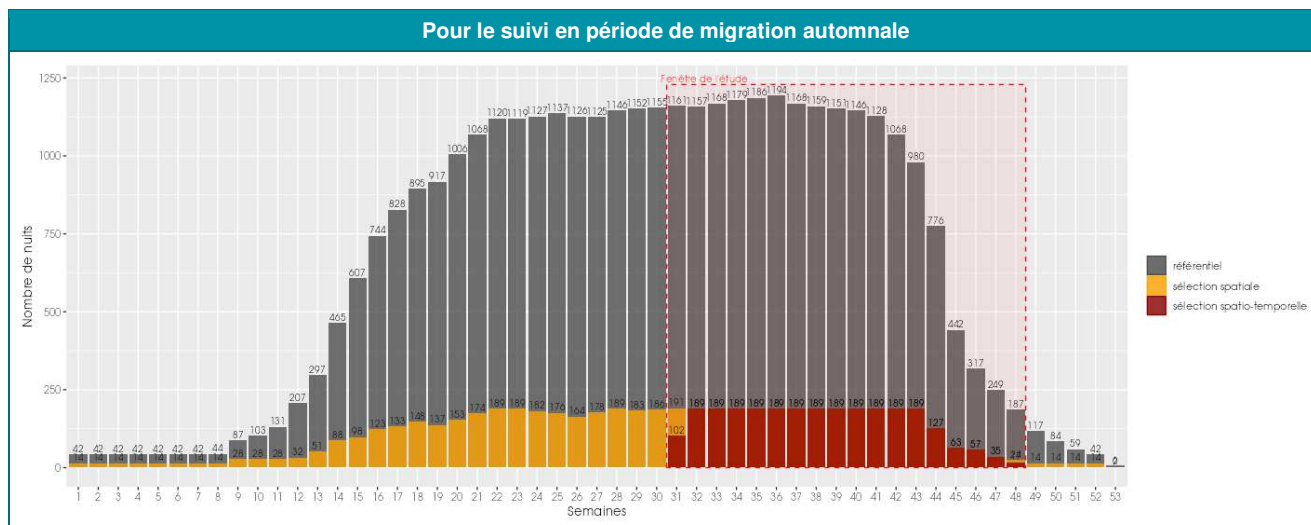
Sélection temporelle du référentiel



Pour le suivi en période de migration automnale

Sélection spatiale du référentiel	Rayon de 150 km autour des éoliennes suivies
Sélection de l'altitude du référentiel	Hauteur des points d'écoute supérieure à 40 m
Sélection temporelle du référentiel	01 août – 30 novembre
Carte du référentiel	Zoom sur la zone d'étude

Sélection temporelle du référentiel



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 dans le cas où l'espèce est « présente et absente » et dans 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.

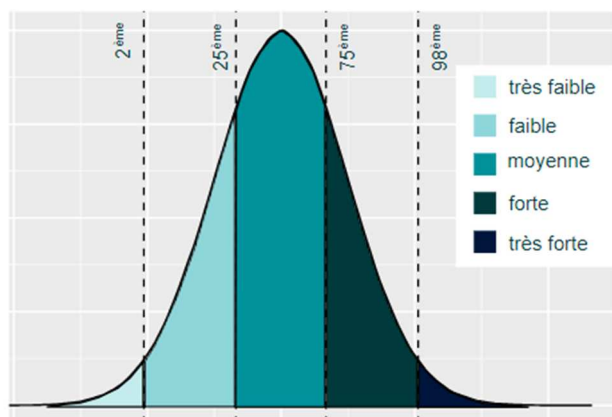


Figure 9 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude

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 la société RWE. Elles ont été acquises par les capteurs disposés sur les éoliennes E03 et E11 du parc éolien des Pierrots. La vitesse de vent et la température sont mesurées à 98 m de haut. Les données sont enregistrées toutes les 10 minutes.

La période analysée correspond à la période durant laquelle un suivi de l'activité des chiroptères a été réalisé en altitude soit, dans le cas présent, un total de 275 nuits. Les enregistrements conservés couvrent uniquement la période nocturne.

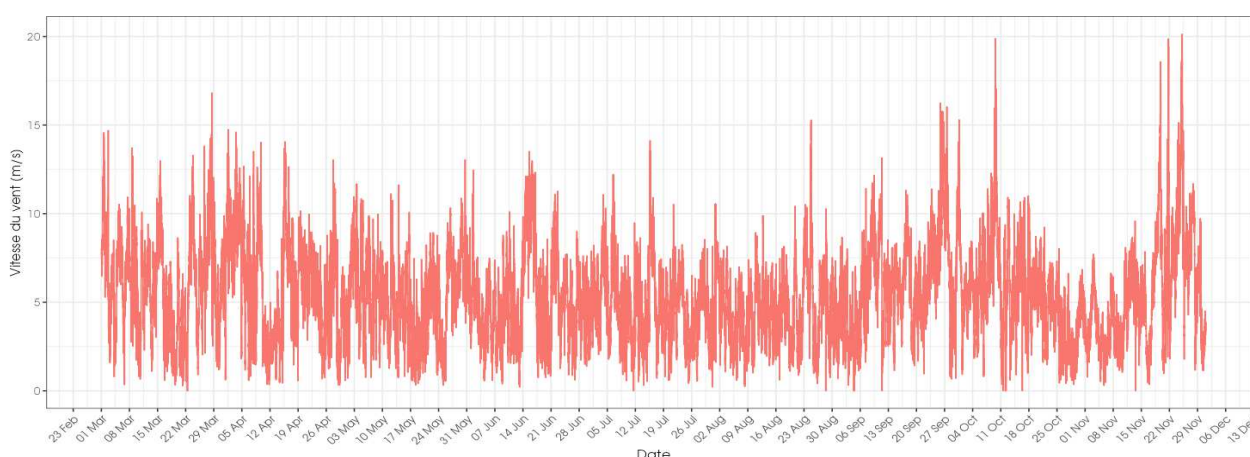


Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E03 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024

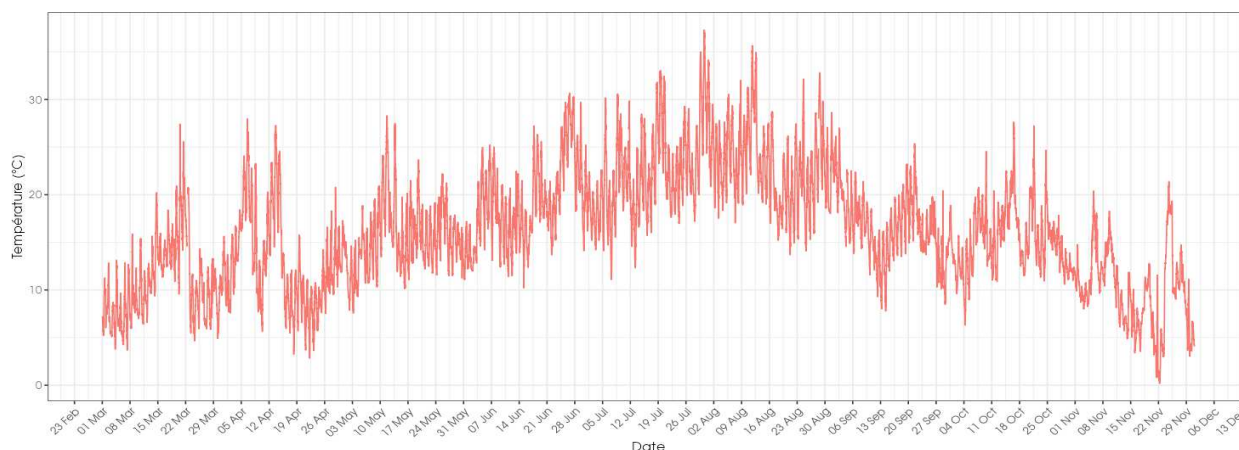


Figure 11. Schéma temporel de la température à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E03 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024

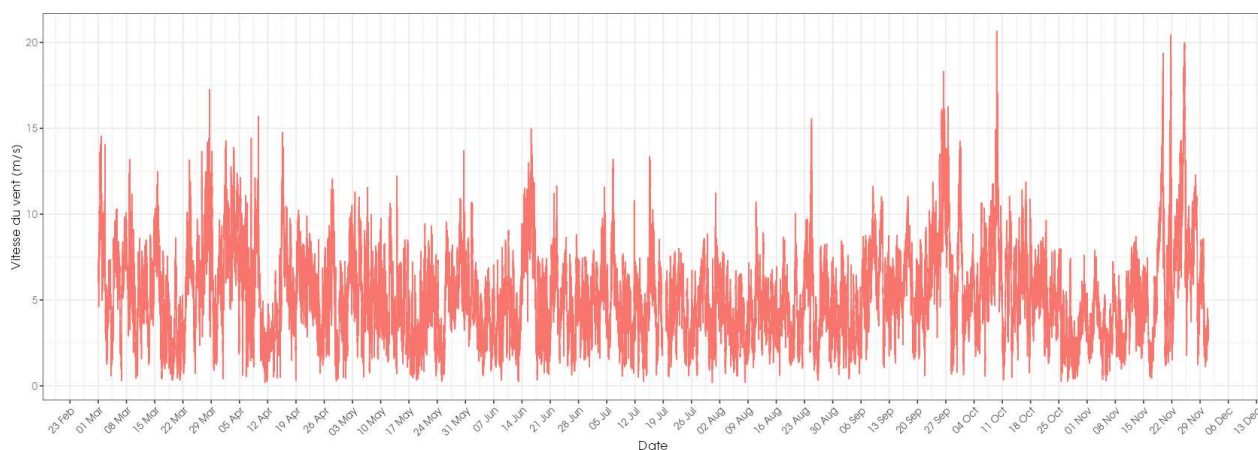


Figure 12. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis l'éolienne E11 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024

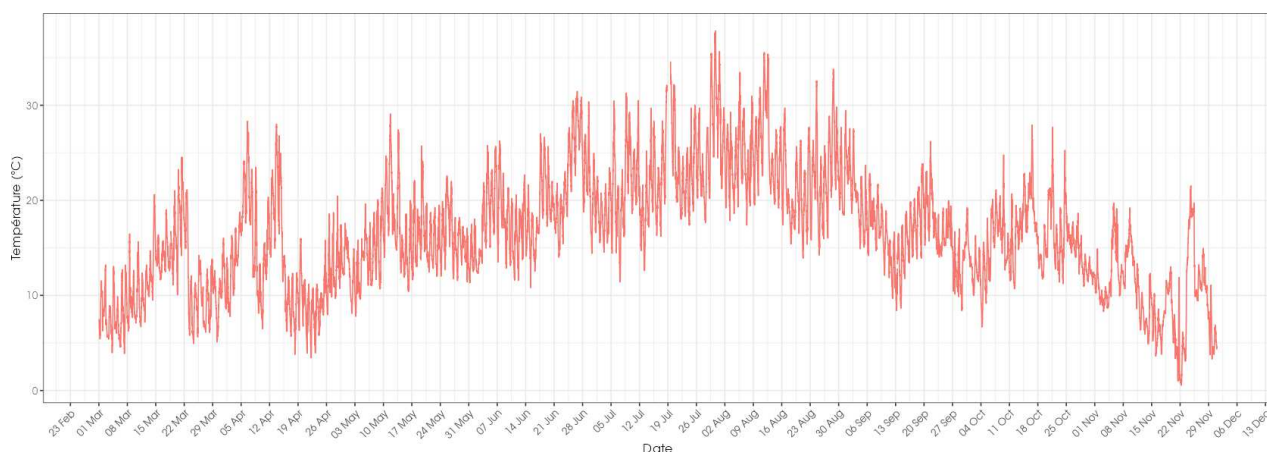


Figure 13. Schéma temporel de la température à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E11 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024

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

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

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

1.2.3.1 Prospections de terrain

Les dates de passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le Tableau 6.

Ainsi, 54 passages ont été réalisés, du 29 février 2024 au 29 novembre 2024, avec un rythme de :

- 1 passage par semaine entre les passages n°1 à 22 (semaine 9 à semaine 30) ;
- 2 passages par semaine entre les passages n°23 à 49 (semaine 31 et à semaine 44) ;
- 1 passage par semaine entre les passages n°50 à 54 (semaine 45 à semaine 48).

Tableau 6 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Intervenant	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (54 passages)			
1	29/02/2024 et 01/03/2024	Julien BARGE	Température : 9.2 °C. Pluie : 0.09 mm/h. Vitesse du vent : 13.4 km/h. Direction du vent : S
2	07 et 08/03/2024	Julien BARGE	Température : 9.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 21.2 km/h. Direction du vent : E
3	14 et 15/03/2024	Julien BARGE	Température : 16.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9.7 km/h. Direction du vent : SE
4	21 et 22/03/2024	Julien BARGE	Température : 18.6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 2.4 km/h. Direction du vent : NO
5	28 et 29/03/2024	Julien BARGE	Température : 9.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 24.9 km/h. Direction du vent : SO
6	04 et 05/04/2024	Julien BARGE	Température : 16.8 °C. Pluie : 0.02 mm/h. Vitesse du vent : 16.9 km/h. Direction du vent : S
7	11 et 12/04/2024	Julien BARGE	Température : 14.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 3 km/h. Direction du vent : SE
8	18 et 19/04/2024	Julien BARGE	Température : 8.3 °C. Pluie : 0.16 mm/h. Vitesse du vent : 8.9 km/h. Direction du vent : N
9	25 et 26/04/2024	Julien BARGE	Température : 10.2 °C. Pluie : 0.06 mm/h. Vitesse du vent : 7.5 km/h. Direction du vent : SE
10	02 et 03/05/2024	Vincent RENARDIER	Température : 10.9 °C. Pluie : 0.12 mm/h. Vitesse du vent : 11.3 km/h. Direction du vent : O
11	09 et 10/05/2024	Vincent RENARDIER	Température : 17.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.8 km/h. Direction du vent : N
12	16 et 17/05/2024	Vincent RENARDIER	Température : 14 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7.2 km/h. Direction du vent : S

Numéro de passage	Date	Intervenant	Conditions météorologiques
13	23 et 24/05/2024	Vincent RENARDIER	Température : 15.3 °C. Pluie : 0.11 mm/h. Vitesse du vent : 9.2 km/h. Direction du vent : O
14	30 et 31/05/2024	Vincent RENARDIER	Température : 14.2 °C. Pluie : 0.42 mm/h. Vitesse du vent : 13.7 km/h. Direction du vent : O
15	06 et 07/06/2024	Vincent RENARDIER	Température : 21 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 0.9 km/h. Direction du vent : E
16	13 et 14/06/2024	Vincent RENARDIER	Température : 17.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.7 km/h. Direction du vent : S
17	21 et 22/06/2024	Vincent RENARDIER	Température : 18.9 °C. Pluie : 0.58 mm/h. Vitesse du vent : 14.5 km/h. Direction du vent : O
18	27 et 28/06/2024	Vincent RENARDIER	Température : 27.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 12.5 km/h. Direction du vent : SE
19	04 et 05/07/2024	Vincent RENARDIER	Température : 19.7 °C. Pluie : 0.11 mm/h. Vitesse du vent : 12.5 km/h. Direction du vent : NO
20	11 et 12/07/2024	Vincent RENARDIER	Température : 24.1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.1 km/h. Direction du vent : NE
21	18 et 19/07/2024	Vincent RENARDIER	Température : 26.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.3 km/h. Direction du vent : E
22	25 et 26/07/2024	Vincent RENARDIER	Température : 24 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.1 km/h. Direction du vent : E
23	29 et 30/07/2024	Julien BARGE	Température : 28.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 13.8 km/h. Direction du vent : E
24	01 et 02/08/2024	Vincent RENARDIER	Température : 25.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 12 km/h. Direction du vent : O
25	05 et 06/08/2024	Julien BARGE	Température : 24.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 3.2 km/h. Direction du vent : SE
26	09 et 10/08/2024	Vincent RENARDIER	Température : 24.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10.5 km/h. Direction du vent : O
27	12 et 13/08/2024	Sophie LAURENT	Température : 30.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7.7 km/h. Direction du vent : E
28	15 et 16/08/2024	Vincent RENARDIER	Température : 24 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.7 km/h. Direction du vent : NO
29	20 et 21/08/2024	Sophie LAURENT	Température : 21.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4.8 km/h. Direction du vent : SE
30	22 et 23/08/2024	Vincent RENARDIER	Température : 21.6 °C. Pluie : 0.01 mm/h. Vitesse du vent : 4.9 km/h. Direction du vent : E
31	26 et 27/08/2024	Julien BARGE	Température : 20.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 3.7 km/h. Direction du vent : N
32	29 et 30/08/2024	Vincent RENARDIER	Température : 24.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 6.9 km/h. Direction du vent : O
33	02 et 03/09/2024	Julien BARGE	Température : 23.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.6 km/h. Direction du vent : S
34	05 et 06/09/2024	Vincent RENARDIER	Température : 18 °C. Pluie : 0.25 mm/h. Vitesse du vent : 4.9 km/h. Direction du vent : O
35	09 et 10/09/2024	Julien BARGE	Température : 17.8 °C. Pluie : 0.03 mm/h. Vitesse du vent : 12.9 km/h. Direction du vent : O
36	12 et 13/09/2024	Vincent RENARDIER	Température : 13.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.9 km/h. Direction du vent : NO
37	16 et 17/09/2024	Julien BARGE	Température : 16.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10.4 km/h. Direction du vent : N

Numéro de passage	Date	Intervenant	Conditions météorologiques
38	19 et 20/09/2024	Vincent RENARDIER	Température : 19.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.2 km/h. Direction du vent : E
39	23 et 24/09/2024	Julien BARGE	Température : 15.7 °C. Pluie : 0.28 mm/h. Vitesse du vent : 14.6 km/h. Direction du vent : SO
40	26 et 27/09/2024	Vincent RENARDIER	Température : 17.5 °C. Pluie : 0.57 mm/h.
41	30/09/2024 et 01/10/2024	Julien BARGE	Température : 17.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 27 km/h. Direction du vent : SO
42	04 et 05/10/2024	Vincent RENARDIER	Température : 12.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9.3 km/h. Direction du vent : N
43	07 et 08/10/2024	Julien BARGE	Température : 16.8 °C. Pluie : 0.28 mm/h. Vitesse du vent : 9.7 km/h. Direction du vent : SE
44	10 et 11/10/2024	Vincent RENARDIER	Température : 14.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 14.2 km/h. Direction du vent : O
45	14 et 15/10/2024	Julien BARGE	Température : 20.1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 6.8 km/h. Direction du vent : E
46	17 et 18/10/2024	Vincent RENARDIER	Température : 16.5 °C. Pluie : 1.7 mm/h. Vitesse du vent : 7.6 km/h. Direction du vent : SE
47	21 et 22/10/2024	Julien BARGE	Température : 20.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 6 km/h. Direction du vent : SE
48	24 et 25/10/2024	Vincent RENARDIER	Température : 16.8 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 10.9 km/h. Direction du vent : E
49	28 et 29/10/2024	Julien BARGE	Température : 13.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 0.7 km/h. Direction du vent : SO
50	31/10/2024 et 01/11/2024	Vincent RENARDIER	Température : 12 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 11.9 km/h. Direction du vent : E
51	07 et 08/11/2024	Vincent RENARDIER	Température : 12.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 14.5 km/h. Direction du vent : E
52	14 et 15/11/2024	Vincent RENARDIER	Température : 8.6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 7.9 km/h. Direction du vent : E
53	21 et 22/11/2024	Vincent RENARDIER	Température : 2.1 °C. Pluie : 1.72 mm/h. Vitesse du vent : 17.4 km/h. Direction du vent : SE
54	28 et 29/11/2024	Vincent RENARDIER	Température : 9.2 °C. Pluie : 0.04 mm/h. Vitesse du vent : 2.1 km/h. Direction du vent : NO
Tests de persistance (2 tests)			
Test 1	05/02/2024		Dépôt de 110 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	29/07/2024		Dépôt de 110 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	04/04/2024	Julien BARGE	Dépôt de 120 leurres
Test 2	20/06/2024	Vincent RENARDIER	Dépôt de 60 leurres
Test 3	16/09/2024	Vincent RENARDIER	Dépôt de 105 leurres
Test 4	19/09/2024	Julien BARGE	Dépôt de 165 leurres
Suivi de l'activité des chiroptères			

Numéro de passage	Date	Intervenant	Conditions météorologiques
Suivi E03	Du 01/03/2024 au 30/11/2024		Enregistrements en continu depuis l'éolienne E03, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 98 m de hauteur, du 01 mars au 30 novembre 2024, soit pendant 9 mois.
Suivi E11	Du 01/03/2024 au 30/11/2024		Enregistrements en continu depuis l'éolienne E11, avec un microphone placé au niveau de la nacelle à 98 m de hauteur, du 01 mars au 30 novembre 2024, soit pendant 9 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 réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0) a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 110 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 réutilisés pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospection (tampon de 60 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées sur 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 60 à 165 leurres disposés par test, Tableau 7). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testé.



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

Tableau 7 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 4 tests).

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc ensemble
Occupations du sol												
Chaume	0	3	0	6	0	2	3	0	39	0	0	53
Déchaume	11	16	0	0	0	0	1	2	0	36	24	90
Friche	32	11	5	12	3	5	4	8	39	5	11	135
Labour	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	21
Plateforme	5	6	9	6	6	4	5	2	8	8	2	61
Semi	0	0	0	0	0	0	11	0	0	15	4	30
Sol nu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30
Tournesol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	15
Trèfle	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hauteurs de végétation												
0	5	6	9	6	6	4	5	2	8	8	2	61
5	13	18	1	1	22	1	13	4	1	30	61	165
10	2	6	15	6	2	4	6	3	9	21	0	74
15	0	0	0	4	0	0	0	0	0	5	6	15
20	6	6	0	7	0	2	0	3	19	0	2	45
25	0	0	4	0	0	0	0	0	41	15	0	60
30	22	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	30
Dates de tests												
04/04/2024	18	4	6	5	4	4	16	3	27	22	11	120
20/06/2024	9	4	4	3	2	1	2	3	12	16	4	60
16/09/2024	11	14	2	9	9	0	0	0	26	9	25	105
19/09/2024	10	14	17	7	15	6	6	6	21	32	31	165
Total	48	36	29	24	30	11	24	12	86	79	71	450

1.2.3.1 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs (Ponce et al., 2010 ; Labrosse, 2009). C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par les deux mêmes personnes (qui ont été testées).

Il est également important de noter qu'elle est aussi variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol (Borner et al., 2017). Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les quatre tests réalisés, ce sont 9 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 7 hauteurs différentes de végétation.

1.2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 8).

Tableau 8 : Équipe de travail

Domaines d'intervention	Intervenants	Qualité et qualification
Coordination et rédaction de l'étude	Julien TRANCHARD	Chef de projet – Fauniste Maîtrise biologie des populations et des Ecosystèmes
Contrôle qualité	Nicolas CARENTON	Chef de projet Biostatistiques Master Ecologie & Ecologie des Zones Humides
Expertise des chiroptères en hauteur	Julien TRANCHARD	Expert(e) fauniste – Chiroptérologue Maîtrise biologie des populations et des Ecosystèmes
Suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (54 sessions)	Vincent RENARDIER Julien BARGE	Technicien - Fauniste Chargé d'études - Fauniste

2 Synthèse et analyse des résultats

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

2.1.1 Espèces contactées

D'après les enregistrements réalisés en hauteur au niveau des éoliennes E03 et E11, 7 espèces de chiroptères et 2 groupes d'espèce sont identifiées comme telles au niveau du parc éolien des Pierrots :

- 7 espèces contactées lors des inventaires de terrain (Cf. Annexe IV)
 - Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) ;
 - Noctule commune (*Nyctalus noctula*) ;
 - Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) ;
 - Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) ;
 - Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) ;
 - Vespère de Savi (*Hypsugo savii*) ;
 - 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*).

Au regard des suivis réalisés en 2022 et 2023, en plus des observations de 2024, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius sont toutes les deux considérées comme présentes sur le parc.

En 2024, neuf espèces de chauves-souris sont considérées comme présentes, à hauteur de nacelle, au niveau des éoliennes E03 et E11, ce qui représente 36% des 25 espèces présentes en région Centre-Val-de-Loire. En comparaison avec les suivis réalisés en 2022 et 2023, deux nouvelles espèces ont été identifiées en 2024. Il s'agit de la Grande Noctule et du Vespère de Savi.

La richesse spécifique contactée lors des études en hauteur réalisées entre 2022 et 2024 est jugée moyenne, avec un total de 9 espèces considérées comme présentes. Néanmoins, il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées en hauteur.

Tableau 9 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc des Pierrots en 2024.

Nom vernaculaire Nom scientifique	Statuts réglementaires		Statuts patrimoniaux		
	Europe	France	LRN	LRR	Dét. ZNIEFF
Grande Noctule <i>Nyctalus lasiopterus</i>	An. IV	Art. 2	VU	-	-
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	An. IV	Art. 2	NT	NT	DZ
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	An. IV	Art. 2	VU	NT	DZ
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	An. IV	Art. 2	NT	LC	-
Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	An. IV	Art. 2	LC	DD	-
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	An. IV	Art. 2	NT	LC	-
Vespère de Savi <i>Hypsugo savii</i>	An. IV	Art. 2	LC	DD	-
Espèces du groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius (<i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>P. nathusii</i>).					
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

Légende :

- An. II/IV : espèces inscrites aux annexes II et/ou IV de la Directive N° 92/43/CEE du 21/05/92, dite « Directive Habitats ».
- Art. 2 : espèces inscrites à l'article 2 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 : protection des individus et de leurs habitats de reproduction/repos.
- Art. 3 : espèces inscrites à l'article 3 de l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 : protection des individus.
- LRN : La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine (UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS, 2017) : RE : disparu de France métropolitaine ; CR : en danger critique ; EN : en danger ; VU : vulnérable ; NT : quasi-menacé ; LC : préoccupation mineure ; DD : données insuffisantes ; NA : non applicable ; NE : non évalué.
- LRR : Liste rouge des chauves-souris de la région Centre (2012). Validée par le CSRPN. 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 des espèces de mammifères déterminantes : les chiroptères Liste actualisée et validée en CSRPN du 15 décembre 2015, 3p : DZ : espèce déterminante.

2.1.2 Abondance relative

Au niveau de l'éolienne E03, au cours de la période d'enregistrement (275 nuits exploitables entre le 01 mars et le 30 novembre 2024), 4 686 contacts de 5 secondes ou 1 137 minutes (soit 18h57) d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenus.

Au niveau de l'éolienne E11, au cours de la période d'enregistrement (275 nuits exploitables entre le 01 mars et le 30 novembre 2024), 11 932 contacts de 5 secondes ou 2 331 minutes (soit 38h85) 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 au niveau des deux éoliennes et à hauteur de nacelle (98 m), pendant les 275 nuits d'écoute.

Tableau 10 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E03

Nom vernaculaire / Nom scientifique	En 2022		En 2023		En 2024		En 2022		En 2023		En 2024	
	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)
Noctule de Leisler	980	32,54%	1612	20,94%	952	20,32%	289	35%	498	30,57%	290	25,51%
Noctule commune	450	14,94%	338	4,39%	774	16,52%	156	19%	144	8,84%	218	19,17%
Grande Noctule	-	-	-	-	4	0,09%	-	-	-	-	1	0,09%
Sérotine commune			11	0,14%	11	0,23%	-	-	7	0,43%	1	0,09%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées	612	20,32%	146	1,90%	784	16,73%	182	22%	101	6,20%	254	22,34%
Pipistrelle commune	335	11,12%	3 665	47,60%	890	18,99%	95	11%	508	31,18%	201	17,68%
Pipistrelle de Kuhl	-	-	48	0,62%	-	-	-	-	24	1,47%	-	-
Pipistrelle de Nathusius	-	-	194	2,52%	-	-	-	-	85	5,22%	-	-
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius	635	21,08%	1685	21,88%	1248	26,63%	111	13%	261	16,02%	167	14,69%
Pipistrelle pygmée	-	-	-	-	6	0,13%	-	-	-	-	2	0,18%
Vespère de Savi	-	-	-	-	17	0,36%	-	-	-	-	3	0,26%
Groupe des oreillards	-	-	1	0,01%	-	-	-	-	1	0,06%	-	-
Groupe des murins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	3012	100%	7700	100%	4686	100%	833	100%	1629	100%	1137	100%

Tableau 11 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E11

Nom vernaculaire	En 2022		En 2023		En 2024		En 2022		En 2023		En 2024	
	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de contacts de 5 sec.	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)	Nombre de minutes positives totales	Pourcentage par rapport à l'activité total (%)
Noctule de Leisler	839	31,96%	1 921	17,12%	2 551	21,38%	591	36,06%	570	25,25%	614	26,34%
Noctule commune	652	24,84%	311	2,77%	983	8,24%	344	20,99%	145	6,42%	329	14,11%
Sérotine commune			7	0,06%	17	0,14%	-	-	5	0,22%	3	0,13%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées	623	23,73%	188	1,68%	568	4,76%	428	26,11%	127	5,63%	239	10,25%
Pipistrelle commune	269	10,25%	5 779	51,50%	4 893	41,01%	168	10,25%	822	36,42%	803	34,45%
Pipistrelle de Kuhl	-	-	367	3,27%	-	-	-	-	110	4,87%	-	-
Pipistrelle de Nathusius	-	-	179	1,60%	-	-	-	-	81	3,59%	-	-
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius	241	9,18%	2 466	21,98%	2920	24,47%	107	6,53%	395	17,50%	343	14,71%
Pipistrelle pygmée	1	0,04%	-	-	-	-	1	0,06%	-	-	-	-
Groupe des oreillards	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Groupe des murins	-	-	3	0,03%	-	-	-	-	2	0,09%	-	-
Total	2 625	100 %	11 221	100 %	11 932	100 %	1 639	100 %	2 257	100 %	2 331	100 %

L'analyse des observations en 2022, 2023 et 2024 montre globalement une augmentation du nombre de minutes de présence des chauves-souris quelle que soit l'éolienne. Il apparaît également que le nombre de minutes enregistrées au niveau de l'éolienne E11 est plus important qu'au niveau de l'éolienne E03.

L'analyse au niveau des espèces montre que :

- La **Noctule de Leisler** est une espèce bien présente en altitude en termes de nombre d'observation. Elle représente suivant l'année et l'éolienne entre 25 à 36 % des minutes positives. En nombre de minutes total, les observations sont constantes en 2022 et 2023 au niveau de l'éolienne E11, avec globalement un peu moins de 600 minutes de présence entre mars et novembre. En 2024, elle est passée au-dessus de 600, avec 614 minutes. Au niveau de l'éolienne E03, la présence de l'espèce semble varier suivant les années passant de 289 minutes en 2022 à 533 minutes en 2024.
- La **Noctule commune** est également bien présente en altitude. Les proportions (en pourcentage) de minutes sont toutefois variables suivant l'année et l'éolienne. Elle varie ainsi de 6 à 21 % des minutes positives obtenues. Cette espèce fait partie des espèces typiques de haut vol et est bien présentes en altitude. En nombre de minutes positives, on retrouve des effectifs globalement identiques entre 2022 et 2023 au niveau de l'éolienne E03, avec globalement 150 minutes positives. Néanmoins, en 2024, ce nombre de minutes a augmenté en passant à 218 minutes de présences. Ceci n'est pas le cas au niveau de l'éolienne E11 où elle passe de 344 minutes en 2022 à 145 minutes en 2023, puis remonte à 329 minutes en 2024.
- La **Grande Noctule** a été observée uniquement au niveau de l'éolienne E03 avec une minute de présence.
- Le **Vespère de Savi** est espèce très ponctuelle en région Centre-Val-de-Loire. Elle a été observée au niveau de l'éolienne E03, avec 3 minutes de présences.
- La **Pipistrelle commune** représente 17 à 34% des minutes positives en 2024, contre 31 à 36 % en 2023 et environ 10 à 11% en 2022. Elle apparaît nettement plus fréquente en 2023 et 2024 en comparaison à 2022, quelle que soit l'éolienne. En 2024, en nombre de minutes positives, c'est l'espèce la plus fréquente au niveau de l'éolienne E11, avec 803 minutes. Elle est également bien présente au niveau de l'éolienne E03 avec 201 minutes de présence.
- Les **Pipistrelle de Kuhl** et **Pipistrelle de Nathusius** sont moins fréquentes en altitude que la Pipistrelle commune. Néanmoins, comme pour la Pipistrelle commune, le nombre de minutes de présence de ces espèces apparaît plus important en 2023 et 2024, que ce soit en prenant uniquement les identifications certaines ou le groupe d'espèces.
- Les autres espèces ou groupes d'espèces correspondent à des observations ponctuelles. La **Pipistrelle pygmée** a été observée en 2022 et 2024. Les groupes des **oreillards** et des **murins** ont été observés uniquement en 2023.

En 2022, ce sont 833 à 1 639 minutes positives de chauves-souris qui ont été comptabilisées durant 275 nuits au niveau respectivement des nacelles des éoliennes E03 et E11 du parc des Pierrots. On obtient une moyenne de 3 à 5,9 minutes positives par nuit en 2022, suivant l'éolienne.

En 2023, ce sont 1 629 à 2 257 minutes positives de chauves-souris qui ont été comptabilisées durant 275 nuits au niveau respectivement des nacelles des éoliennes E03 et E11 du parc des Pierrots. On obtient une moyenne de 5,9 à 8,2 minutes positives par nuit en 2023, suivant l'éolienne.

En 2024, ce sont 1 137 à 2 331 minutes positives de chauves-souris qui ont été comptabilisées durant 275 nuits au niveau respectivement des nacelles des éoliennes E03 et E11 du parc des Pierrots. On obtient une moyenne de 4,1 à 8,4 minutes positives par nuit en 2024, suivant l'éolienne.

On observe une augmentation du nombre de minutes pour les deux éoliennes entre 2022, 2023 et 2024. L'éolienne E11 présente globalement un nombre de minutes plus important, sauf pour la Noctule commune. Les Noctules communes et de Leisler sont bien présentes. Si on prend également en compte le groupe d'espèces Sérotine commune / Noctules indéterminées l'activité des noctules en altitude peut représenter 51 à 67% des minutes positives enregistrées suivant l'éolienne en 2024. La Grande Noctule et le Vespère de Savi qui font toutes les deux parties des espèces typiques de haut vol ont été observés uniquement au niveau de l'éolienne E03, avec respectivement 1 et 3 minutes positives. Au niveau de l'éolienne E11, on peut également noter l'observation ponctuelle du groupe des oreillards en 2023.

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 12 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période printanière

Eolienne E03					
Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2022					
Noctule commune	92	2,17%	0,02	1	Activité très faible
Noctule de Leisler	92	4,35%	0,13	3	Activité très faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	4,35%	0,21	4,75	Activité moyenne
Pipistrelle commune	92	5,43%	0,14	2,6	Activité très faible
Sérotine/Noctule	92	5,43%	0,11	2	Activité faible
Toutes espèces	92	12%	0,51	4,27	Activité très faible
En 2023					
Noctule commune	92	4,35%	0,04	1	Activité très faible
Noctule de Leisler	92	6,52%	0,2	3	Activité très faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	1,09%	0,01	1	Activité très faible
Pipistrelle commune	92	6,52%	0,11	1,67	Activité très faible
Pipistrelle de Nathusius	92	5,43%	0,1	1,8	Activité moyenne
Sérotine/Noctule	92	6,52%	0,1	1,5	Activité faible
Toutes espèces	92	12%	0,49	4,09	Activité très faible
En 2024					
Noctule commune	92	4,35%	0,054	1,25	Activité faible
Noctule de Leisler	92	17,39%	0,326	1,88	Activité faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	5,43%	0,065	1,2	Activité très faible
Pipistrelle commune	92	11,96%	0,163	1,36	Activité très faible
Sérotine/Noctule	92	4,35%	0,043	1	Activité très faible
Toutes espèces	92	28%	0.61	2.15	Activité très faible

Eolienne E11					
Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2022					
Noctule commune	92	4,35%	0,07	1,5	Activité faible
Noctule de Leisler	92	5,43%	0,15	2,8	Activité très faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	6,52%	0,18	2,83	Activité faible
Pipistrelle commune	92	9,78%	0,37	3,78	Activité très faible
Pipistrelle pygmée	92	1,09%	0,01	1	Activité très forte
Sérotine/Noctule	92	8,70%	0,13	1,5	Activité faible
Toutes espèces	92	17,00%	0,87	5	Activité très faible
En 2023					
Noctule de Leisler	92	8,70%	0,37	0,17	Activité très faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	2,17%	0,27	0,05	Activité très faible
Pipistrelle commune	92	9,78%	0,43	0,18	Activité très faible
Sérotine/Noctule	92	1,09%	0,02	0,02	Activité très faible
Toutes espèces	92	11%	1,1	0,42	Activité très faible
En 2024					
Noctule commune	92	3,26%	0,1	3	Activité faible
Noctule de Leisler	92	25,00%	0,8	3,35	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	92	9,78%	0,14	1,44	Activité faible
Pipistrelle commune	92	20,65%	0,5	2,42	Activité faible
Sérotine/Noctule	92	13,04%	0,23	1,75	Activité moyenne
Toutes espèces	92	34%	1.72	5.1	Activité faible

Tableau 13 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période de mise-bas

Eolienne E03					
Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2022					
Noctule commune	61	21,31%	0,54	2,54	Activité faible
Noctule de Leisler	61	40,98%	2,08	5,08	Activité forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	16,39%	0,36	2,2	Activité forte
Pipistrelle commune	61	26,23%	0,49	1,88	Activité très faible
Sérotine/Noctule	61	37,70%	1,11	2,96	Activité très forte
Toutes espèces	61	66%	4,18	6,38	Activité moyenne
En 2023					
Noctule commune	61	21,31%	0,43	2	Activité très faible
Noctule de Leisler	61	37,70%	1,67	4,43	Activité moyenne
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	31,15%	3,92	12,58	Activité très forte
Pipistrelle commune	61	44,26%	5,54	12,52	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl	61	9,84%	0,39	4	Activité forte
Pipistrelle de Nathusius	61	26,23%	1,1	4,19	Activité très forte
Sérotine commune	61	3,28%	0,03	1	Activité moyenne
Sérotine/Noctule	61	24,59%	0,67	2,73	Activité moyenne
Toutes espèces	61	62%	9,59	15,39	Activité très forte
En 2024					
Noctule commune	61	21,31%	0,39	1,85	Activité très faible
Noctule de Leisler	61	42,62%	0,85	2	Activité faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	29,51%	0,85	2,89	Activité très forte
Pipistrelle commune	61	50,82%	1,87	3,68	Activité forte
Sérotine/Noctule	61	26,23%	0,52	2	Activité moyenne
Toutes espèces	61	74%	4	5,42	Activité moyenne

Eolienne E11					
Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2022					
Noctule commune	61	31,15%	0,87	2,79	Activité faible
Noctule de Leisler	61	52,46%	3,03	5,78	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	19,67%	0,9	4,58	Activité forte
Pipistrelle commune	61	26,23%	0,62	2,38	Activité faible
Sérotine/Noctule	61	44,26%	1,56	3,52	Activité très forte
Toutes espèces	61	74%	6,3	8,53	Activité forte
En 2023					
Murin sp.	61	3,28%	0,03	1	Activité forte
Noctule commune	61	13,11%	0,41	3,13	Activité très faible
Noctule de Leisler	61	44,26%	2,59	5,85	Activité forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	26,23%	4,95	18,88	Activité très forte
Pipistrelle commune	61	59,02%	8,95	15,17	Activité très forte
Pipistrelle de Kuhl	61	16,39%	1,51	9,2	Activité très forte
Pipistrelle de Nathusius	61	9,84%	0,98	10	Activité très forte
Sérotine/Noctule	61	19,67%	0,62	3,17	Activité moyenne
Toutes espèces	61	69%	13,7	19,9	Activité très forte
En 2024					
Noctule commune	61	31,15%	1,36	4,37	Activité moyenne
Noctule de Leisler	61	62,30%	4,11	6,61	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	61	47,54%	3,23	6,79	Activité très forte
Pipistrelle commune	61	70,49%	9,39	13,33	Activité très forte
Sérotine commune	61	3,28%	0,03	1,00	Activité moyenne
Sérotine/Noctule	61	31,15%	0,82	2,63	Activité forte
Toutes espèces	61	77%	16,51	21,43	Activité très forte

Tableau 14 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période de migration automnale

Eolienne E03					
Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2022					
Noctule commune	122	21,31%	0,98	4,58	Activité très faible
Noctule de Leisler	122	31,15%	1,21	3,89	Activité faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	13,93%	0,55	3,94	Activité forte
Pipistrelle commune	122	11,48%	0,42	3,64	Activité très faible
Sérotine/Noctule	122	28,69%	0,84	2,94	Activité moyenne
Toutes espèces	122	48%	3,27	6,76	Activité très faible
En 2023					
Noctule commune	122	17,36%	0,93	5,33	Activité très faible
Noctule de Leisler	122	38,84%	3,12	8,04	Activité très faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	11,57%	0,17	1,5	Activité faible
Pipistrelle commune	122	25,62%	1,32	5,16	Activité moyenne
Pipistrelle de Nathusius	122	5,79%	0,07	1,29	Activité faible
Oreillard sp.	122	0,83%	0,01	1	Activité moyenne
Sérotine commune	122	4,13%	0,04	1	Activité moyenne
Sérotine/Noctule	122	17,36%	0,42	2,43	Activité très faible
Toutes espèces	122	45%	5,05	11,31	Activité faible
En 2024					
Grande Noctule	122	0,83%	0,01	1	Activité moyenne
Noctule commune	122	29,75%	1,54	5,17	Activité moyenne
Noctule de Leisler	122	35,54%	1,7	4,79	Activité moyenne
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	16,53%	0,9	5,45	Activité très forte
Pipistrelle commune	122	21,49%	0,6	2,77	Activité très faible
Pipistrelle pygmée	122	1,65%	0,02	1	Activité très forte
Sérotine commune	122	0,83%	0,01	1	Activité faible
Sérotine/Noctule	122	37,19%	1,79	4,8	Activité très forte
Toutes espèces	122	53%	5,19	9,81	Activité moyenne

Eolienne E11					
Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence	Activité moyenne quand présence uniquement	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
En 2022					
Noctule commune	122	36,07%	2,26	6,27	Activité moyenne
Noctule de Leisler	122	43,44%	3,11	7,15	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	12,30%	0,27	2,2	Activité moyenne
Pipistrelle commune	122	18,85%	0,77	4,09	Activité faible
Sérotine/Noctule	122	45,90%	2,53	5,52	Activité très forte
Toutes espèces	122	61%	8,11	13,38	Activité forte
En 2023					
Noctule commune	122	17,36%	0,99	5,71	Activité très faible
Noctule de Leisler	122	46,28%	3,27	7,07	Activité très forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	19,83%	0,73	3,67	Activité très forte
Pipistrelle commune	122	31,40%	2,14	6,82	Activité forte
Pipistrelle de Kuhl	122	4,13%	0,15	3,6	Activité moyenne
Pipistrelle de Nathusius	122	9,92%	0,17	1,75	Activité moyenne
Sérotine commune	122	3,31%	0,03	1	Activité moyenne
Sérotine/Noctule	122	26,45%	0,71	2,69	Activité moyenne
Toutes espèces	122	49%	6,43	13,19	Activité moyenne
En 2024					
Noctule commune	122	26,45%	1,93	7,31	Activité moyenne
Noctule de Leisler	122	33,88%	2,31	6,80	Activité forte
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	122	26,45%	1,07	4,06	Activité très forte
Pipistrelle commune	122	32,23%	1,50	4,64	Activité moyenne
Sérotine commune	122	0,83%	0,01	1,00	Activité faible
Sérotine/Noctule	122	32,23%	1,34	4,15	Activité très forte
Toutes espèces	122	50%	6,66	13,21	Activité moyenne

Légende des tableaux précédents :

- Nombre de nuits : Nombre de nuits d'enregistrement en altitude ;
- Occurrence par point-nuit = rapport du nombre de points-nuits où l'espèce a été contactée sur le nombre de points-nuits total d'enregistrement sur la saison ;
- Activité moyenne quand présence ou absence = Moyenne du nombre de minutes positives par point-nuit en prenant en compte les points-nuit où l'espèce est présente et absente ;
- Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point-nuit en prenant en compte uniquement les points-nuits où l'espèce est présente ;
- Niveau d'activité quand présence ou absence = Niveau d'activité issu de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel ActiChiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf. Tableau 5).

Les niveaux d'activité toutes espèces confondues sont variables en fonction de l'année, de la période et des éoliennes. Elle passe ainsi de très faible à très forte. Néanmoins, l'analyse des niveaux d'activité en comparaison avec le référentiel d'activité des chauves-souris en altitudes montre globalement :

- Une activité plus faible des chauves-souris en période de transit printanier ;
- En 2022 et toutes espèces confondues, l'activité en période estivale est moyenne à forte. Elle apparaît très faible à forte suivant les éoliennes, en période de migration automnale.
- En 2023 et toutes espèces confondues, l'activité enregistrée est « très forte » en période estivale au niveau des deux éoliennes et faible à moyenne en période de migration automnale.
- En 2024 et toutes espèces confondues, l'activité enregistrée est moyenne au niveau de l'éolienne E03 et « très forte » sur l'éolienne E11, en période estivale. En période de migration automnale, l'activité est en revanche moyenne sur les deux éoliennes.

En période estivale, les chauves-souris sont contactées en altitude dans 62 à 77% des nuits suivies. En période de migration automnale, elles sont contactées dans environ la moitié des nuits suivies sur les deux éoliennes (45 à 61% des nuits).

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.

1) En 2022 :

Série temporelle de l'activité acoustique

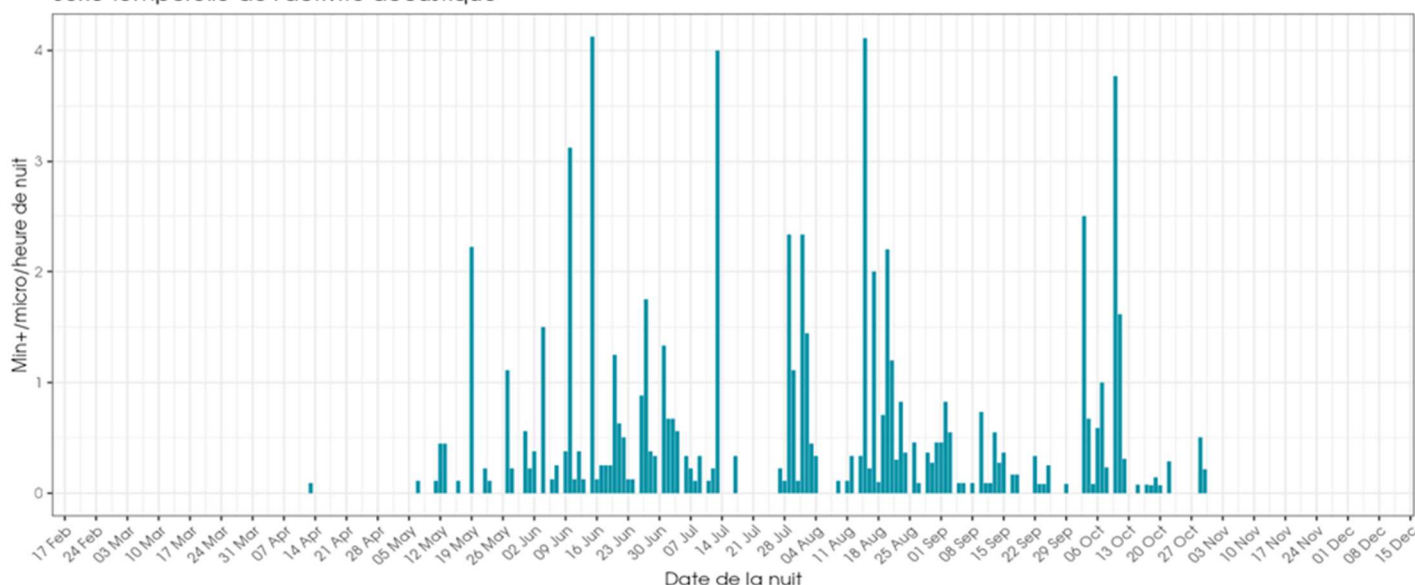


Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2022

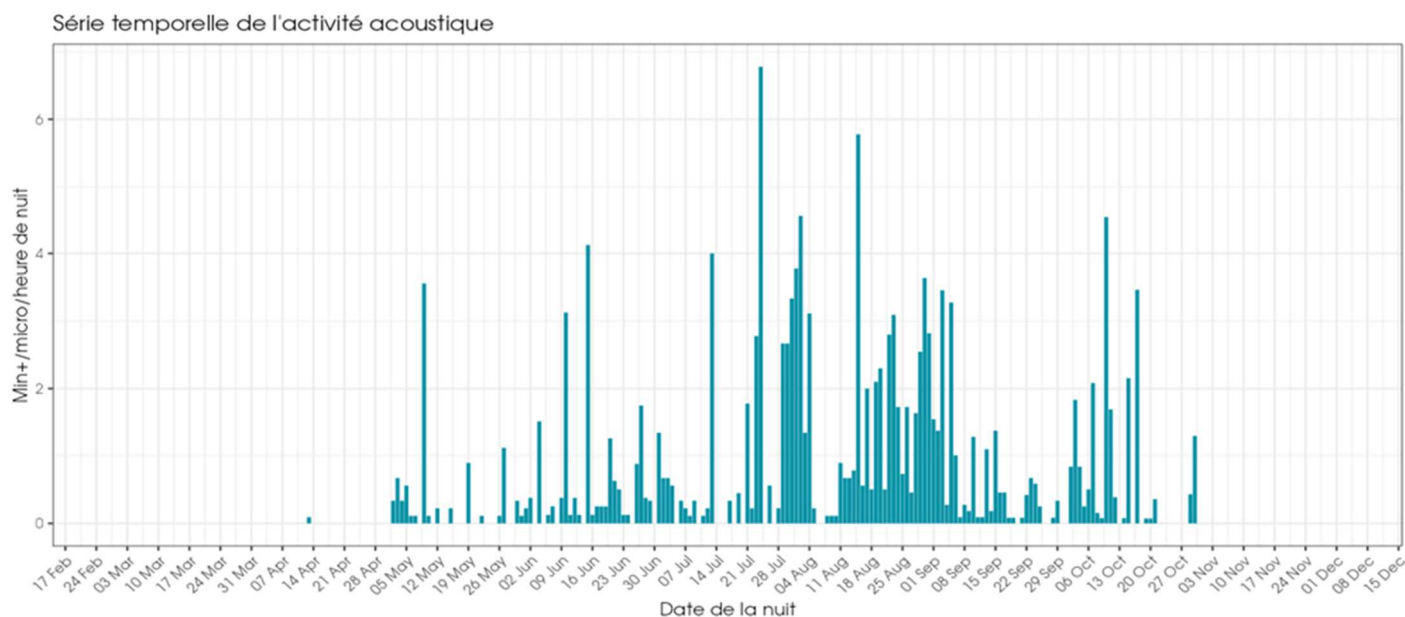


Figure 16 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022

2) En 2023

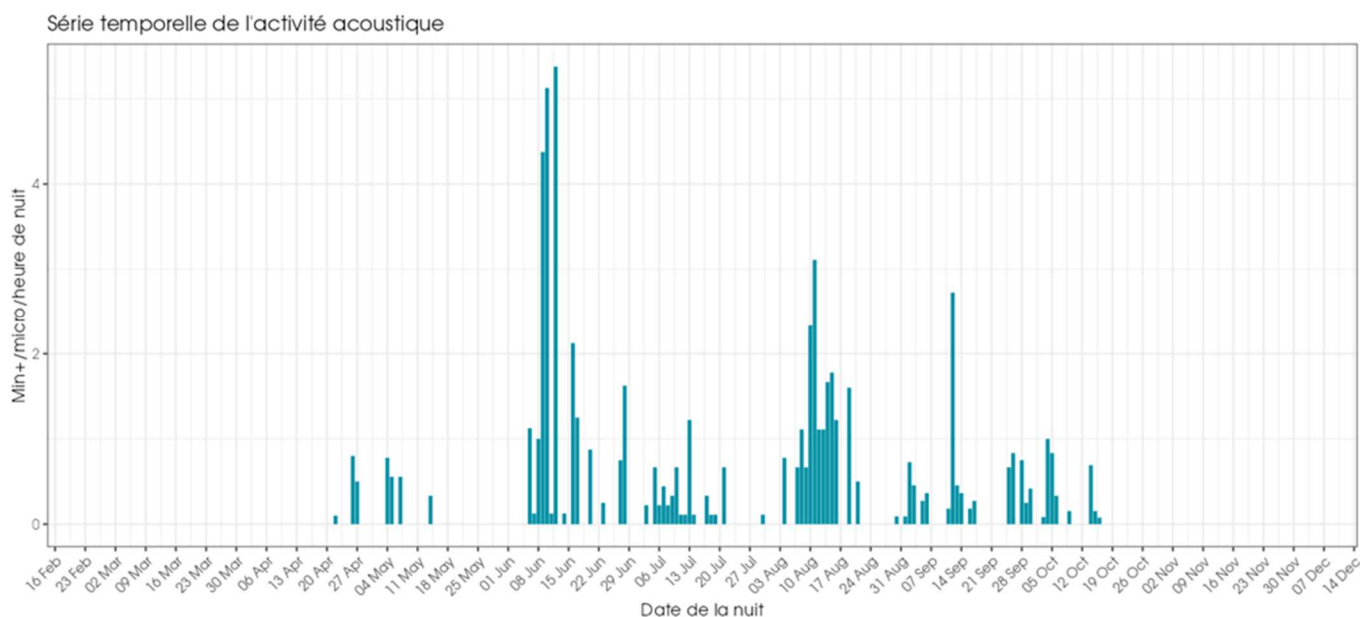


Figure 17 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2023

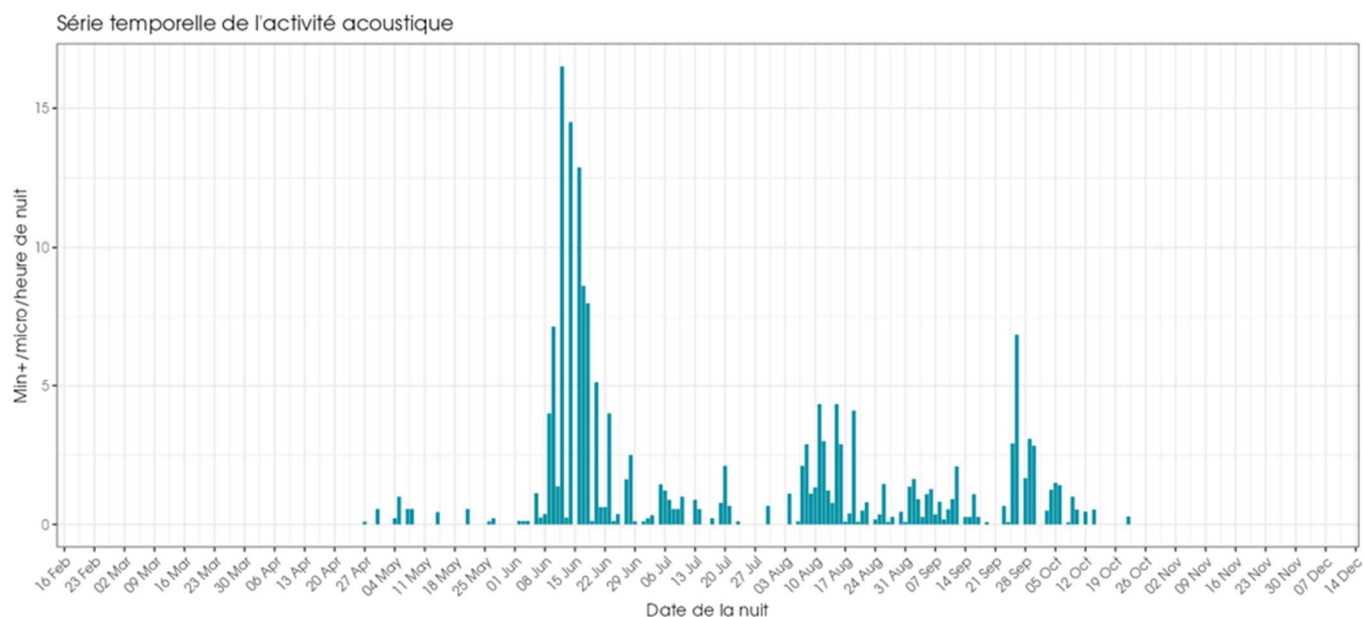


Figure 18 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2023

3) En 2024

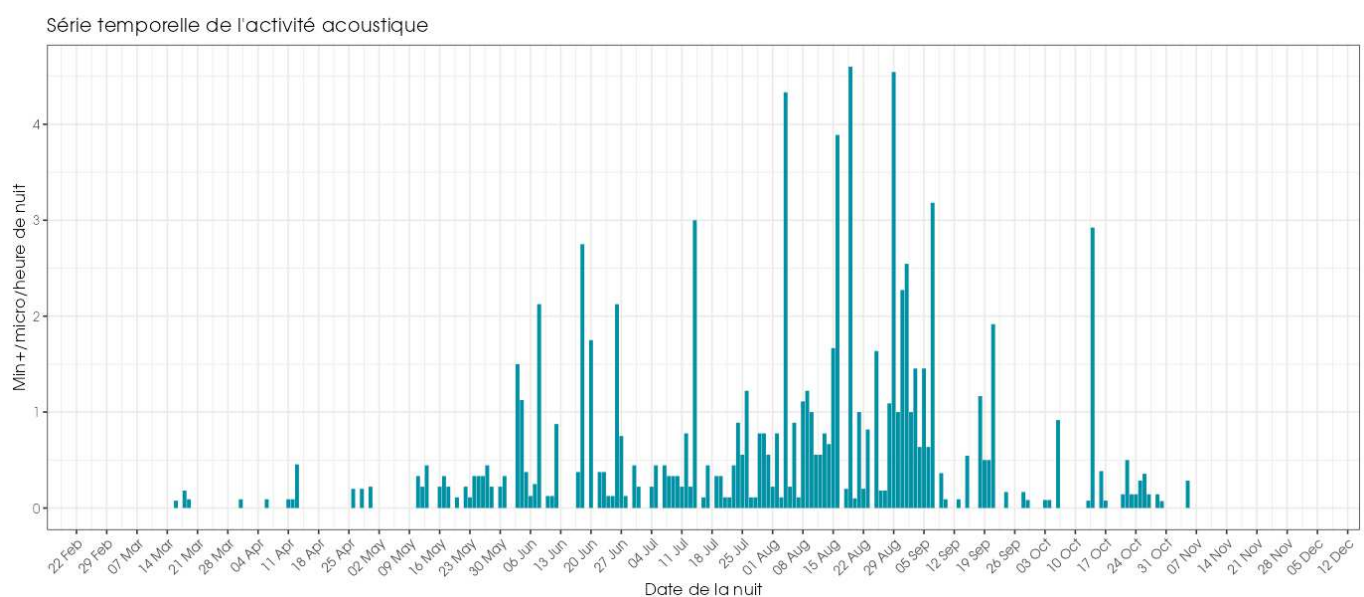


Figure 19 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024

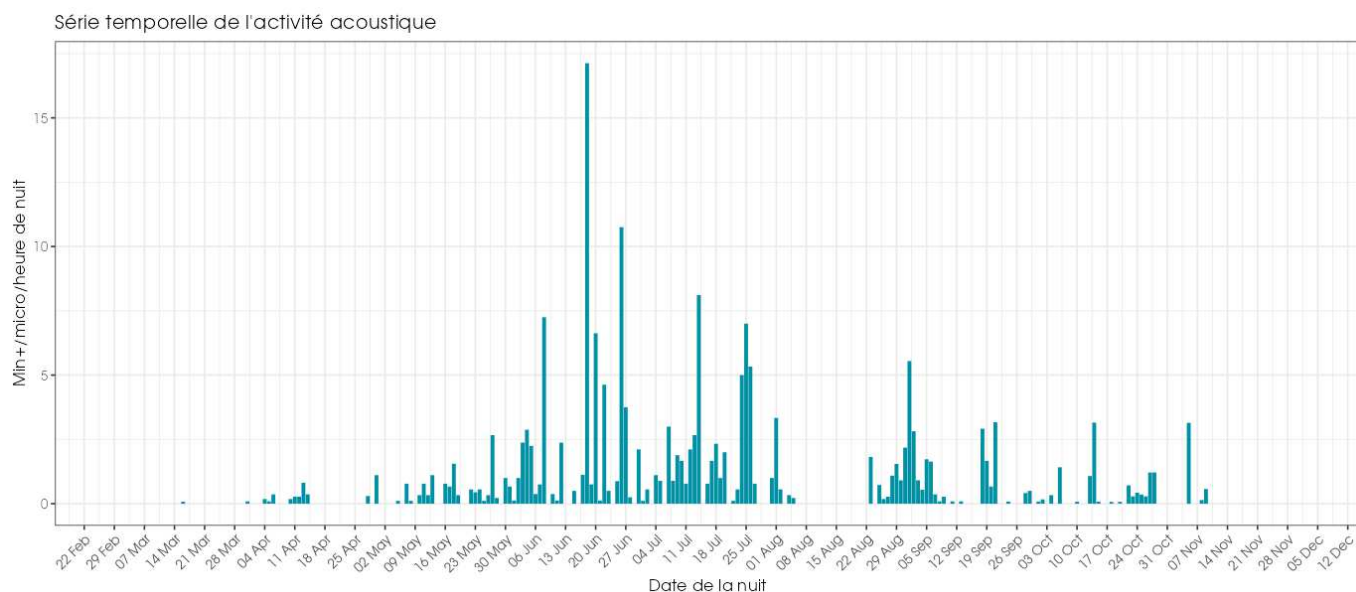


Figure 20 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024

L'activité enregistrée à 98 m au niveau de des éoliennes E03 et E11 du parc des Pierrots montre d'importantes variations de l'activité des chauves-souris. On observe peu, voire aucune activité sur les mois de mars-avril et novembre. Entre mai et octobre, on observe une activité sur l'ensemble des mois avec des pics ponctuels plus ou moins parqué.

2.1.4.1 Activité mensuelle

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

1) En 2022 :

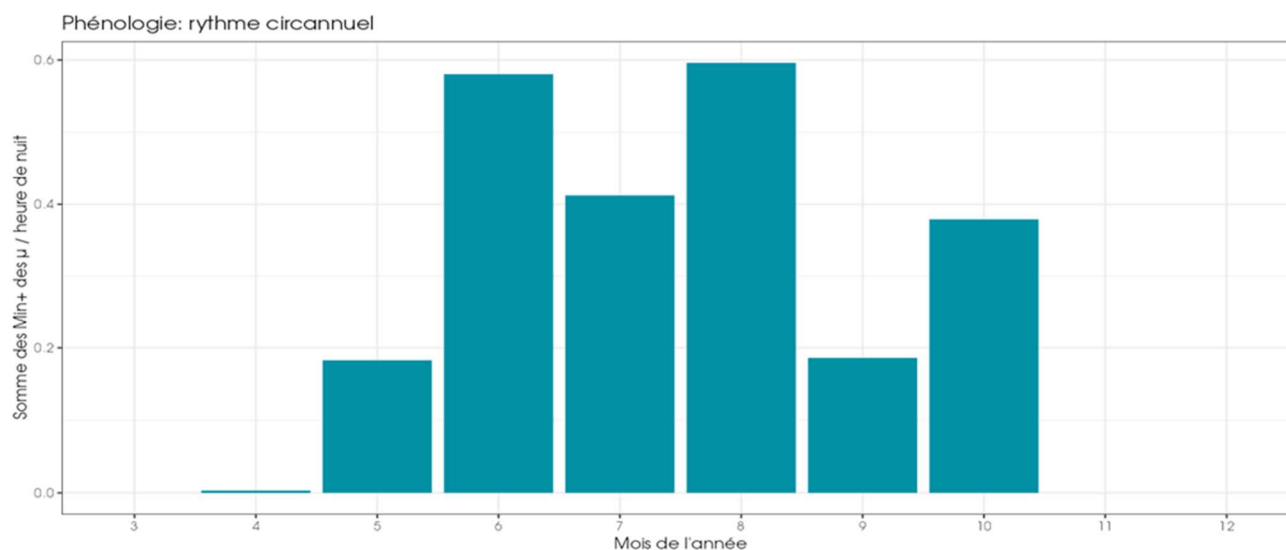


Figure 21 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2022

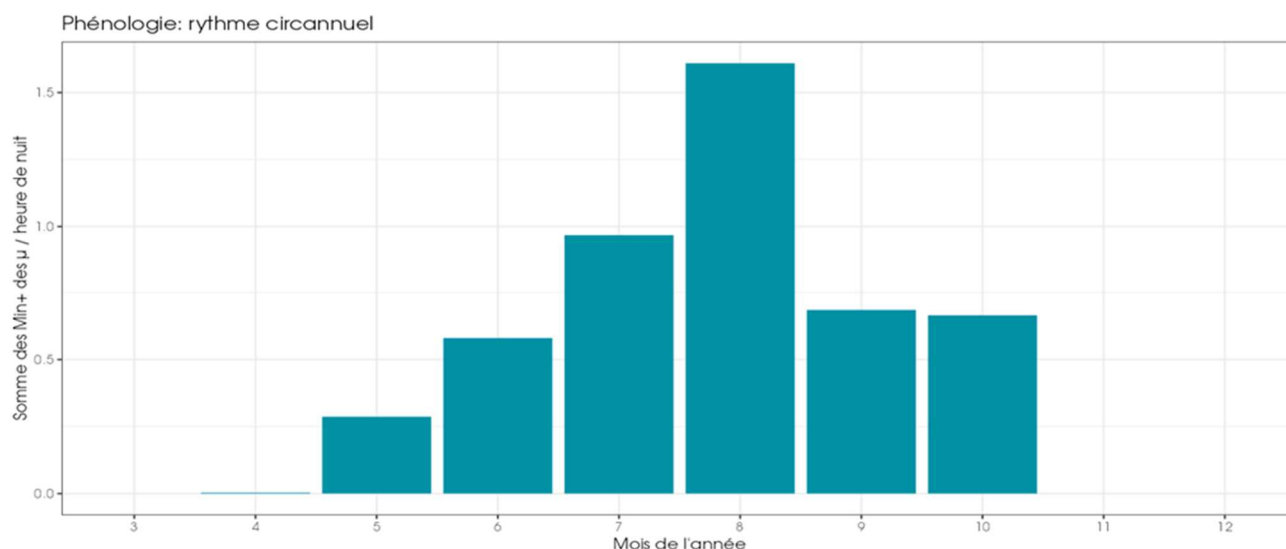


Figure 22 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 de mars à novembre 2022

L'activité la plus importante est observée sur la période estivale. Au niveau de l'éolienne E11, elle augmente régulièrement et est à son maximum au mois d'août. Au niveau de l'éolienne E03, l'activité est également marquée au mois d'août. On observe néanmoins également une activité importante au mois de juin.

Quelle que soit l'éolienne, on observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre apparaît nulle à très faible en 2022.

2) En 2023 :

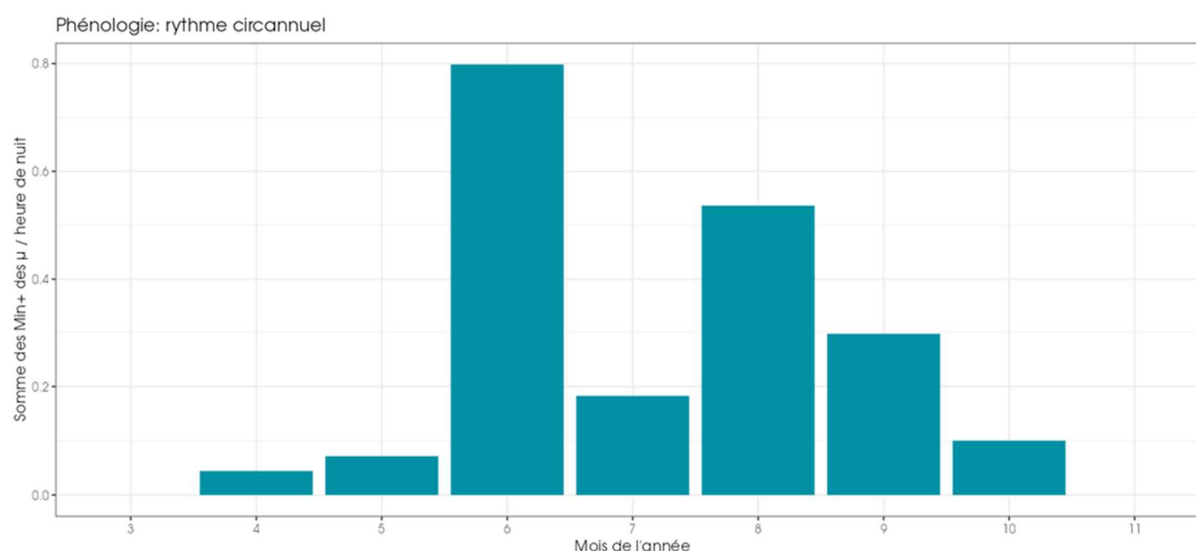


Figure 23 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2023

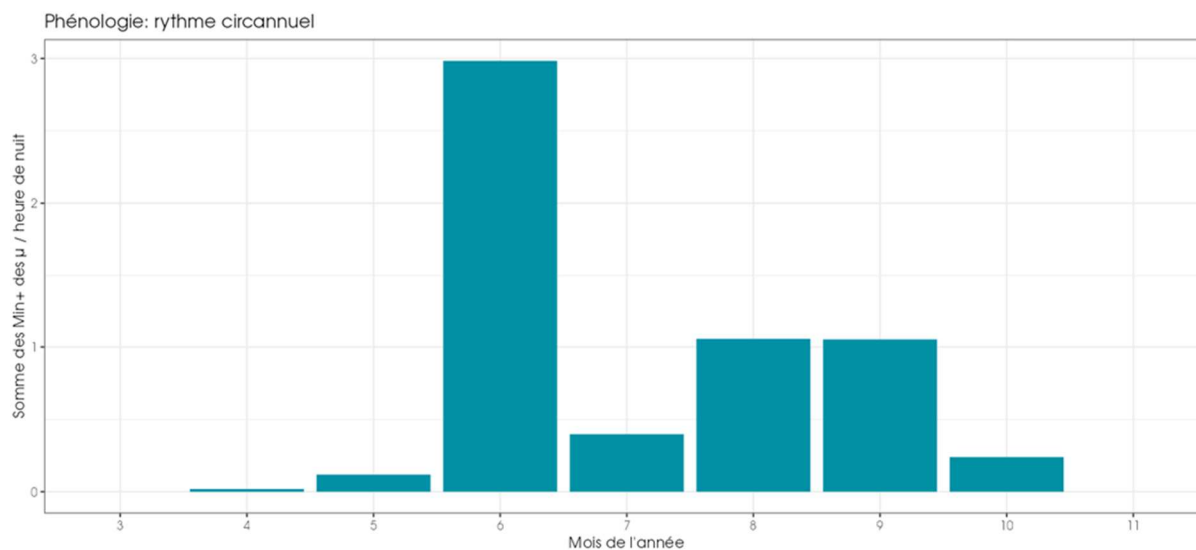


Figure 24 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 de mars à novembre 2023

En 2023, l'activité la plus importante est observée sur la période estivale, au cours du mois de juin. Elle est probablement due à une activité de chasse en lien avec des émergences d'insectes en période estivale. Au cours des mois d'août et de septembre, on observe également une activité des chauves-souris notable comme en 2022.

Quelle que soit l'éolienne, on observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre apparaît nulle à très faible également en 2023, comme en 2022.

1) En 2024 :

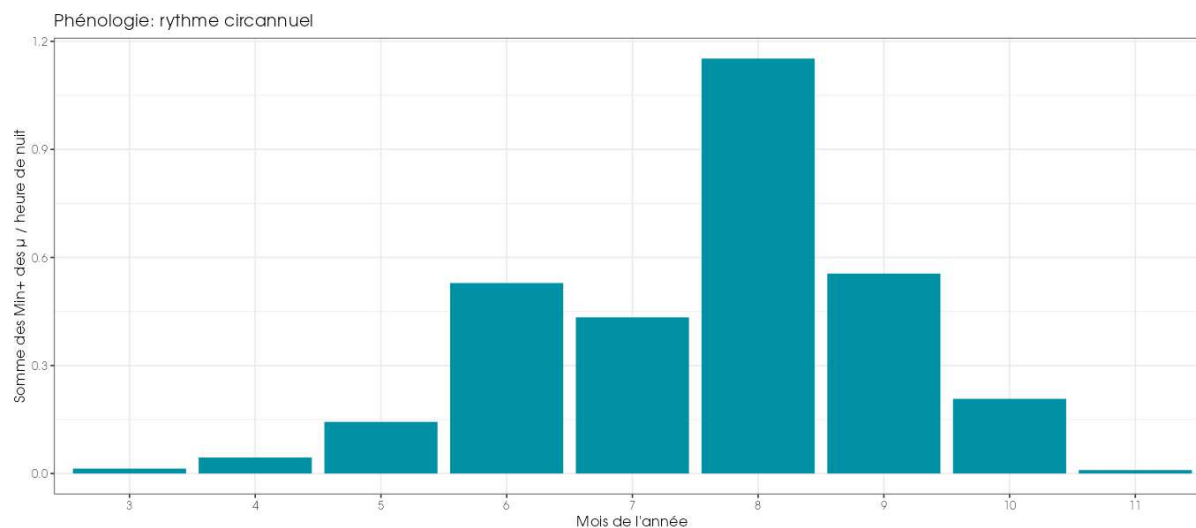


Figure 25 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2024

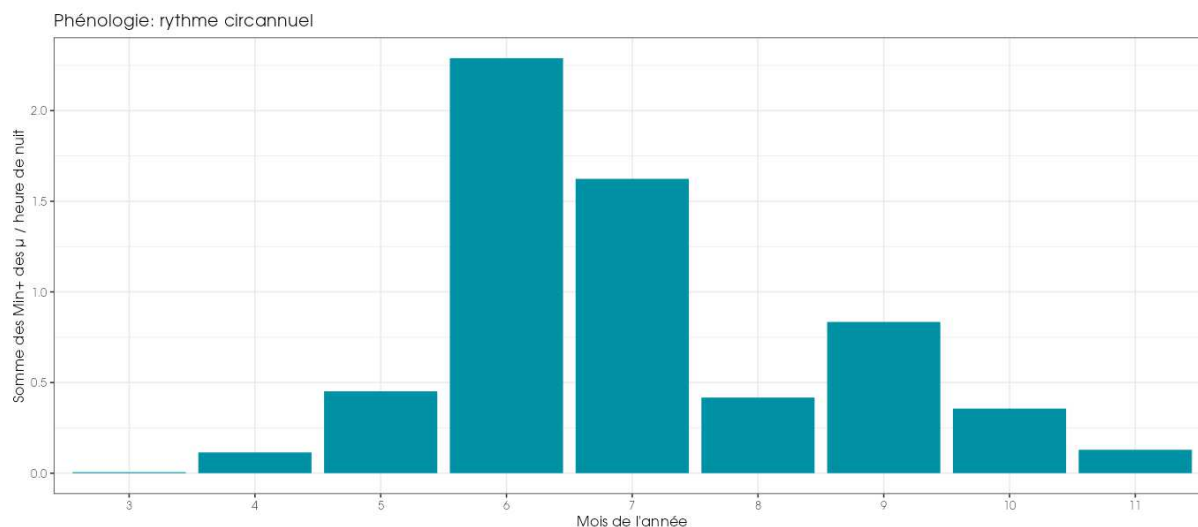


Figure 26 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 de mars à novembre 2024

En 2024, l'activité la plus importante est observée au cours du mois de juin et de juillet, au niveau de l'éolienne E11. Elle est probablement due à une activité de chasse en lien avec des émergences d'insectes en période estivale. A cette période, l'activité au niveau de l'éolienne E03 est moins importante. Au cours des mois d'août et de septembre, on observe également une activité des chauves-souris notable comme les années précédentes, ceci est particulièrement le cas au niveau de l'éolienne E03 en 2024.

Quelle que soit l'éolienne, on observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre apparaît nulle à très faible également quelle que soit l'année.

Quelle que soit l'année, on observe au niveau des deux éoliennes une activité des chauves-souris en altitude en période de mise-bas des chauves-souris (juin-juillet) et également en période de migration entre août et octobre.

2.1.4.1.1. Activité mensuelle du groupe Sérotine commune / Noctule de Leisler / Noctule commune / Grande Noctule

1) En 2022 :

La **Noctule de Leisler** est particulièrement bien présente sur le site. Pour rappel, elle représente 35 à 36 % des minutes positives enregistrées, quelle que soit l'éolienne. La Noctule de Leisler apparaît présente en altitude tout au long de la période d'activité des chauves-souris en altitude. Elle est présente sur le site dès le mois de mai jusqu'à octobre. L'activité reste globalement constante tout au long des mois.

La **Noctule commune** est moins fréquente que la Noctule de Leisler, mais représente tout de même 19 à 21 % des minutes positives. Contrairement à la Noctule de Leisler, l'activité de la Noctule commune semble être plus importante au mois d'août (période de migration de l'espèce). Elle est moins fréquente avant et après. Ceci est visible sur les deux éoliennes suivies.

L'évolution du groupe des sérotines et noctules (correspondant aux sons non différenciables) montre des niveaux d'activité plus difficiles à interpréter. L'évolution des contacts enregistrés est influencée par les comportements des Noctule de Leisler et Noctule commune. On observe à la fois une activité qui semble relativement constante sur la période d'activité et un pic en août traduisant les comportements des deux noctules sur ce site.

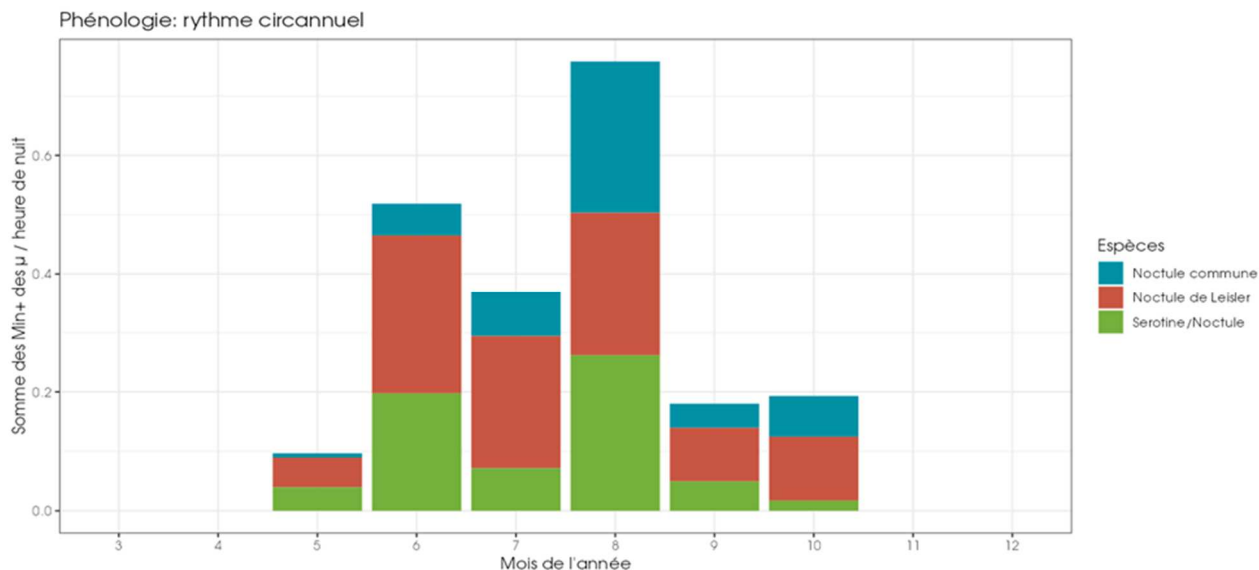


Figure 27 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2022.

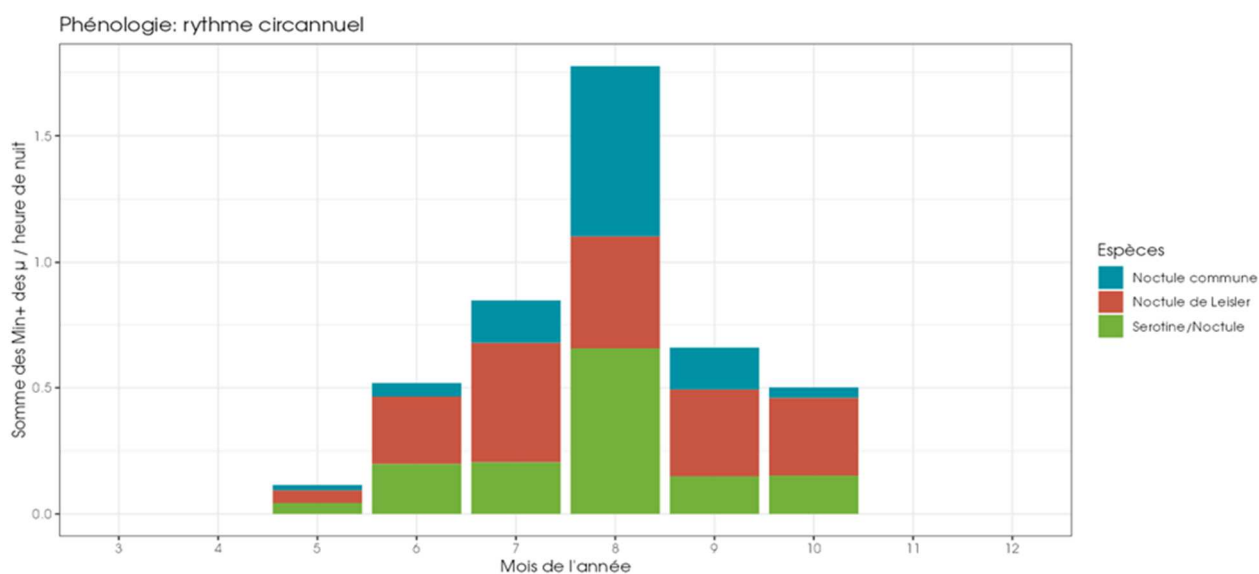


Figure 28 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022.

2) En 2023 :

Comme en 2022, la **Noctule de Leisler** est particulièrement bien présente sur le site en 2023. Pour rappel, elle représente plus de 25 à 30 % des minutes positives enregistrées, quelle que soit l'éolienne, et montre des niveaux d'activité ponctuellement forte à très forte en période estivale ou de migration automnale. Comme en 2022, l'espèce est présente en altitude tout au long de la période d'activité des chauves-souris.

La **Noctule commune** est un peu moins fréquente que la Noctule de Leisler, également en 2023. Elle est essentiellement présente sur site en période de migration de l'espèce au cours du mois d'août. Elle est moins fréquente avant et après. Ceci est visible sur les deux éoliennes suivies.

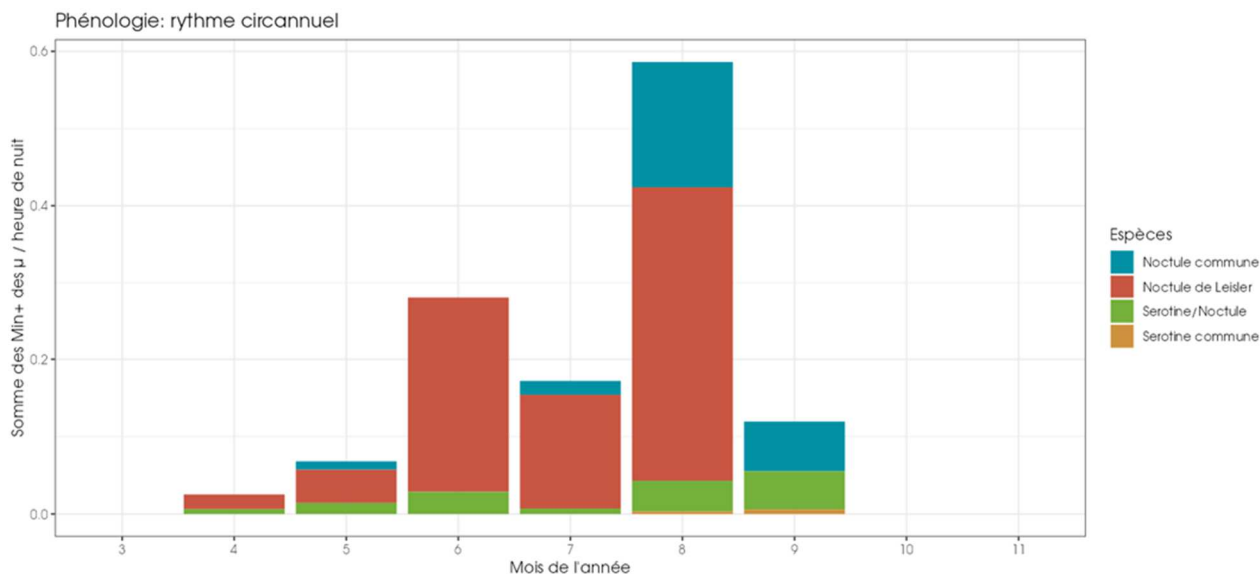


Figure 29 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2023.

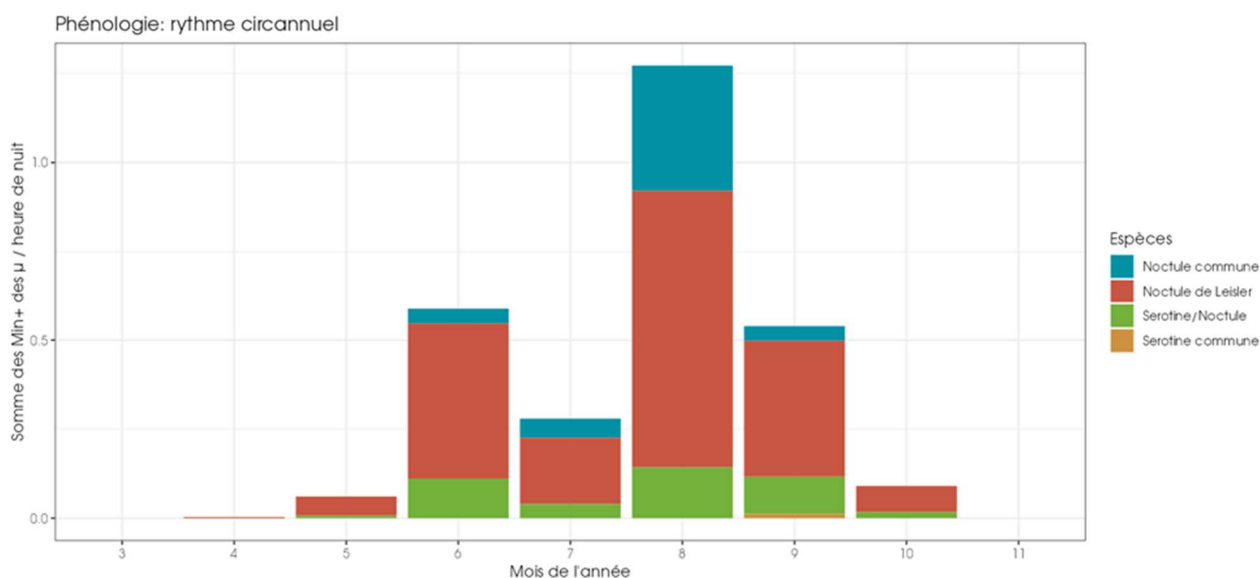


Figure 30 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2023.

3) En 2024 :

Comme en 2022 et 2023, la **Noctule de Leisler** est particulièrement bien présente sur le site. Pour rappel, elle représente plus de 25 à 26 % des minutes positives enregistrées, quelle que soit l'éolienne en 2024. Elle montre des niveaux d'activité moyenne et ponctuellement très forte en période de migration automnale. En 2024, l'espèce est présente en altitude tous au long de la période d'activité des chauves-souris. Elle apparaît plus fréquente au mois de juillet au niveau de l'éolienne E11 tandis que c'est au mois d'août qu'elle a été le plus souvent observée au niveau de l'éolienne E03.

Comme en 2022 et 2023, la **Noctule commune** est moins fréquente que la Noctule de Leisler. Elle est essentiellement présente sur site en période migration de l'espèce au cours des mois d'août et septembre. Elle est globalement moins fréquente avant et après. Ceci est visible sur les deux éoliennes suivies, excepté durant le mois de juillet au niveau de

l'éolienne E11. En effet, en 2024, l'activité de la Noctule commune durant le mois de juillet apparaît plus importante que les années précédentes au niveau de cette éolienne.

La Grande Noctule a été observée en période de dispersion de cette espèce (fin août) au niveau de l'éolienne E03. Cette espèce peut parcourir d'importante distance en une nuit. Les populations les plus proches sont connues au niveau de la forêt de Tronçais.

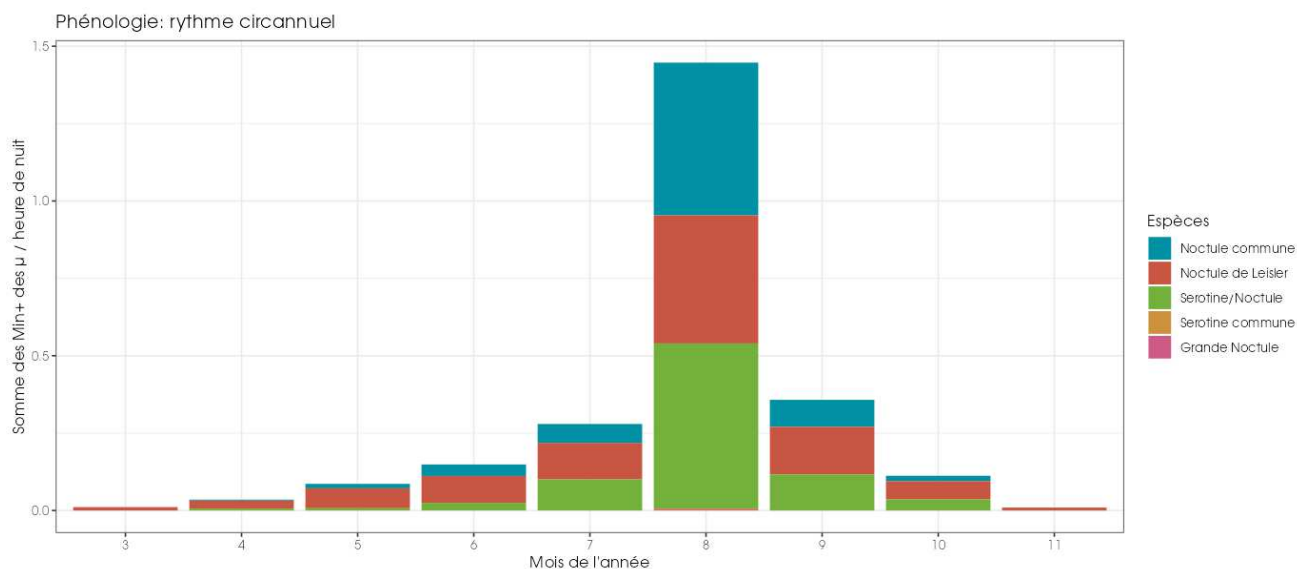


Figure 31 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024.

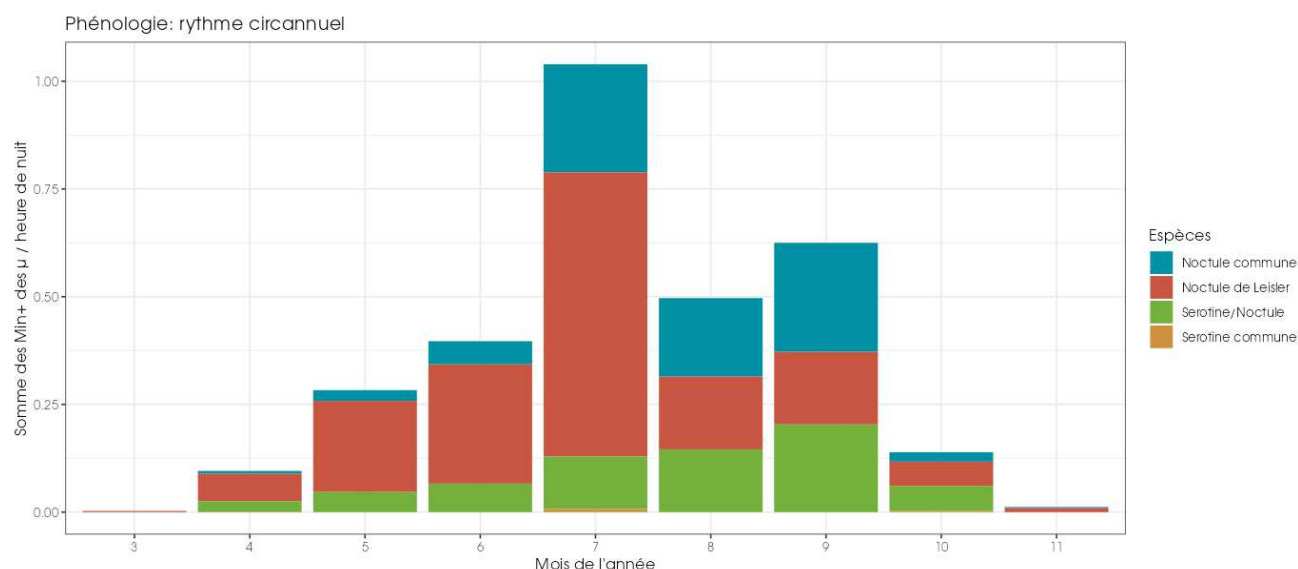


Figure 32 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024.

Les espèces de haut vol sont présentes de manière quasi continue durant les mois de mai à octobre, quelle que soit l'année. Elles sont moins fréquentes en altitude au cours des mois de mars-avril et novembre. On peut noter qu'en 2024, des contacts ont été enregistrés sur l'ensemble des mois suivis (mars à novembre) au niveau des deux éoliennes.

En altitude, la distribution d'activité est classiquement plus marquée en fin de période estivale (migration automnale). Au niveau des plaines agricoles de la région Centre-Val-de-Loire, l'activité des noctules est souvent plus importante au mois d'août ; ce qui est globalement le cas sur le site des Pierrots. Ceci est particulièrement vrai pour la Noctule commune. La Noctule de Leisler montre des niveaux d'activité plus constants, avec suivant les années et les éoliennes des pics d'activité durant les mois de juin et juillet. Ceci semble traduire la présence de populations locales venant chasser au-dessus de la plaine agricole.

La Grande Noctule a été observée pour la première fois en 2024 sur le parc des Pierrots. Cette espèce est de plus en plus souvent observée, notamment en période de dispersion, en région Centre-Val-de-Loire. Il est possible qu'elle soit plus fréquente au niveau du parc dans les années à venir.

2.1.4.1.2. Activité mensuelle de la Pipistrelle commune / Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius / Vespère de Savi

1) En 2022 :

La **Pipistrelle commune** représente un peu plus de 10 % des contacts en altitude sur le site en 2022, quelle que soit l'éolienne. L'espèce a été observée sur la grande majorité de la période d'observation, à l'exception du mois d'août au niveau de l'éolienne E03.

Le groupe **Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius** représente 13 % des observations au niveau de l'éolienne E03 et 6 % au niveau de l'éolienne E11. Comme pour la Pipistrelle commune, les observations sont réparties sur l'ensemble des mois suivis, à l'exception des mois de mars-avril et du mois de novembre.

La **Pipistrelle pygmée** a été observée à une seule reprise au mois de mai. Cela peut correspondre à un individu en transit.

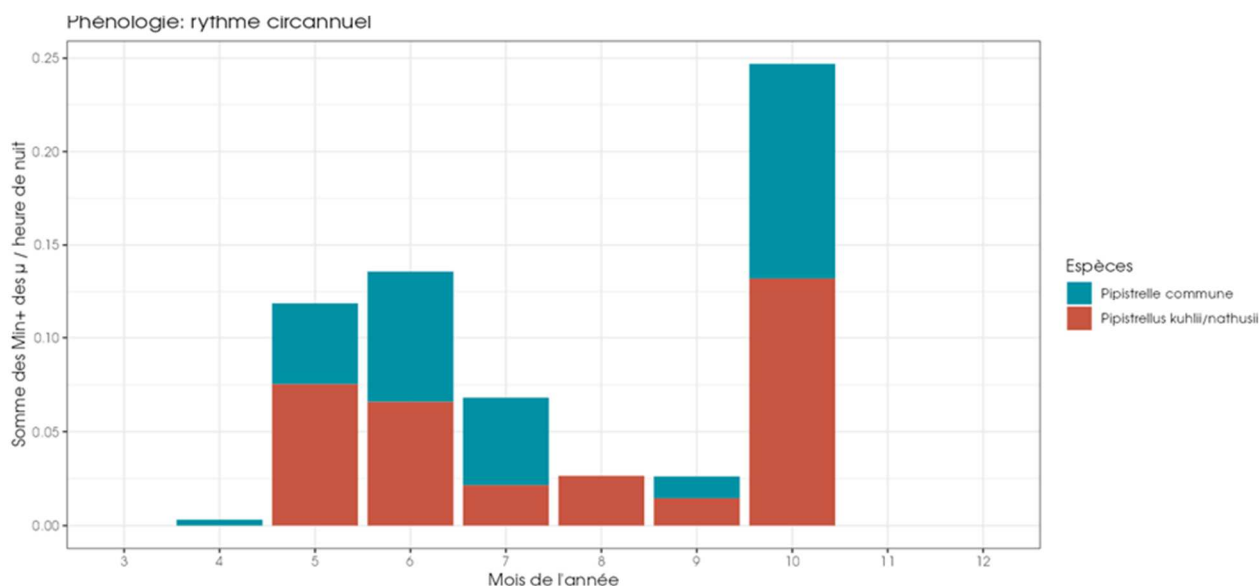


Figure 33 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2022.

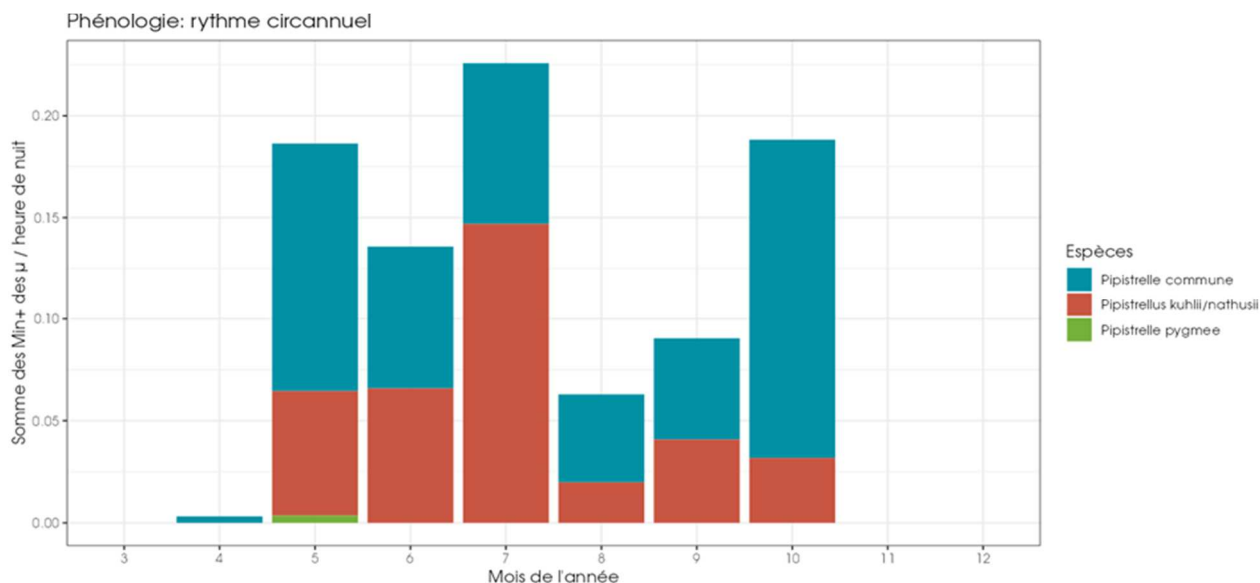


Figure 34 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022.

2) En 2023 :

La **Pipistrelle commune** est plus fréquente en 2023. Elle représente 31 à 36 % des contacts suivant l'éolienne. Elle a essentiellement été contactée au mois de juin. Quelle que soit l'éolienne, on observe un pic de présence de l'espèce au mois de juin.

L'ensemble des **Pipistrelles de Kuhl** et **Pipistrelles de Nathusius** sont également bien fréquentes. Elle représente globalement 23 à 26 %, suivant l'éolienne en 2023, en prenant en compte les contacts identifiés à l'espèce et le groupe. Comme pour la Pipistrelle commune, les observations sont réparties sur l'ensemble des mois suivi avec un pic notable d'activité au cours du mois de juin.

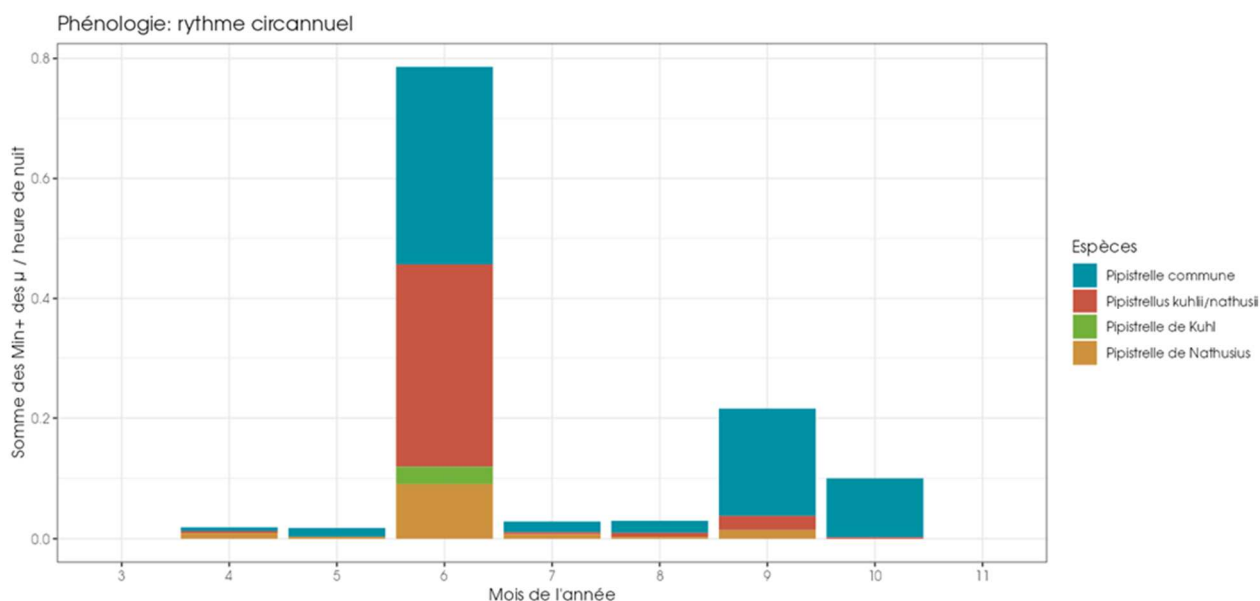


Figure 35 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2023.

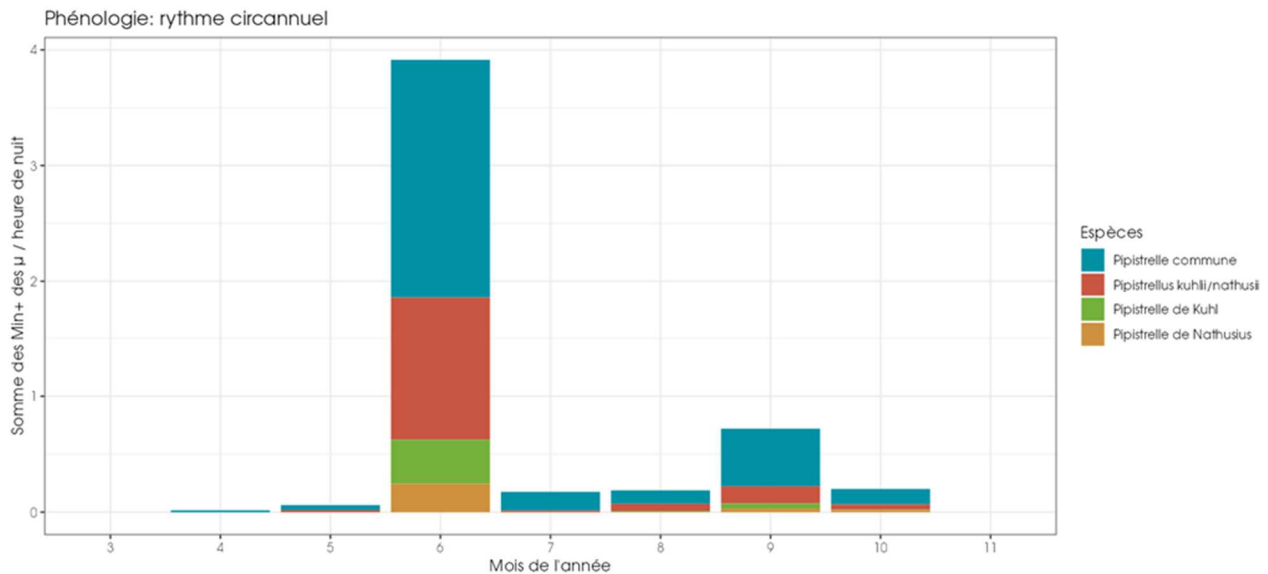


Figure 36 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2023.

3) En 2024 :

La **Pipistrelle commune** est également bien fréquente en 2024, comme en 2023. Elle représente 17 à 34 % des contacts suivant l'éolienne. Elle a essentiellement été contactée au mois de juin et de juillet. Quelle que soit l'éolienne, on observe un pic de présence de l'espèce au mois de juin. Néanmoins, l'activité apparaît plus importante en nombre au niveau de l'éolienne E11.

L'ensemble des **Pipistrelles de Kuhl** et **Pipistrelles de Nathusius** sont également bien fréquentes. Elle représente globalement 15 %, quelle que soit l'éolienne en 2024, en prenant en compte les contacts identifiés à l'espèce et le groupe. Comme pour la Pipistrelle commune, les observations sont réparties sur l'ensemble des mois suivi avec un pic notable d'activité au cours du mois de juin, correspondant probablement à l'activité de chasse en période estivale des Pipistrelles de Kuhl. On peut également noter un regain de l'activité de ce groupe durant les mois de septembre et octobre, correspondant à la période de migration de la Pipistrelle de Nathusius.

La **Pipistrelle pygmée** a été de nouveau observée en 2024, au niveau de l'éolienne E03. Elle a été contactée durant le mois de septembre. En 2022, elle avait été contactée au cours du mai au niveau de l'éolienne E11. Elle semble être présente ponctuellement au sein du parc des Pierrots en période de transit.

Le **Vespère de Savi** a été observé pour la première fois en 2024 au sein du parc des Pierrots. Il a été contacté à la fin du mois de mai, au niveau de l'éolienne E03. Il s'agit d'une espèce de haut vol qui est très ponctuellement contactée en région Centre-Val-de-Loire et dans le département de l'Indre.

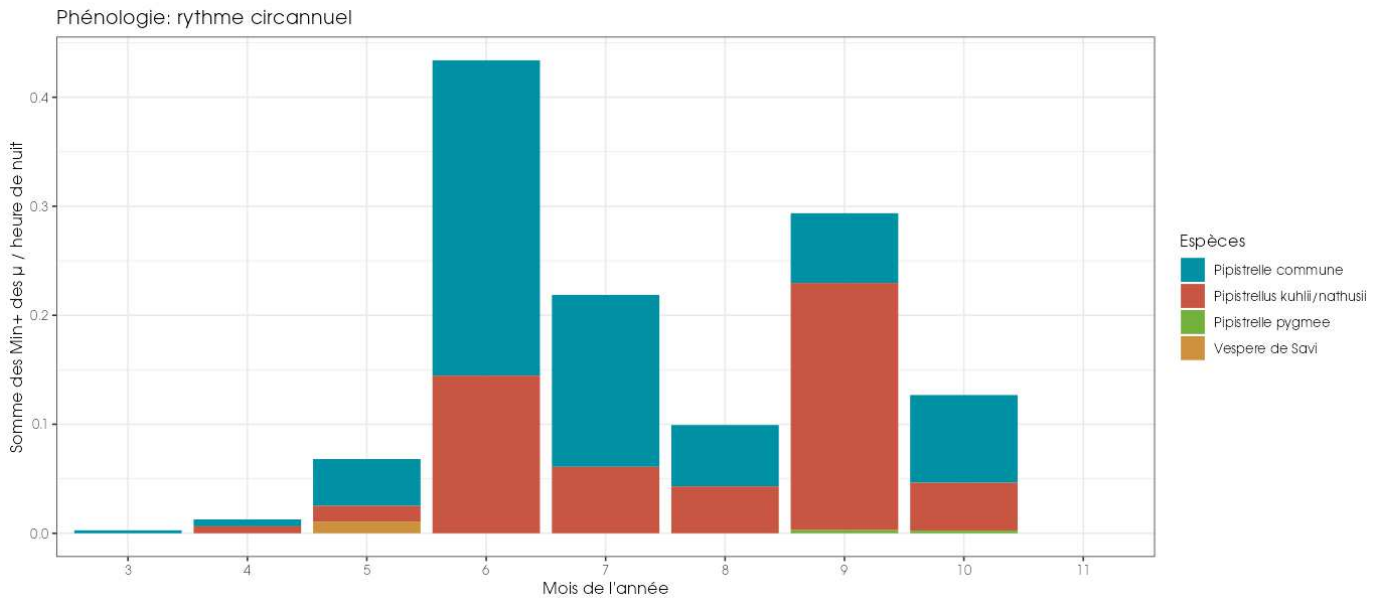


Figure 37 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024.

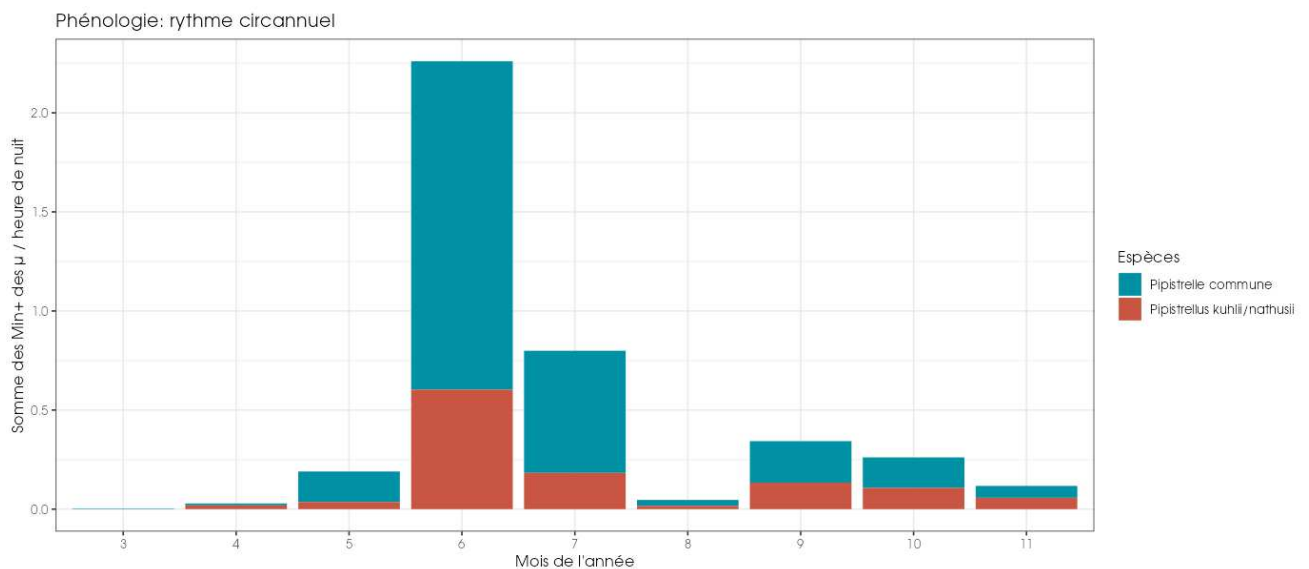


Figure 38 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024.

Les pipistrelles sont présentes sur le site tout au long de la période d'activité. Il semble y avoir une activité plus importante au cours des mois de juin à juillet et octobre en 2022. En 2023 et 2024, elles sont surtout visibles durant le mois de juin à juillet, avec la présence d'un pic d'activité bien marqué en juin 2023. Cela correspond à une activité des populations locales en période de mise-bas et élevage de jeunes, des Pipistrelles commune et Pipistrelles de Kuhl. A cette période, on peut noter que l'activité est plus importante au niveau de l'éolienne E11 qu'au niveau de l'éolienne E03.

Au cours des mois de septembre et octobre, on peut observer un regain de l'activité des pipistrelles correspondant à la période de dispersion et de migration de la Pipistrelle de Nathusius. Ce regain est plus ou moins marqué suivant les années et les éoliennes.

La Pipistrelle pygmée et le Vespère de Savi ont été observés ponctuellement en période de transit. Leur présence au sein du parc des Pierrots est variable suivant les années.

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.

Que ce soit en 2022, 2023 ou 2024, l'analyse sur la totalité de la période d'enregistrement montre que l'activité des chauves-souris est visible sur l'ensemble de la nuit. Elle est généralement plus importante durant les trois premières heures de la nuit et diminue ensuite. Néanmoins, l'activité ne disparaît pas totalement sur l'ensemble de la nuit.

En 2022

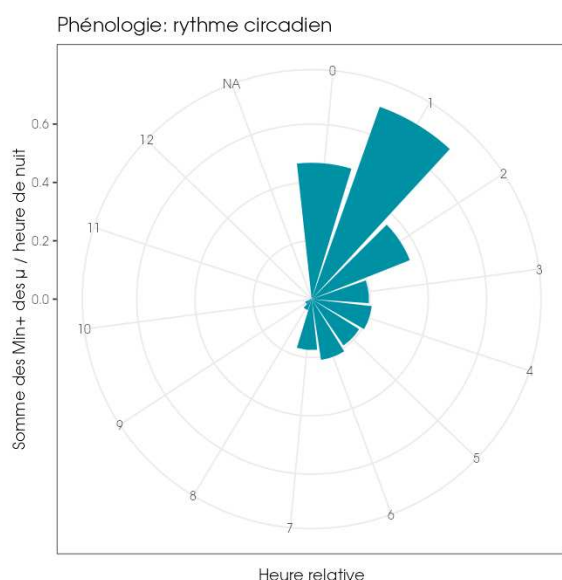


Figure 39 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2022.

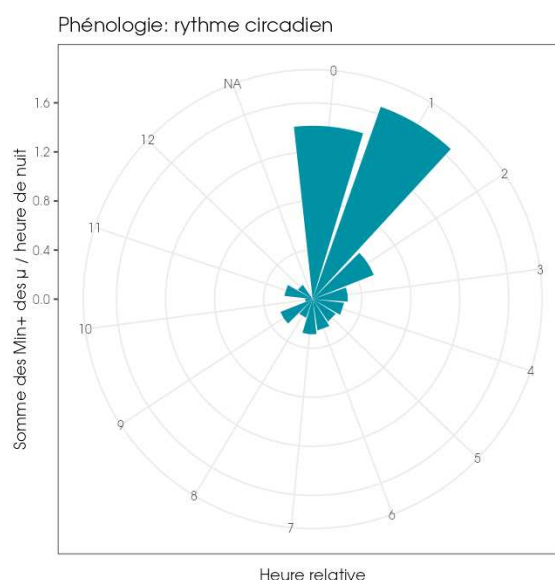


Figure 40 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2022.

En 2023

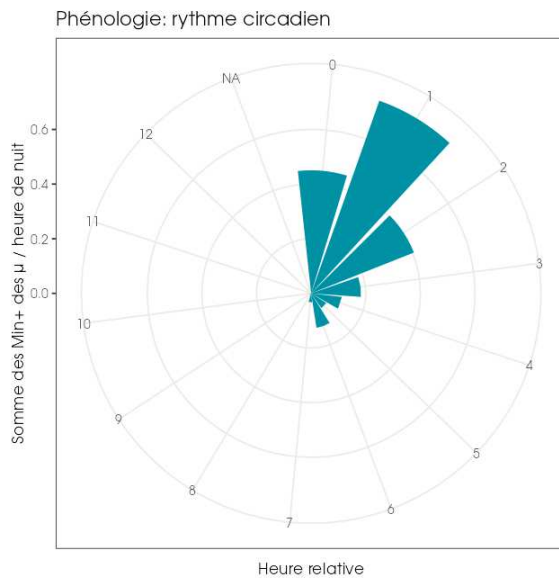


Figure 41 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2023.

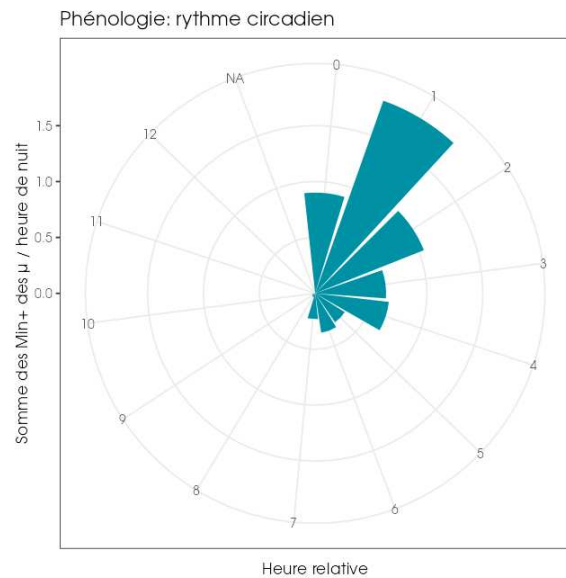


Figure 42 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2023.

En 2024

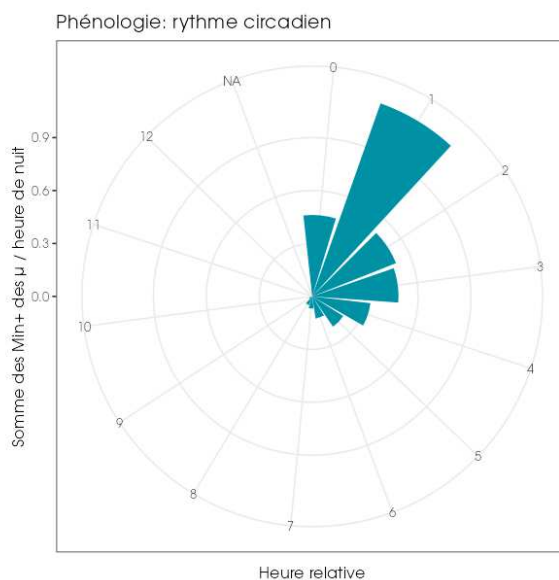


Figure 43 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2024.

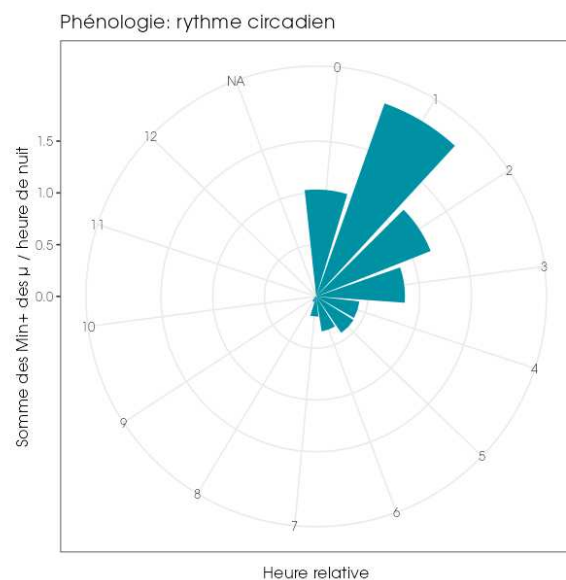


Figure 44 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2024.

En période de migration, d'août à octobre, l'activité est plus marquée en début de nuit mais montre également des pics d'activités en fin de nuit (cf : graphiques ci-dessous).

Août à octobre 2022

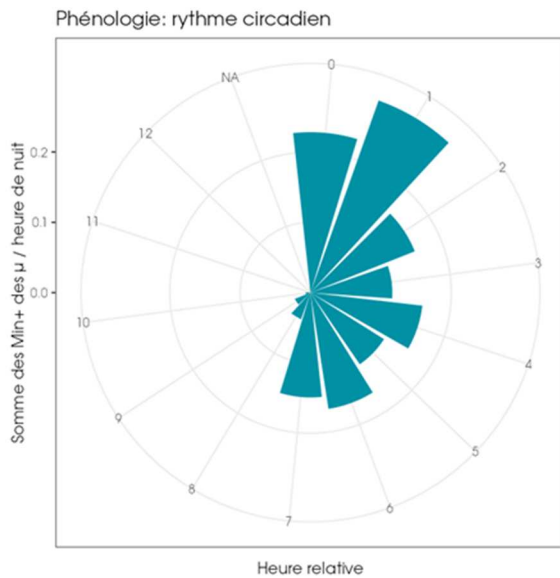


Figure 45 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2022.

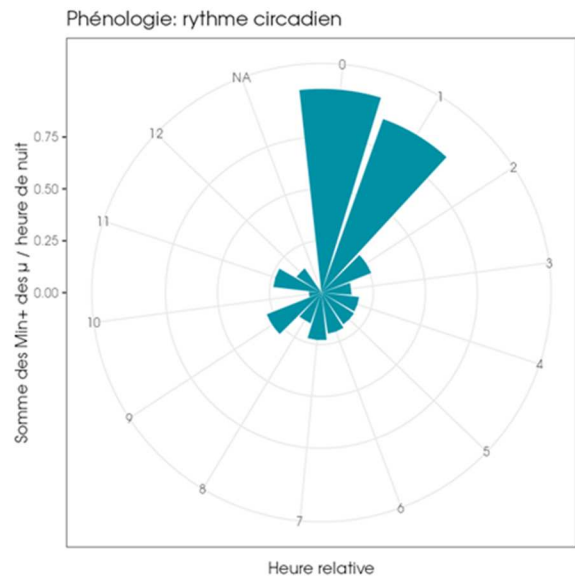


Figure 46 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2022.

Août à octobre 2023

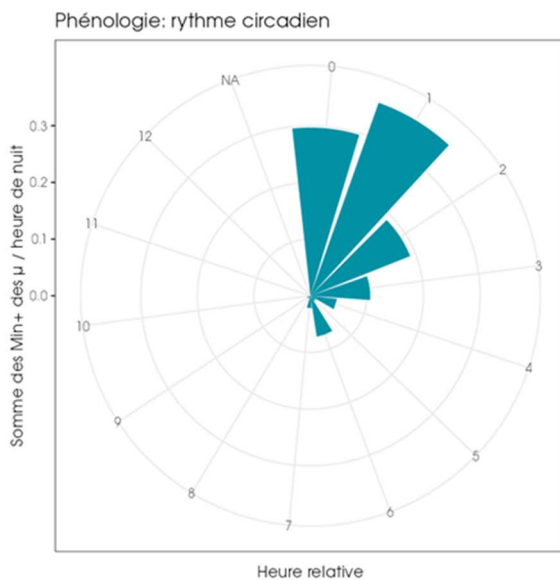


Figure 47 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2023.

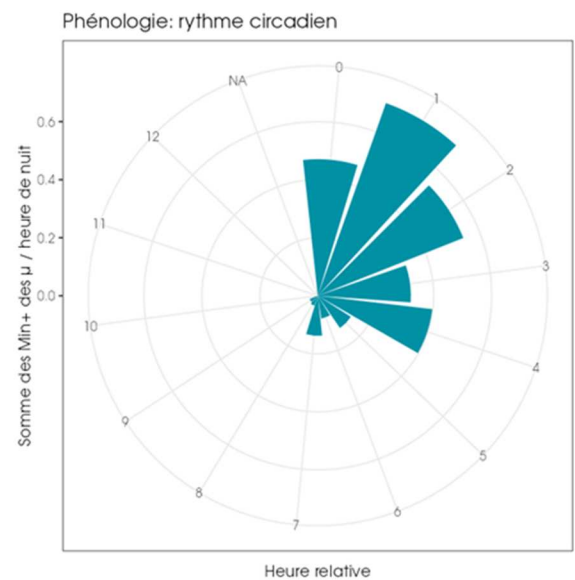


Figure 48 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2023.

Août à octobre 2024

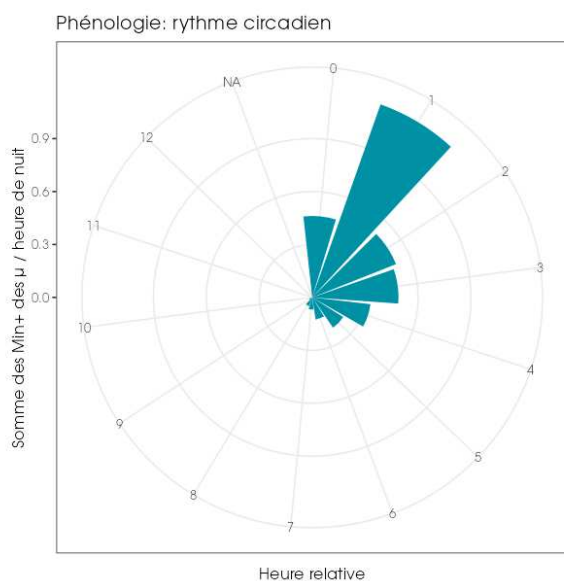


Figure 49 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2024.

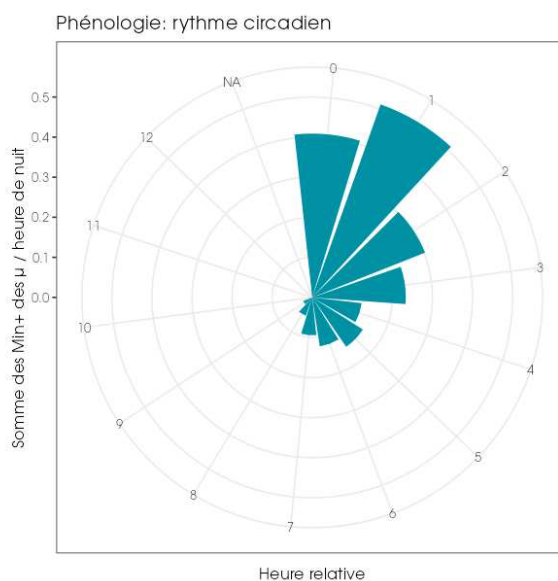


Figure 50 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2024.

Le regain d'activité des chauves-souris durant la nuit à partir du mois d'août est également bien visible sur les actogrammes suivants, quelle que soit l'année.

Les deux actogrammes représentant l'activité en 2023, montrent également bien le pic d'activité des pipistrelles au cours du mois de juin. Lors de ce pic, l'activité a lieu sur l'ensemble de la nuit.

Les graphiques suivants (actogrammes) présentent le détail de l'activité toutes espèces confondues. La zone en violet correspond à la nuit.

1) En 2022 :

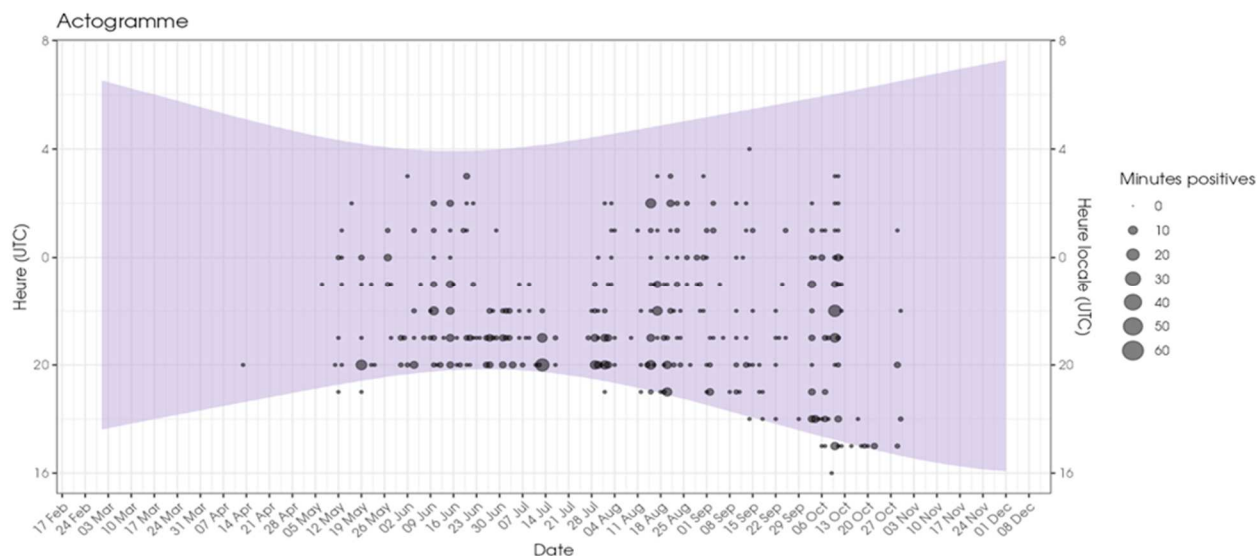


Figure 51 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E03 en 2022.

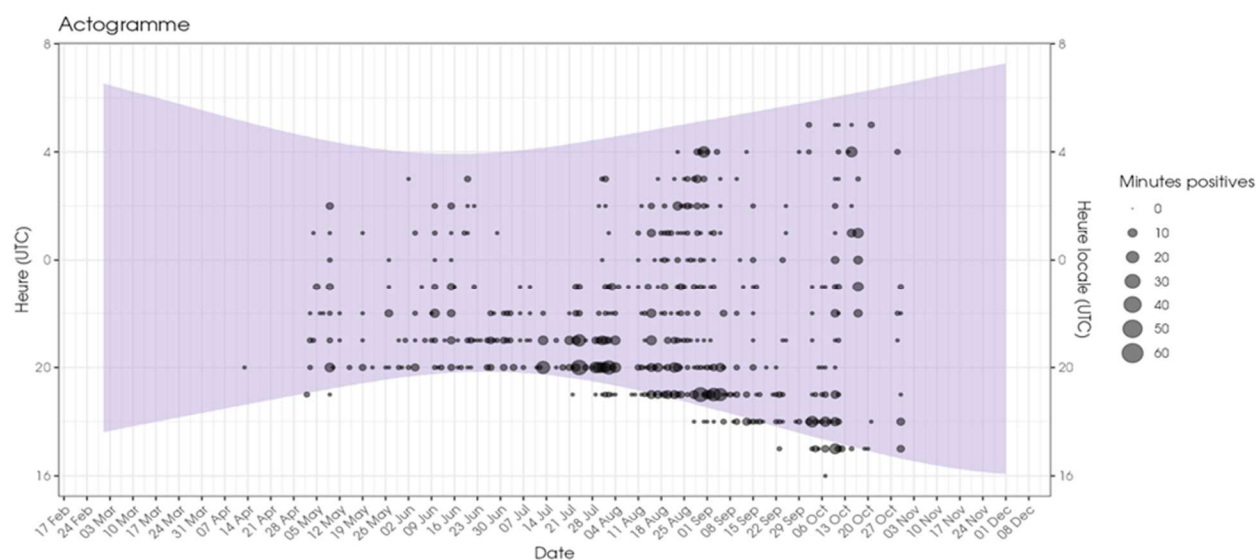


Figure 52 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 en 2022.

2) En 2023 :

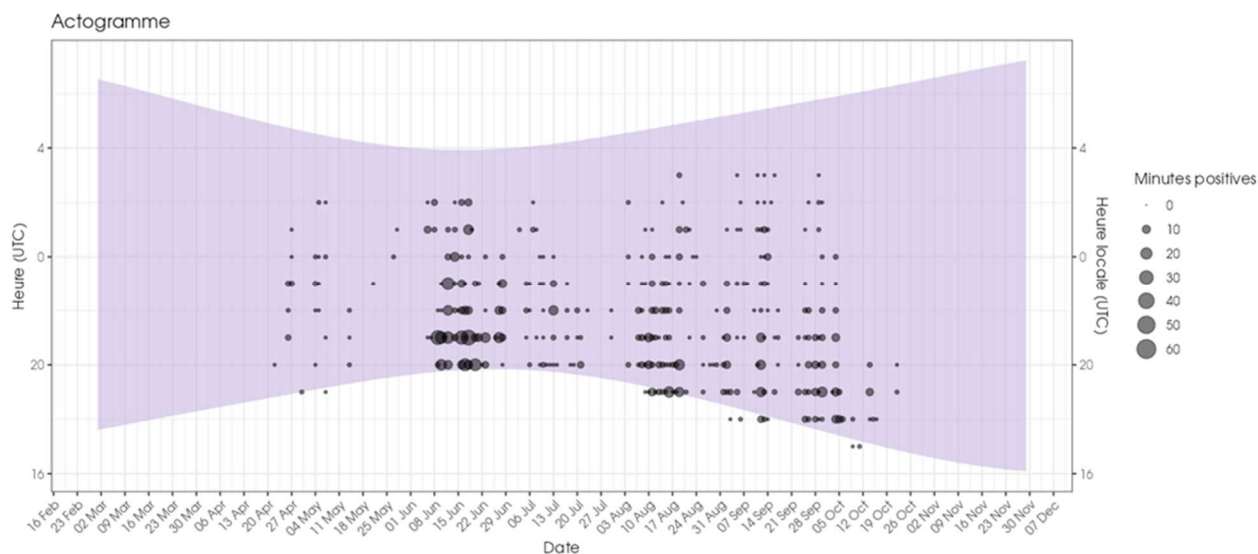


Figure 53 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E03 en 2023.

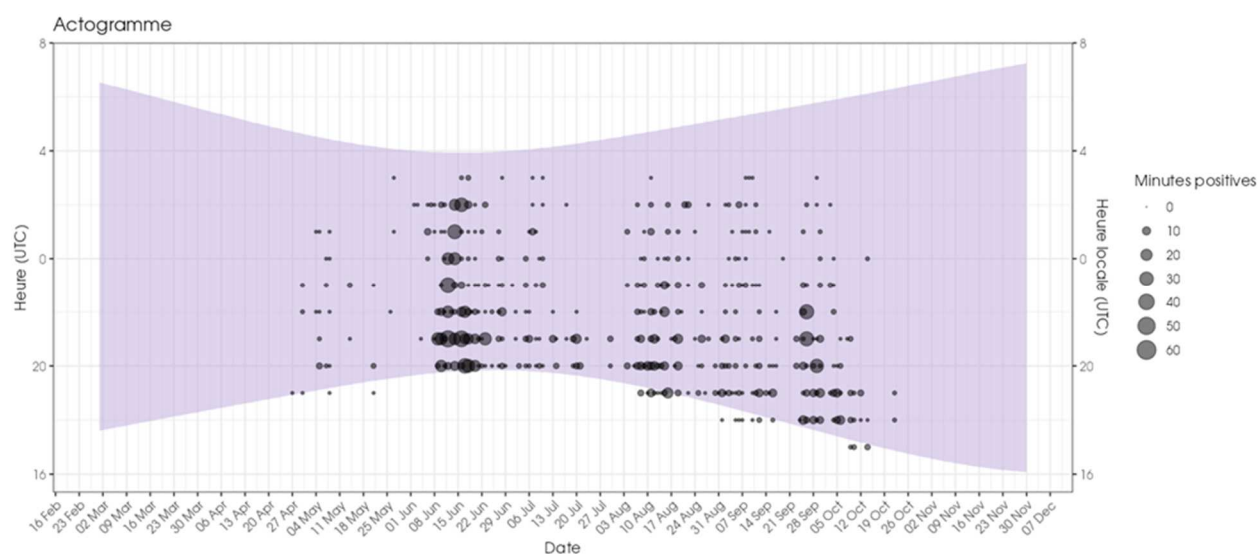


Figure 54 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 en 2023.

3) En 2024 :

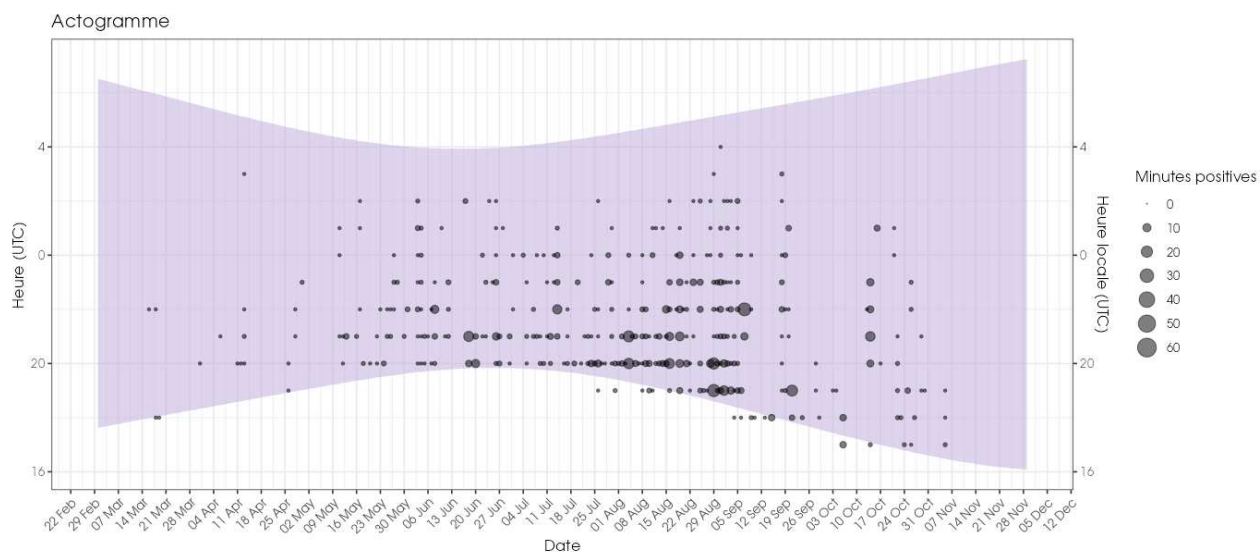


Figure 55 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E03 en 2024.

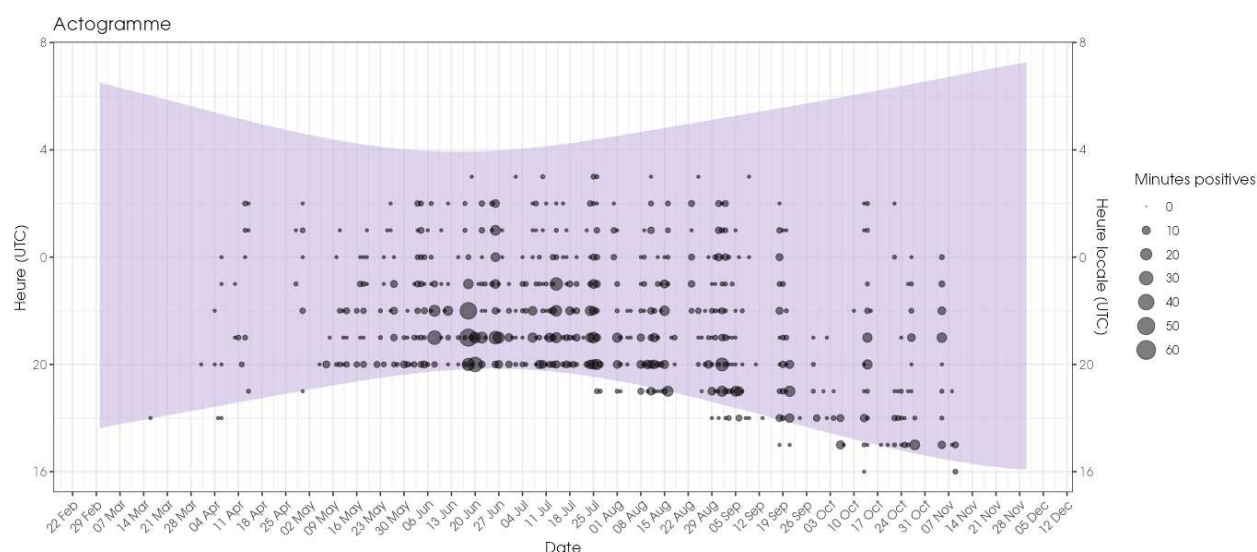


Figure 56 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 en 2024.

Quelle que soit l'année, l'activité en altitude est fluctuante, mais ne disparaît pas totalement au cours de la nuit. Si on examine dans le détail cette activité sur l'ensemble des nuits, on constate qu'elle se concentre généralement en début de nuit. Mais ponctuellement, des pics d'activités en milieu de nuit, toutes espèces confondues, sont constatés. Ils peuvent avoir lieu en période intense de migration (août et septembre) ou au mois de juin, comme on peut le voir en 2023 (E03 et E11) et en 2024 (E11).

Cette représentation graphique montre bien que l'activité chiroptérologique est plus intensément marquée au début de la nuit. Néanmoins, elle ne disparaît pas totalement au cours de la nuit, les chauves-souris restent actives tout au long de la nuit. Notons néanmoins que d'une année à l'autre, différents facteurs peuvent influencer l'activité des chauves-souris. Il peut donc y avoir des variations interannuelles de l'activité des chauves-souris.

Proportion d'activité en fonction de la durée après le coucher du soleil en 2024

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 15 : Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil en 2024

	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%
Éolienne E03	Toutes les périodes	2h01 569 min. pos.	3h52 853 min. pos.	4h40 967 min. pos.	5h17 1024 min. pos.	6h23 1080 min. pos.	8h19 1126 min. pos.
	Période printanière (avril à mai)	2h30 32 min. pos.	3h29 47 min. pos.	4h03 54 min. pos.	4h35 57 min. pos.	5h44 60 min. pos.	6h56 62 min. pos.
	Période estivale (juin à août)	1h51 374 min. pos.	3h22 560 min. pos.	4h17 635 min. pos.	4h58 673 min. pos.	5h27 710 min. pos.	7h21 740 min. pos.
	Période automnale (septembre à novembre)	3h02 164 min. pos.	4h15 245 min. pos.	5h59 278 min. pos.	6h02 294 min. pos.	7h51 311 min. pos.	8h33 324 min. pos.
Éolienne E11	Toutes les périodes	2h08 1153 min. pos.	3h41 1730 min. pos.	4h53 1960 min. pos.	5h47 2076 min. pos.	6h41 2191 min. pos.	7h56 2283 min. pos.
	Période printanière (avril à mai)	2h32 87 min. pos.	3h42 130 min. pos.	5h05 147 min. pos.	6h07 156 min. pos.	6h59 165 min. pos.	7h33 172 min. pos.
	Période estivale (juin à août)	2h04 790 min. pos.	3h26 1184 min. pos.	4h21 1342 min. pos.	5h06 1421 min. pos.	6h17 1500 min. pos.	7h40 1564 min. pos.
	Période automnale (septembre à novembre)	2h10 277 min. pos.	4h49 416 min. pos.	6h05 471 min. pos.	6h43 499 min. pos.	7h31 526 min. pos.	8h56 548 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 en fonction des éoliennes :

- 90% de l'activité en altitude se concentre dans les 5h17 (E03) à 5h47 (E11) qui suivent le coucher du soleil ;
- 75% de l'activité en altitude se concentre dans les 3h42 (E11) à 3h52 (E03) qui suivent le coucher du soleil ;
- 50 % de l'activité en altitude a été obtenue entre le coucher du soleil et environ 2h01 (E03) à 2h08 (E11) après celui-ci.

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

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

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

Tableau 16 : Croisement des informations sur l'évaluation de l'activité en altitude issues des trois années de suivi.

	En 2022	En 2023	En 2024
Localisation des deux dispositifs d'écoute	Eolienne E03 et E11 - Parc des Pierrots.	Eolienne E03 et E11 - Parc des Pierrots	Eolienne E03 et E11 - Parc des Pierrots
Période de fonctionnement du dispositif	275 nuits exploitables entre le 1 ^{er} mars et le 30 novembre 2022.	275 nuits exploitables entre le 1 ^{er} mars et le 30 novembre 2023.	275 nuits exploitables entre le 1 ^{er} mars et le 30 novembre 2024.
Espèces identifiées	4 espèces de chauves-souris ont été identifiées en altitude au niveau des éoliennes E03 et E11 : Noctule de Leisler, Noctule commune, Pipistrelle pygmée 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 des éoliennes E03 et E11 : Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune, Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle de Kuhl et Pipistrelle commune. 4 groupes d'espèces sont également présents : Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées, groupe des oreillards, groupe des murins et groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius	7 espèces de chauves-souris ont été identifiées en altitude au niveau des éoliennes E03 et E11 en 2024 : Grande Noctule, Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune, Pipistrelle pygmée, Vespère de Savi 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 E03 : 3 012 contacts de « 5 secondes » ou 833 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus. Eolienne E11 : 2 625 contacts de « 5 secondes » ou 1 639 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus. En 2022, avec 275 nuits d'enregistrement de l'activité, on obtient une moyenne de 3 à 5,9 minute positive par nuit suivant l'éolienne.	Eolienne E03 : 7 700 contacts de « 5 secondes » ou 1 629 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus. Eolienne E11 : 11 221 contacts de « 5 secondes » ou 2 257 minutes d'enregistrement avec présence de chauves-souris - communément appelées « minutes positives » - ont été obtenus. En 2023, avec 275 nuits d'enregistrement de l'activité, on obtient une moyenne de 5,9 à 8,2 minute positive par nuit suivant l'éolienne.	Eolienne E03 : 4 686 contacts de 5 secondes ou 1 137 minutes (soit 18h57) d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenus. Eolienne E11 : 11 932 contacts de 5 secondes ou 2 331 minutes (soit 38h85) d'enregistrement avec présence de chauves-souris, communément appelées « minutes positives », ont été obtenus. En 2024, avec 275 nuits d'enregistrement de l'activité, on obtient une moyenne de 4,1 à 8,4 minutes positives par nuit suivant l'éolienne.
Niveau d'activité des espèces	La Noctule de Leisler est l'espèce la plus fréquente en altitude sur les deux éoliennes avec 289 (E03) et 591 (E11) « minutes positives » enregistrées en altitude. La Noctule commune est également bien fréquente avec 156 (E03) et 344 (E11) « minutes positives » enregistrées en altitude, suivant l'éolienne. La Pipistrelle commune est un peu moins fréquente que les noctules avec 95 (E03) et 168 (E11) « minutes positives » obtenues. Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius représente lui 111 (E03) à 107 (E11) « minutes positives ».	La Noctule de Leisler fait partie des espèces les plus présente en altitude sur les deux éoliennes avec 498 (E03) et 570 (E11) « minutes positives » enregistrées en altitude. Pour la Noctule commune, le nombre de contact est sensiblement identique avec 144 (E03) et 145 (E11) « minutes positives » enregistrées en altitude. La Pipistrelle commune est plus fréquente qu'en 2022. Elle représente 508 (E03) à 822 (E11) des « minutes positives » obtenues suivant l'éolienne. Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius est également plus fréquent qu'en 2022 avec 261 (E03) et 395 (E11) « minutes positives » enregistrées en altitude suivant l'éolienne.	Comme les années précédentes la Noctule de Leisler fait partie des espèces les plus fréquentes en altitude sur les deux éoliennes avec 290 (E03) et 690 (E11) « minutes positives » enregistrées. Pour la Noctule commune, le nombre de minutes semble plus important en comparaison à 2023 pour les deux éoliennes avec 218 (E03) et 329 (E11) « minutes positives ». La Pipistrelle commune est aussi fréquente qu'en 2023 au niveau de l'éolienne E11, avec 803 « minutes positives ». Elle semble avoir diminué au niveau de l'éolienne E03 avec 201 minutes enregistrées en 2024. Le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius semble aussi fréquent qu'en 2023 au niveau de l'éolienne E11 (343 minutes) et légèrement moins au niveau de l'éolienne E03 (167 minutes). La Grande Noctule (E03 = 1 minutes) et le Vespère de Savi (E03 = 3 minutes) ont été observés uniquement en 2024.

Globalement, on peut noter que le nombre d'espèces identifiées a augmenté au cours de ces trois années passant de 4 espèces en 2022 à 7 espèces en 2024.

Les espèces les plus fréquentes comme les Noctule de Leisler, Noctule commune ou encore Pipistrelle commune ont été contactées chaque année. Certaines espèces beaucoup moins fréquentes dans la région ont été observées ponctuellement certaines années. Ceci est le cas de la Grande Noctule, du Vespère de Savi ou encore de la Pipistrelle pygmée.

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 (98 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, suivant les années. 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 :

- En 2022, le nombre total de minutes positives pour lesquelles les données météorologiques sont disponibles est de 2 456 (E03 : 828 et E11 : 1630) au lieu de 2 472 (E03 : 833 et E11 : 1 639) ;
- En 2023, le nombre total de minutes positives est de 3 886 (E03 : 1 629 et E11 : 2 257) ;
- En 2024, le nombre total de minutes positives est de 3 445 (E03 : 1 137 et E11 : 2 307).

2.1.6.1 Activité en fonction de la vitesse du vent (m/s) mesurée à 98 m

2.1.6.1.1 Répartition des contacts en fonction de la vitesse du vent

Les graphiques des répartitions des contacts en fonction de la vitesse du vent pour les années 2022 et 2023 sont présents en Annexe IX :

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (**= conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistré sur les éoliennes E03 et E11 (**= conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 98 m) et durant les 275 nuits de l'étude réalisé en 2024.

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.

1) Eolienne E03 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E03 ont collecté durant la nuit toutes les 10 minutes des données correspondantes à des plages moyennes de vent allant de 0,2 à plus de 20 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,4 m/s et la médiane est à 5,2 m/s.

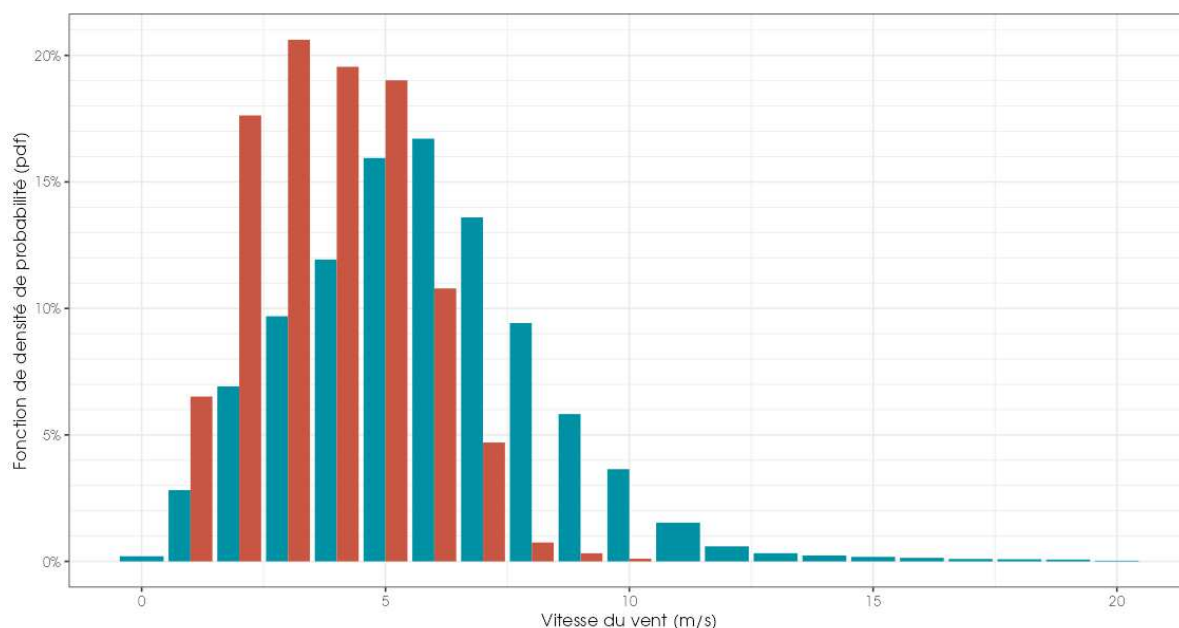


Figure 57 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024

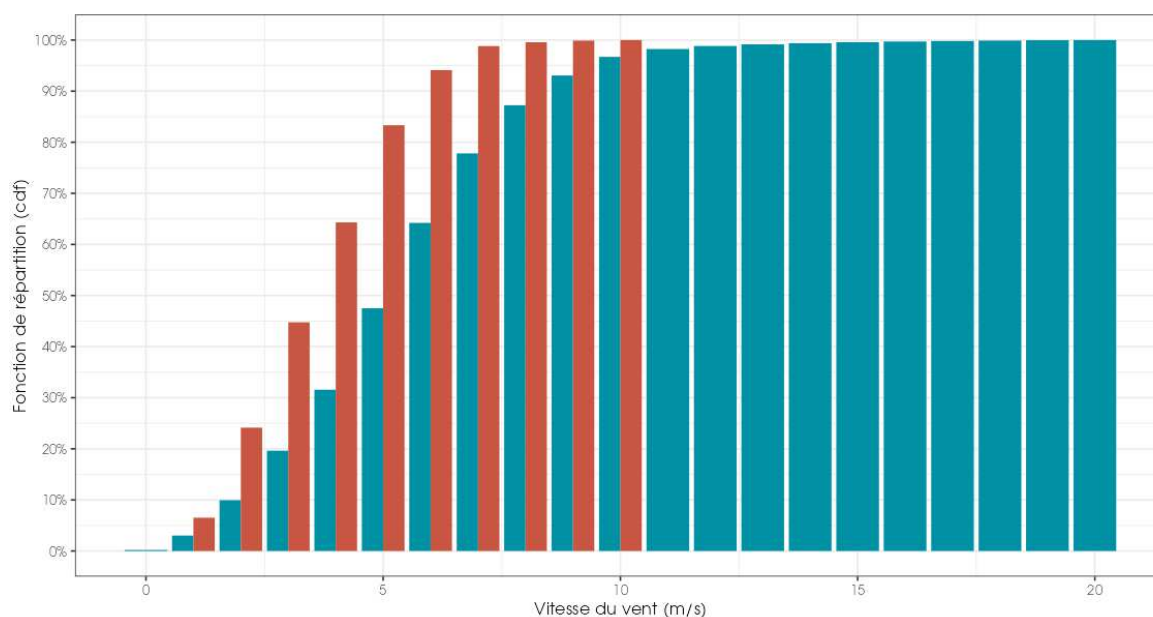


Figure 58 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024

2) Eolienne E11 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E11 ont collectés la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0,1 à plus de 20,6 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,2 m/s et la médiane est à 4,9 m/s.

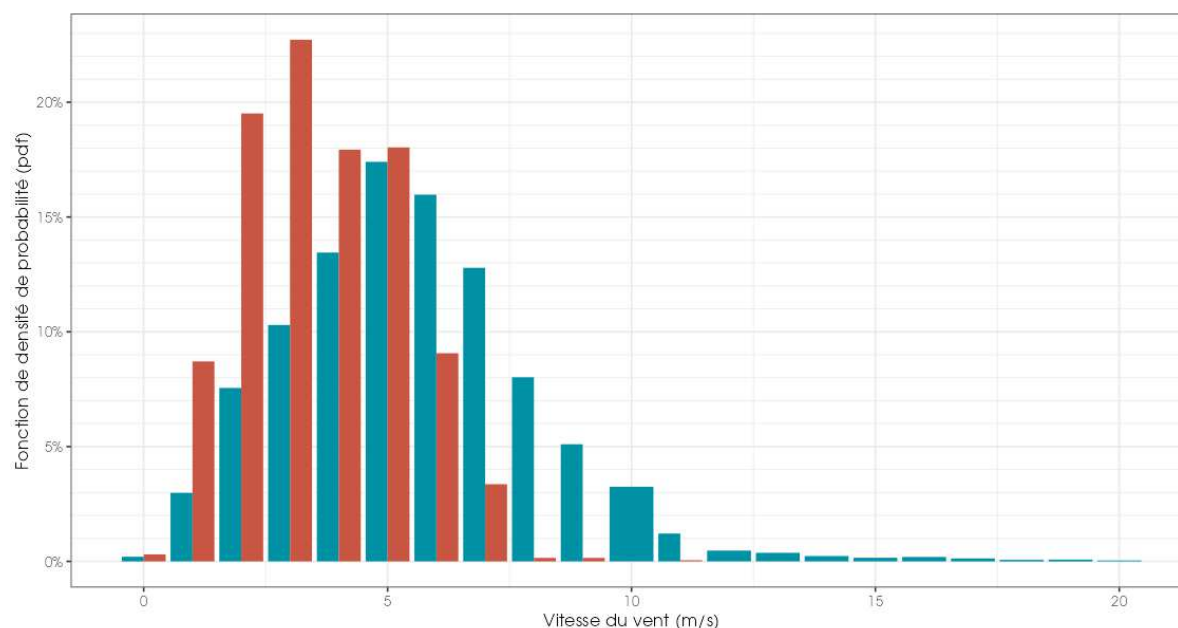


Figure 59 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024

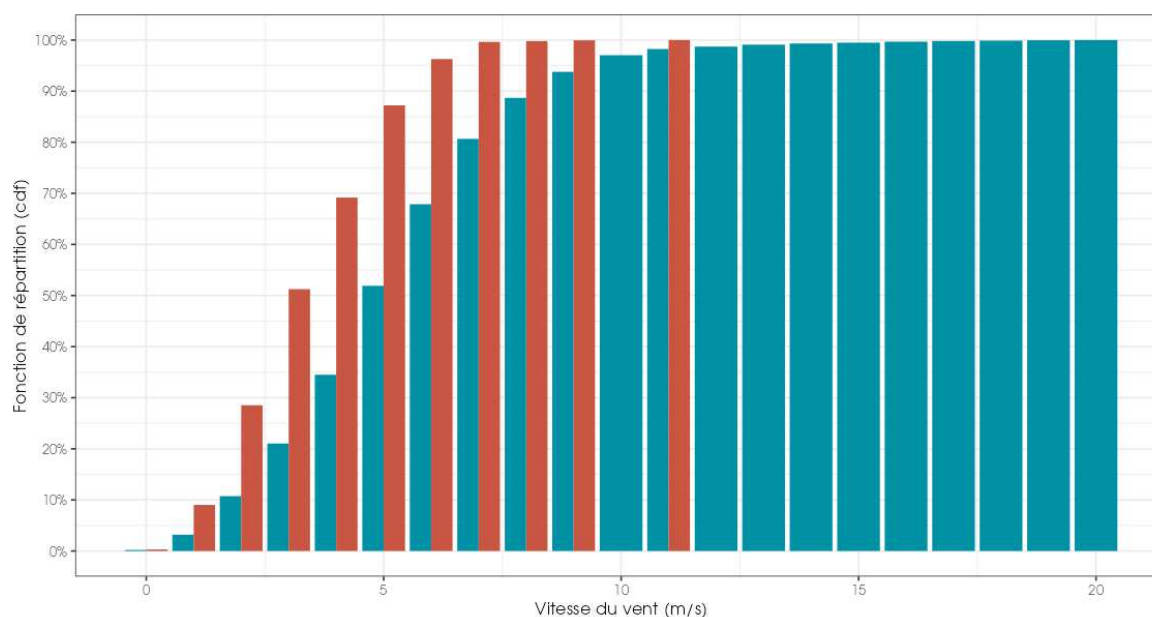


Figure 60 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024

Les graphiques montrent qu'en 2024 :

- Toutes espèces confondues et à une altitude de 98 m, la proportion de contacts de chauves-souris en fonction de la vitesse du vent diminue de façon significative sur le site à partir de 5 m/s, pour les deux éoliennes ;
- Les chauves-souris utilisent les conditions disponibles jusqu'à 10 à 11 m/s, suivant l'éolienne.

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 enregistré en 2022, 2023 et 2024.

Tableau 17 : Proportions des contacts obtenus en hauteur (98 m) en fonction de la vitesse du vent

Vitesse de vent (en m/s à 98 m) en-dessous de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
En 2022						
Limite de vent au niveau de E03	2,9 m/s	4,5 m/s	5,6 m/s	6,3 m/s	6,9 m/s	9 m/s
Limite de vent au niveau de E11	3,6 m/s	5 m/s	6 m/s	6,8 m/s	7,5 m/s	9,7 m/s
En 2023						
Limite de vent au niveau de E03	3 m/s	4,2 m/s	5 m/s	5,3m/s	5,7 m/s	6,6 m/s
Limite de vent au niveau de E11	3,2 m/s	4,2 m/s	4,8 m/s	5,1 m/s	5,7 m/s	7,6 m/s
En 2024						
Limite de vent au niveau de E03	3,9 m/s	5,3 m/s	5,6 m/s	6 m/s	6,6 m/s	7,5 m/s
Limite de vent au niveau de E11	3,4 m/s	4,8 m/s	5,3 m/s	5,7 m/s	6,4 m/s	7,2 m/s

2.1.6.1.1. Affinité des chauves-souris en fonction de la vitesse du vent

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).

1) En 2022 :

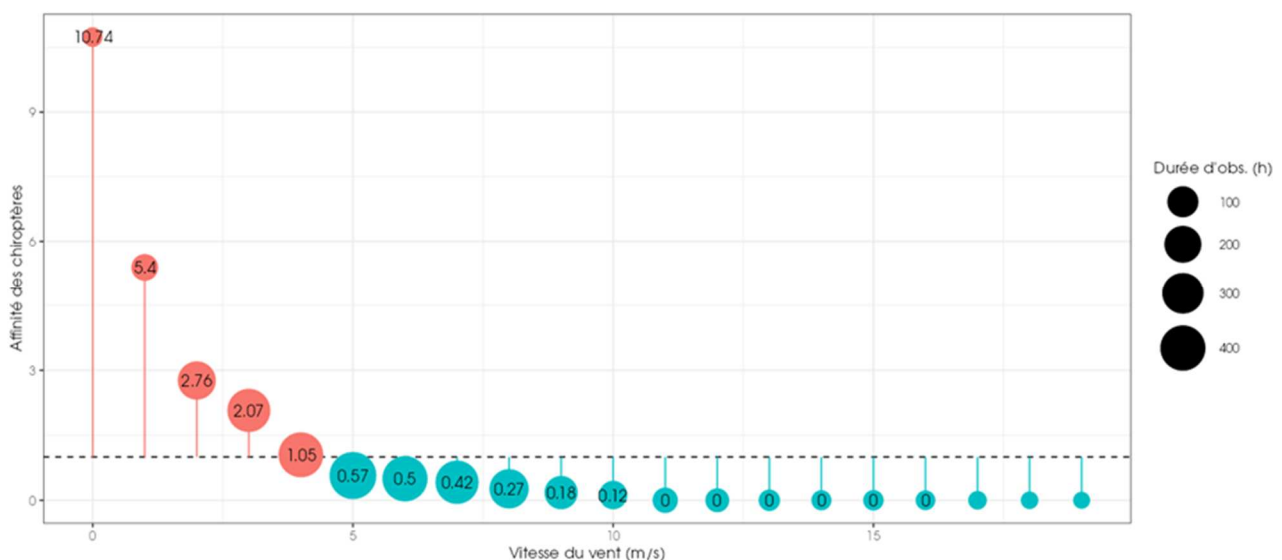


Figure 61 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 en 2022

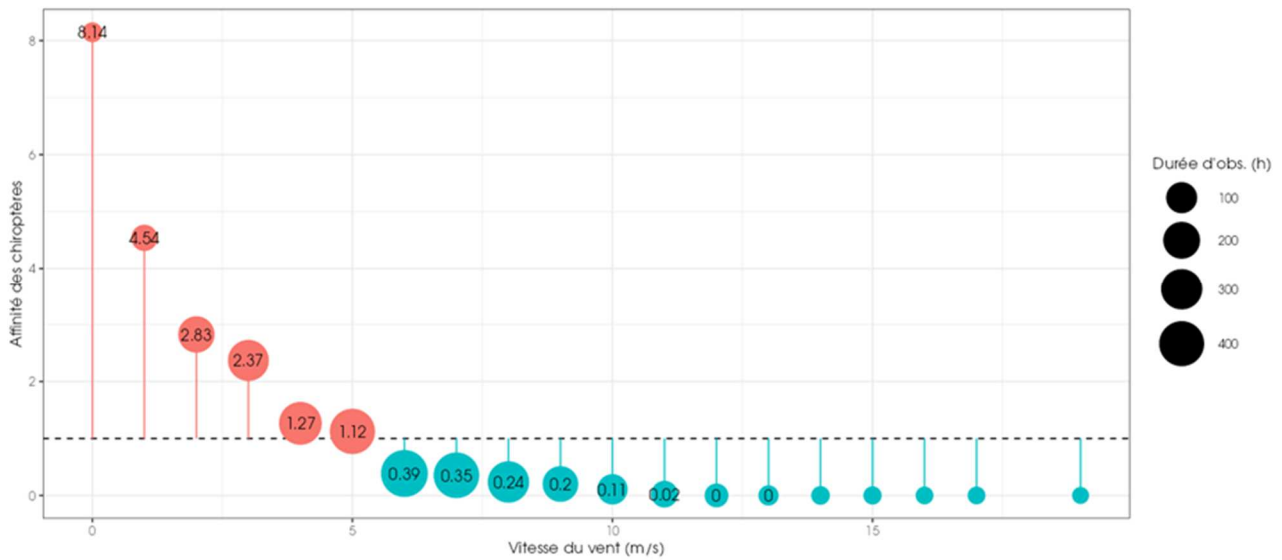


Figure 62 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 en 2022

2) En 2023 :

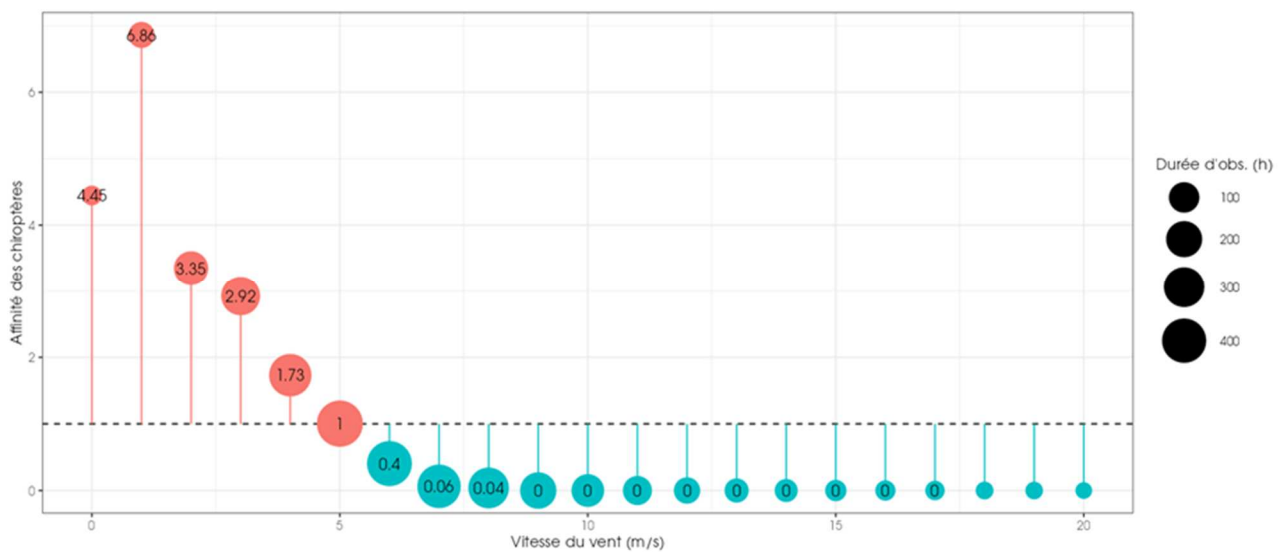


Figure 63 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 en 2023

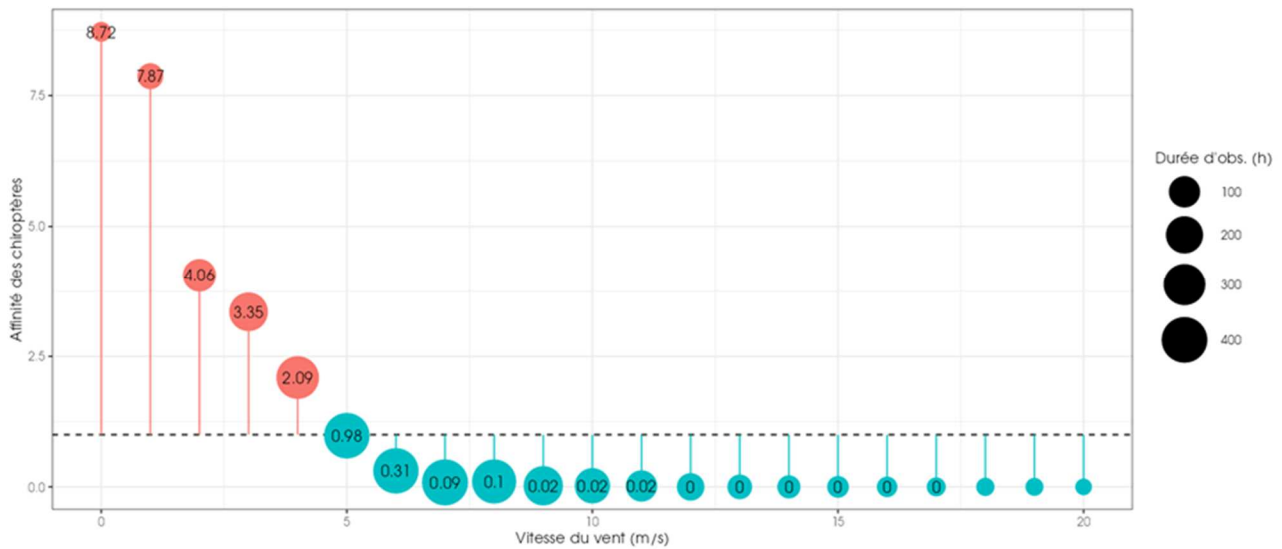


Figure 64 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 en 2023

3) En 2024 :

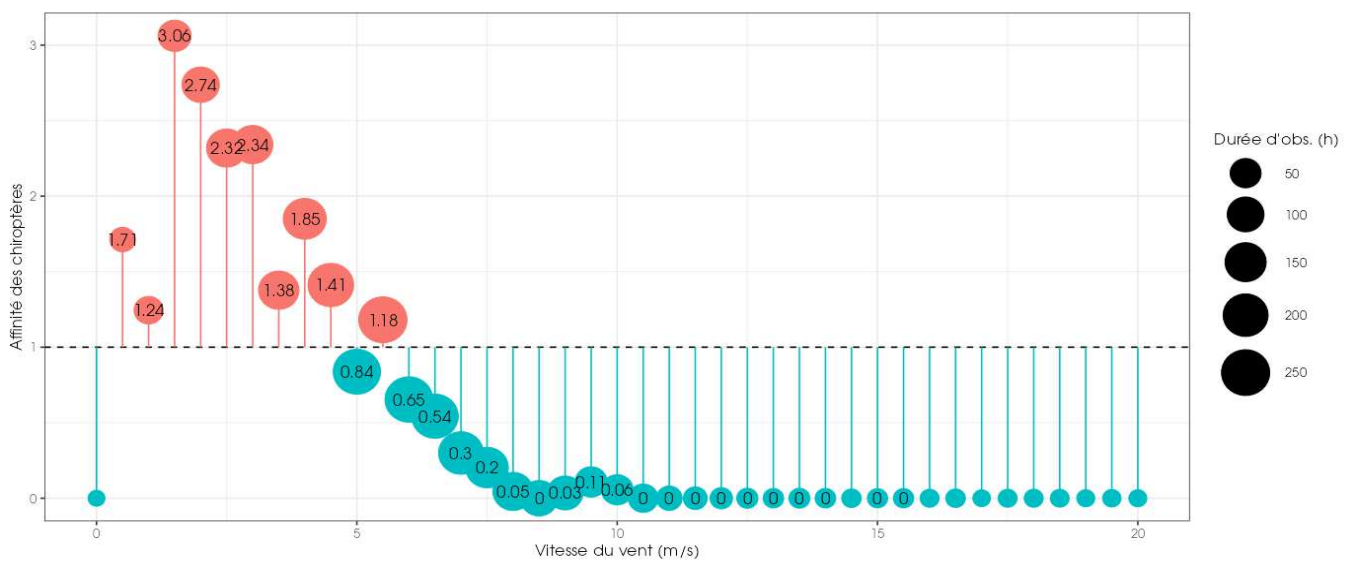


Figure 65 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024

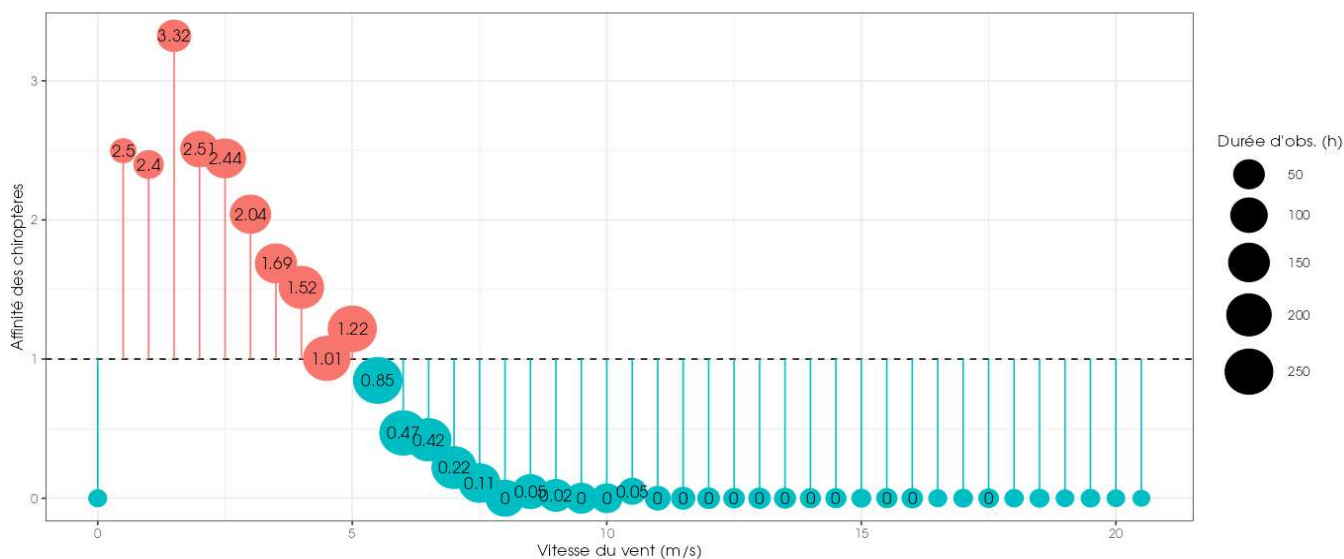


Figure 66 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024

2.1.6.1.1. Bilan de l'activité en altitude en fonction de la vitesse de vent

L'ensemble de l'activité en altitude, recensé pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent (mesurée à 98 m), permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90% de l'activité en altitude (considérée à risque) a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 6,8 à 5,1 m/s, suivant l'année et l'éolienne ;
- 75% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures 4,2 à 5,3 m/s, suivant l'année et l'éolienne ;
- 50% de l'activité en altitude a été obtenue à des vitesses de vent inférieures à 2,9 à 3,9 m/s, suivant l'année et l'éolienne.

L'analyse de l'affinité montre, en 2024, une nette préférence des chauves-souris pour des vents nocturnes inférieurs 5,5 m/s, voire 6 m/s au niveau de l'éolienne E03. Les analyses réalisées en 2022 et 2023 avaient montré les mêmes seuils de préférences pour des vents inférieurs de 5 ou 6 m/s suivant l'année et l'éolienne.

2.1.6.2 Activité en fonction de la température (°C) mesurée à 98 m

2.1.6.2.1. Répartition des contacts en fonction de la température

Les graphiques des répartitions des contacts en fonction de la température pour les années 2022 et 2023 sont présents en Annexe X :

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistré sur les éoliennes E03 et E11 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 98 m) et durant les 275 nuits de l'étude réalisé en 2024.

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.

1) Eolienne E03 :

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars 2024 à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E03 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondantes à des plages de températures allant de 0,19 et 37°C.

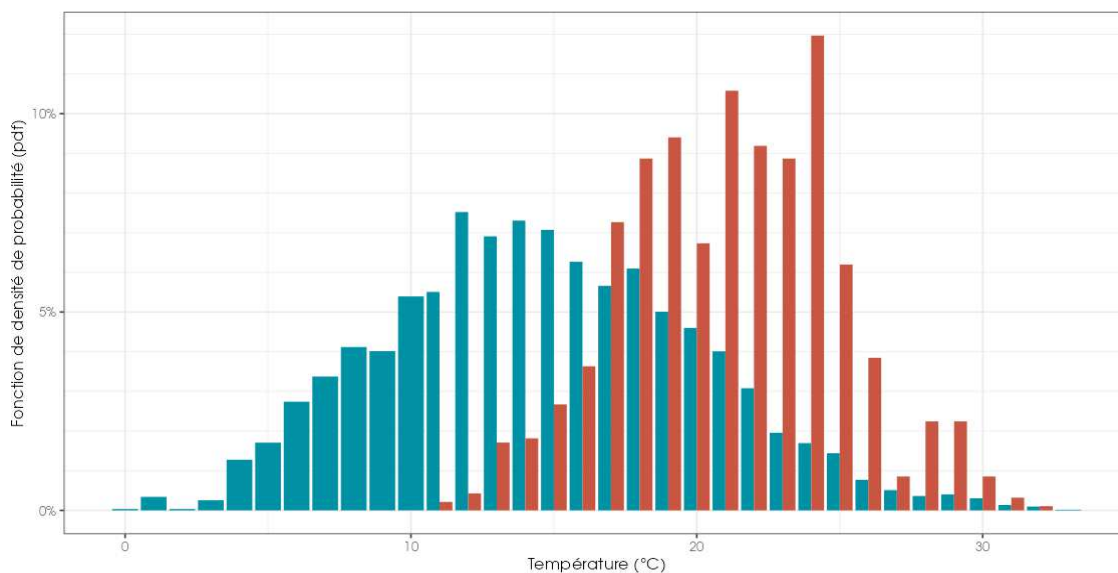


Figure 67 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024

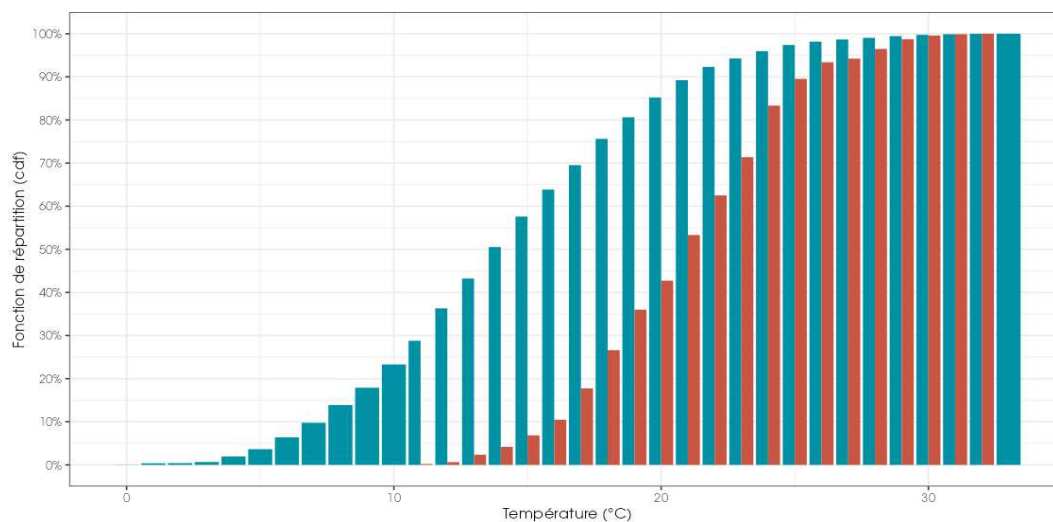


Figure 68 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024

2) Eolienne E11 :

Au cours de la période d'analyse qui s'étend de mars 2024 à novembre 2024, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E11 ont collecté, la nuit et toutes les 10 minutes, des données correspondantes à des plages de températures allant de 0,5 et 37,8°C.

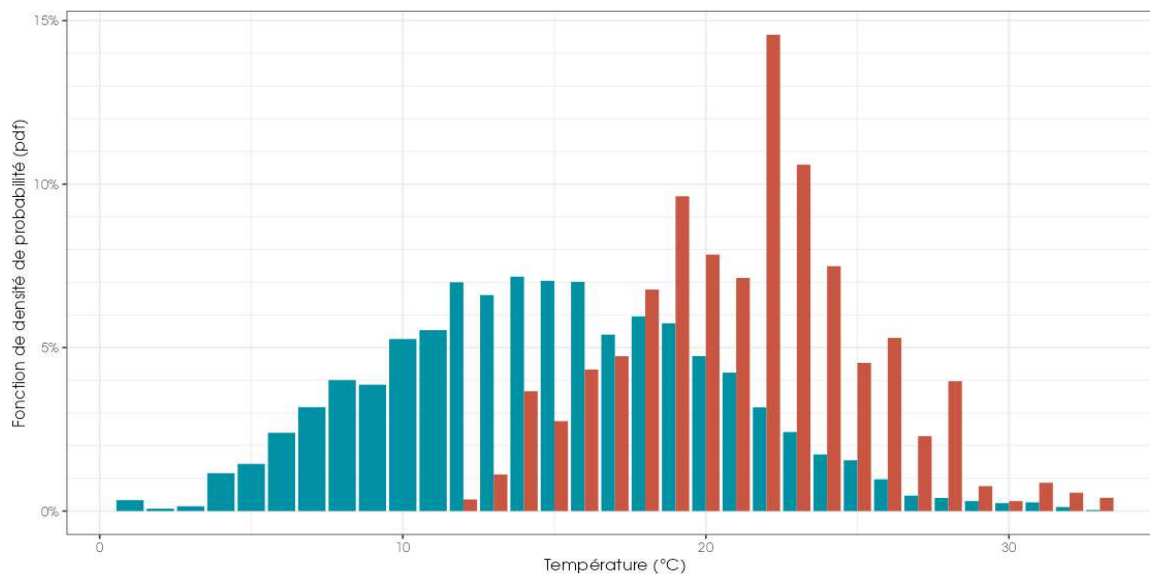


Figure 69 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024

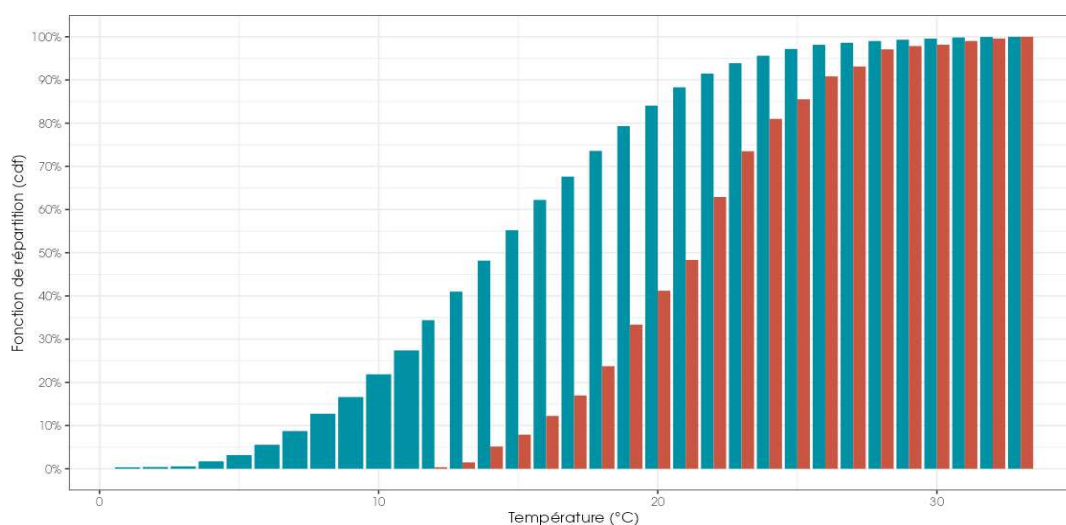


Figure 70 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024

Les résultats observés en 2024 sont sensiblement identiques à ceux observés en 2022 et 2023. Suivant l'éolienne, les chauves-souris utilisent les plages disponibles au-delà de 12°C. Sous cette température et malgré l'importance de la disponibilité en plages temporelles, l'activité est nulle. L'activité en altitude des chauves-souris sur le site est optimale entre 15 et 30°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 18 : Proportions des contacts obtenus au-dessus de la médiane en fonction de la température

Température (en °C à 98 m) au-dessus de laquelle ont été enregistrés les percentiles et quartiles de contacts cibles						
	50 %	75 %	85 %	90 %	95 %	99 %
<i>En 2022</i>						
Limite de température au niveau de E03	21,1 °C	18,1 °C	17,1 °C	15,7 °C	14,7 °C	13,4 °C
Limite de température au niveau de E11	22,7 °C	19,5 °C	17,9 °C	17 °C	15,4 °C	13,5 °C
<i>En 2023</i>						
Limite de température au niveau de E03	22,9 °C	21,5 °C	20 °C	19,3 °C	16,7 °C	14,3 °C
Limite de température au niveau de E11	22,9 °C	21,7 °C	20 °C	19,5 °C	18,3 °C	15,4 °C
<i>En 2024</i>						
Limite de température au niveau de E03	21,5 °C	21,4 °C	17,4 °C	16,7 °C	14,9 °C	12,9 °C
Limite de température au niveau de E11	21,9 °C	18,8 °C	17,3 °C	16,3 °C	14,5 °C	13 °C

2.1.6.2.1. Affinité des chauves-souris en fonction de la température

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).

Au niveau des graphiques suivants : Il peut apparaître comme une affinité inférieure à 1, donc sélectionné par les chauves-souris, pour certaines températures extrêmes. Ceci est dû que pour ces données extrêmes il y a à la fois peu d'observations de chauves-souris et peu de données températures associées. Ainsi, pour les températures au-dessus de 30 °C, les variations du ratio sont très importantes. Cela ne signifie pas que les chauves-souris sélectionnent ces températures extrêmes de manière préférentielle.

1) En 2022 :

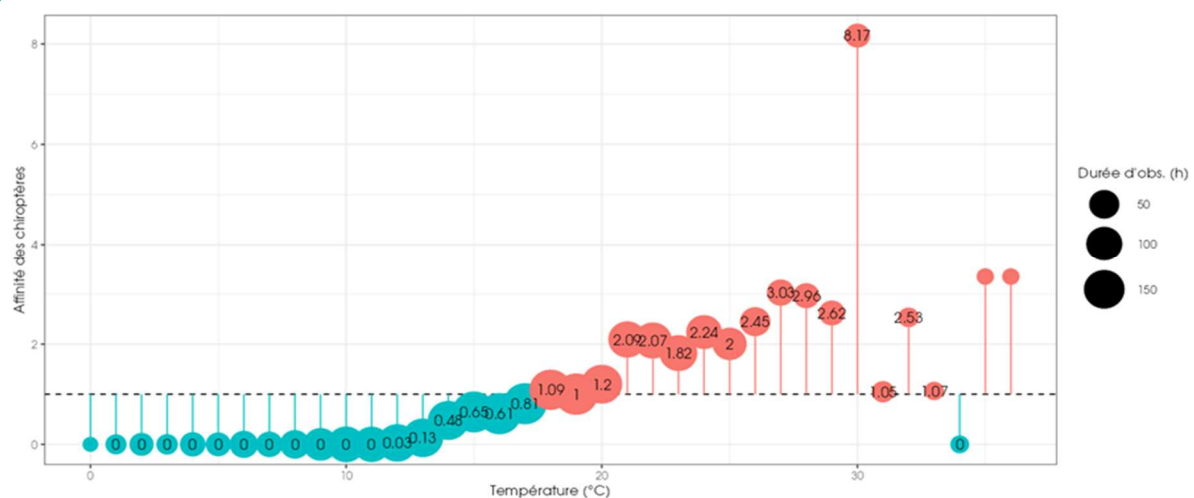


Figure 71 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03, en 2022

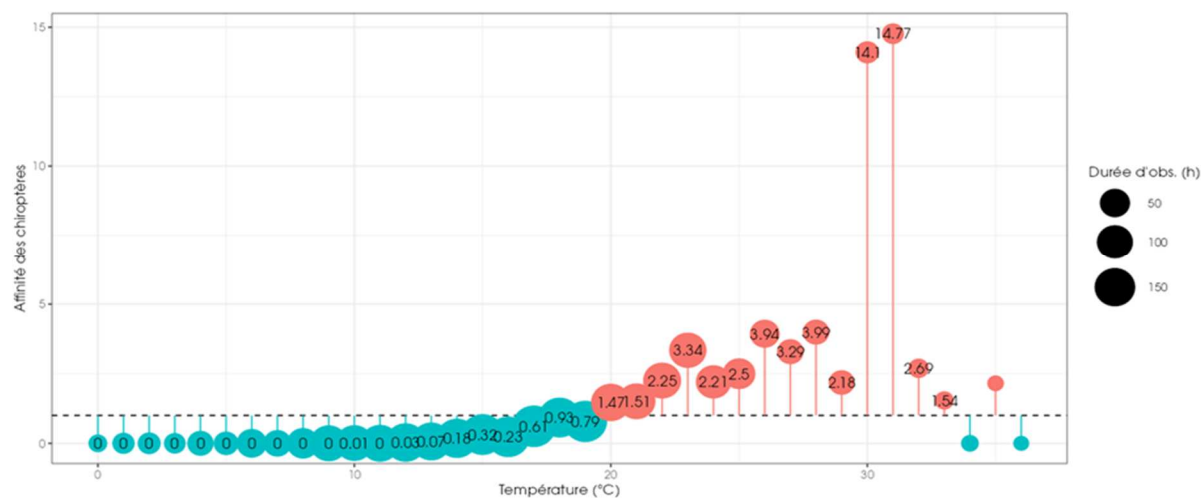


Figure 72 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11, en 2022

2) En 2023 :

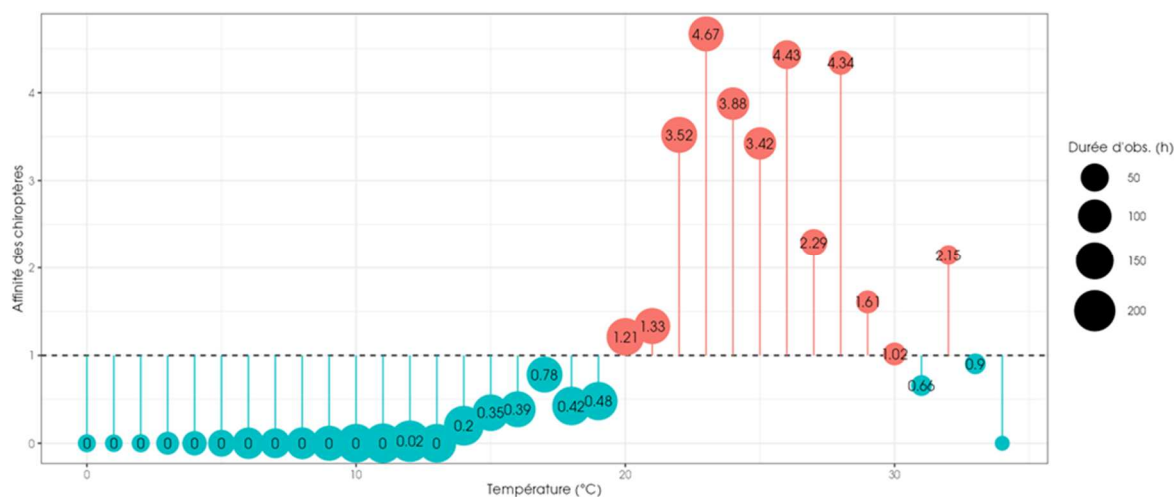


Figure 73 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03, en 2023

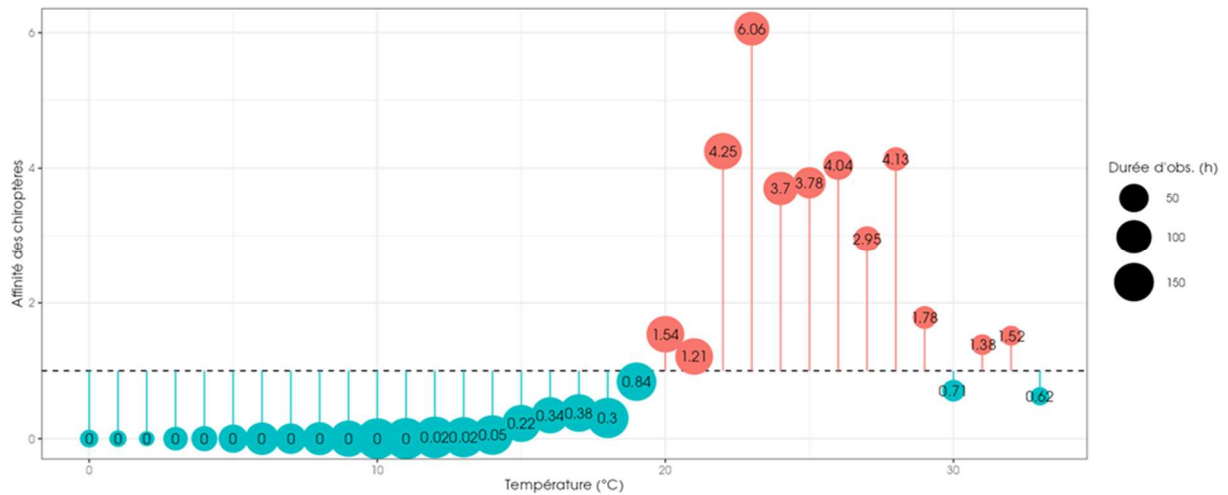


Figure 74 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11, en 2023

3) En 2024 :

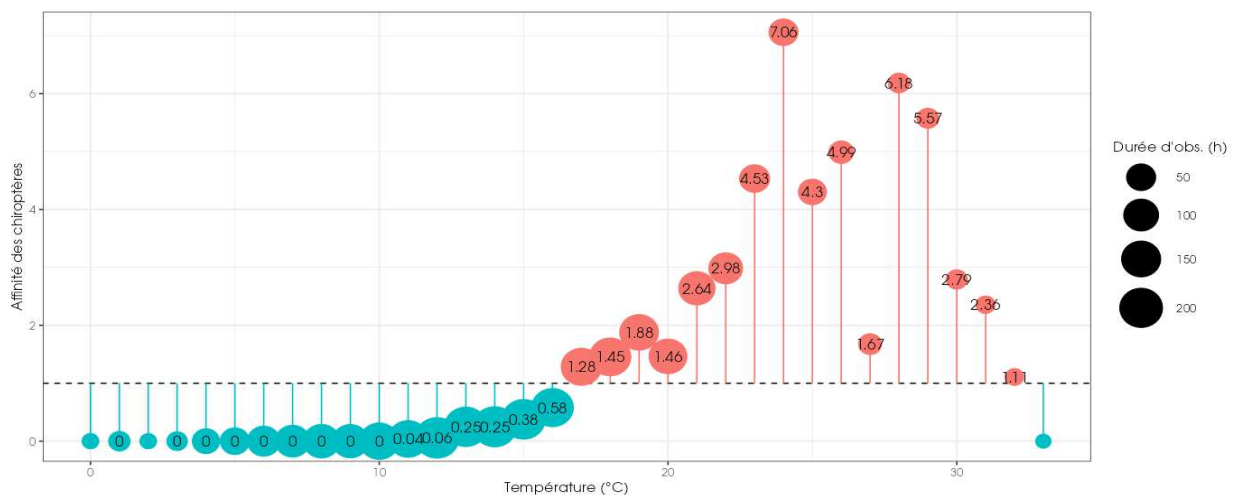


Figure 75 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03, en 2024

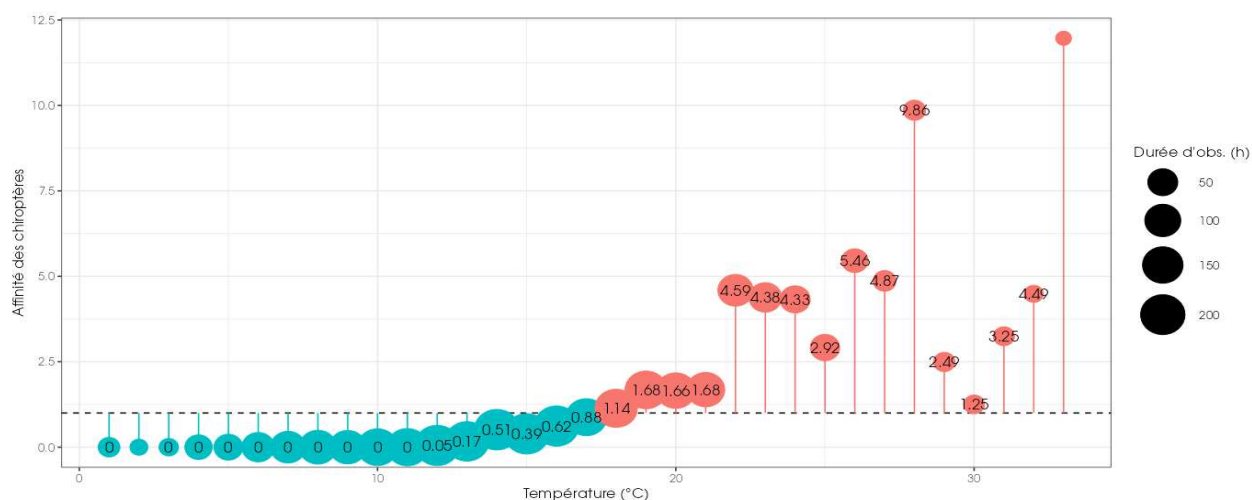


Figure 76 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11, en 2024

2.1.6.2.2. Bilan de l'activité en altitude en fonction de la température

Sur le parc éolien des Pierrots, durant les écoutes réalisées en 2022, 2023 et 2024, l'activité en altitude recensée pour chaque espèce en fonction de la température (mesurée à 98 m), permet de ressortir les principales informations suivantes :

- 90 % de l'activité a été enregistrée entre des températures supérieures à 15,7°C à 19,5°C, suivant l'éolienne et l'année ;
- 75 % de l'activité a été enregistrée entre des températures supérieures à 18,1°C à 21,7°C, suivant l'éolienne et l'année ;
- 50 % de l'activité a été enregistrée entre des températures supérieures à 21,1°C à 22,9°C, suivant l'éolienne et l'année ;

En 2022, l'analyse des résultats montre une préférence des chauves-souris pour des températures supérieures à 18°C (éolienne E03) ou 20°C (éolienne E11), si on prend en compte uniquement l'affinité. En 2023, elle est de 20°C pour les deux éoliennes suivies (E03 et E11) et, en 2024, elle est de 17°C pour l'éolienne E03 et 18°C pour la E11.

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.

1) En 2022 :

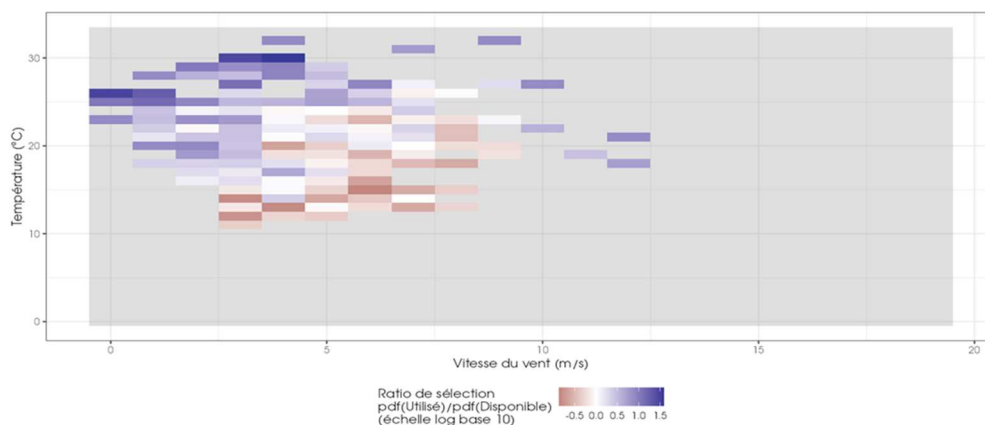


Figure 77 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E03, en 2022.

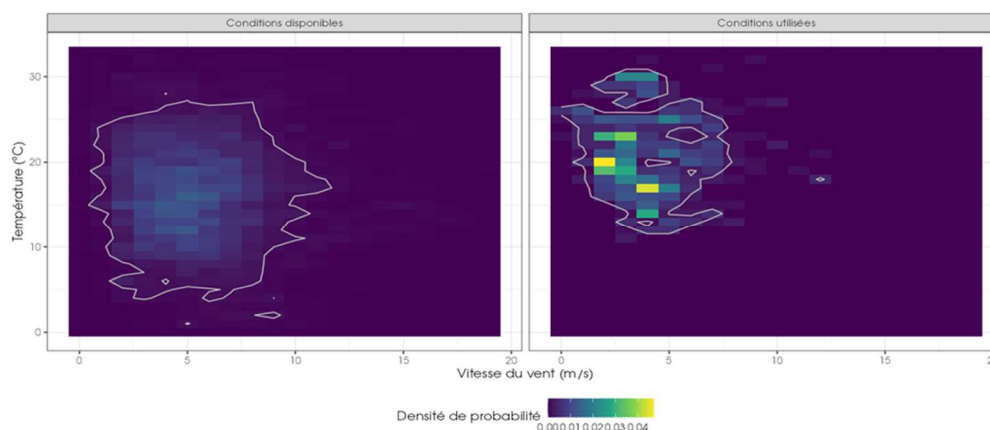


Figure 78 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E03 en 2022. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

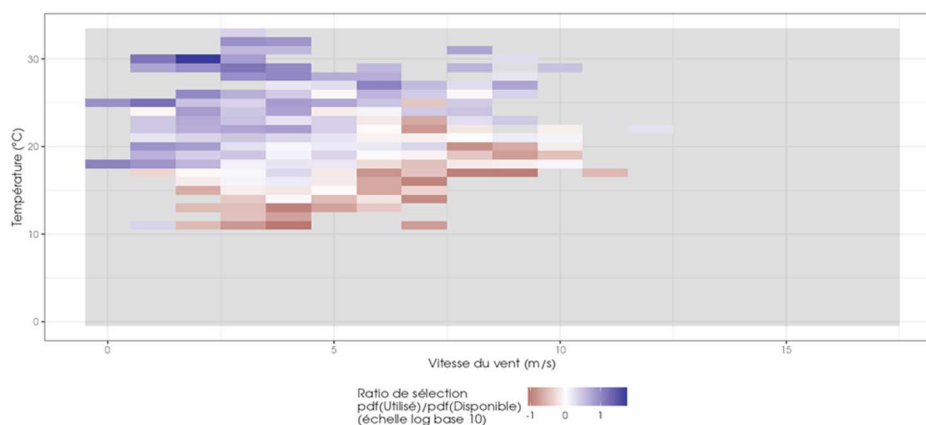


Figure 79 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2022.

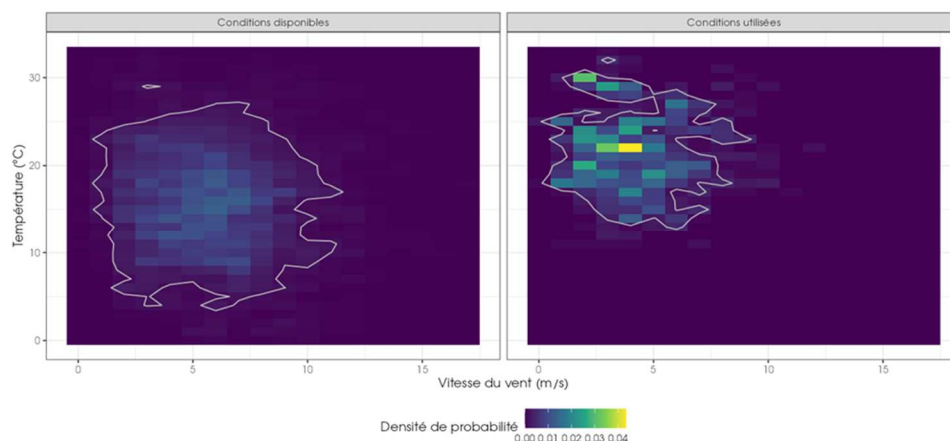


Figure 80 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E11 en 2022. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

2) En 2023 :

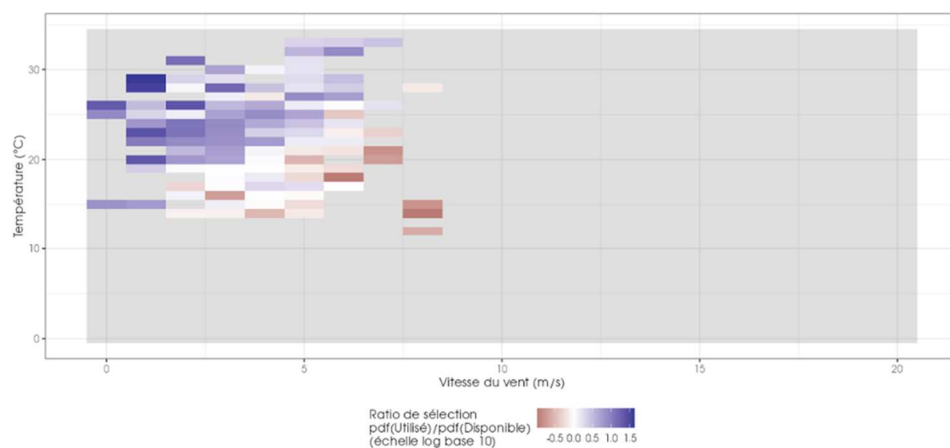


Figure 81 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E03, en 2023.

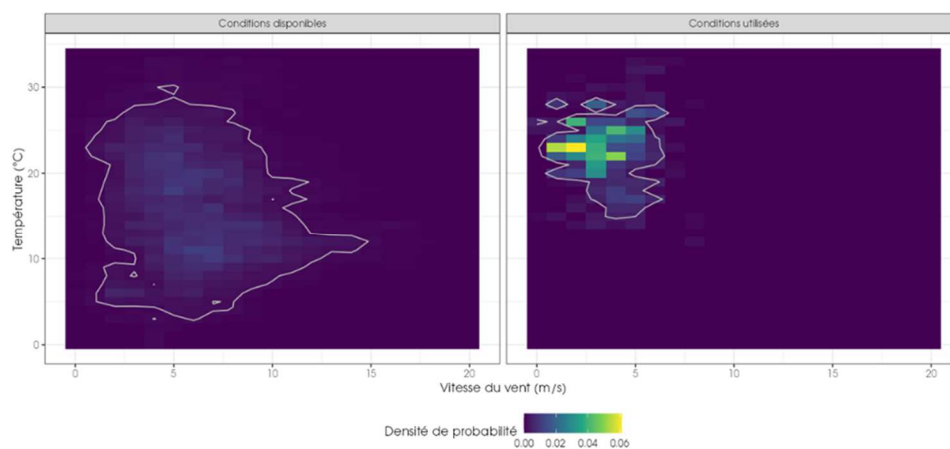


Figure 82 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E03 en 2023. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

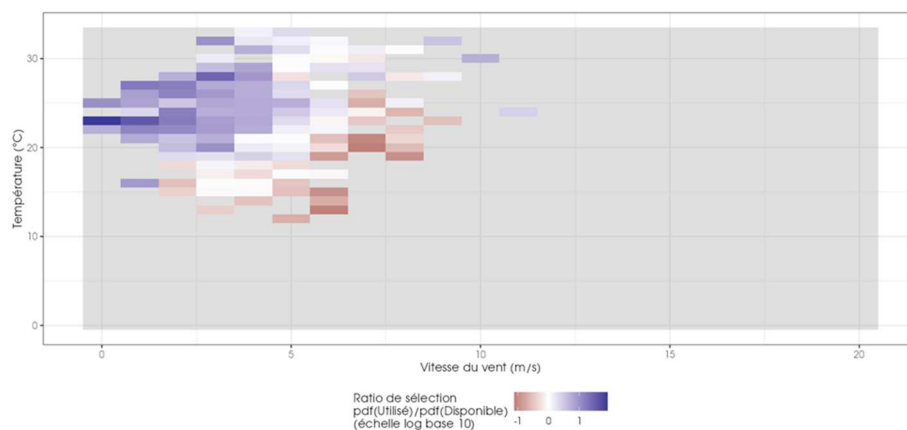


Figure 83 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2023.

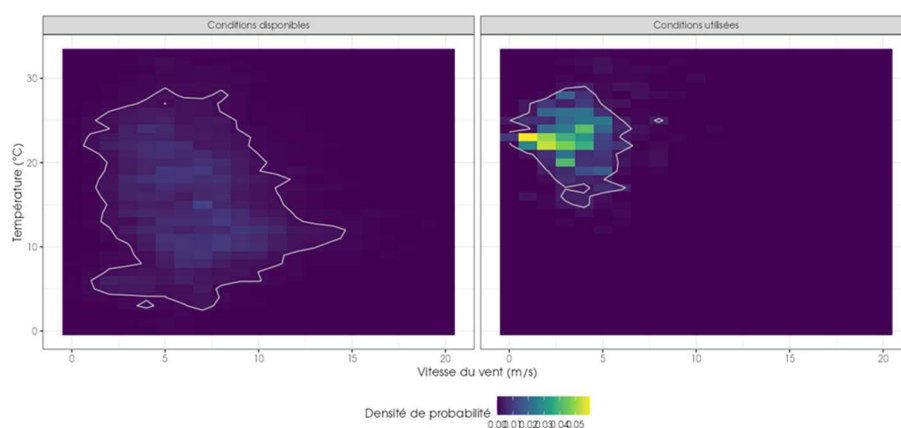


Figure 84 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E11 en 2023. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

3) En 2024 :

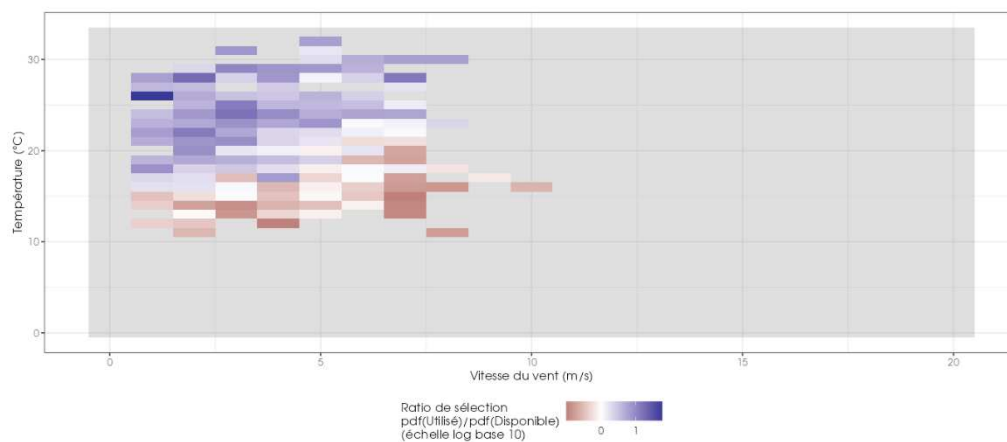


Figure 85 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E03, en 2024.

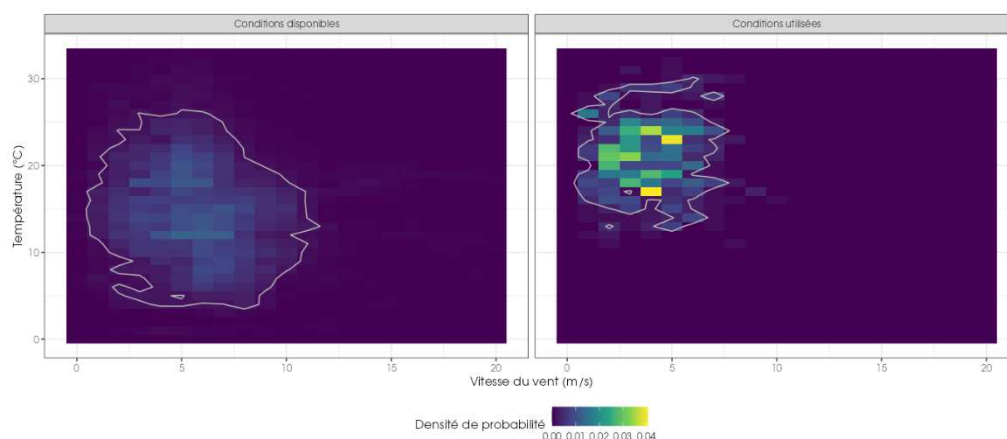


Figure 86 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E03 en 2024. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

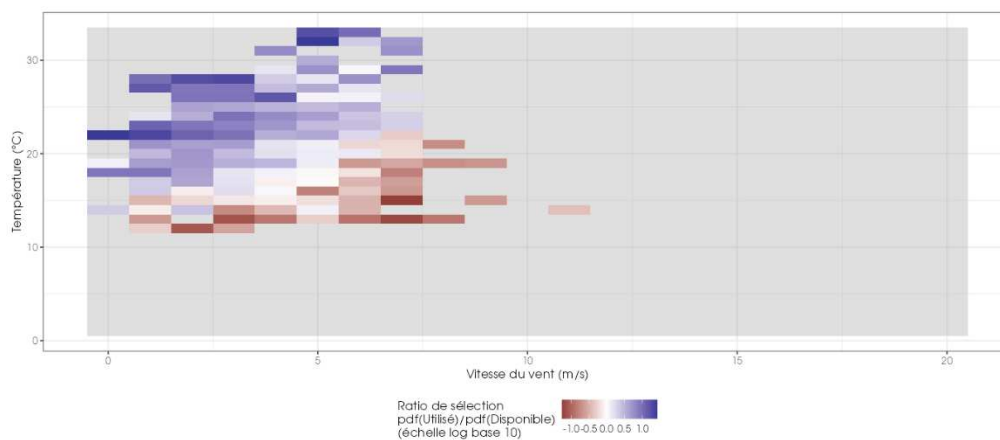


Figure 87 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2024.

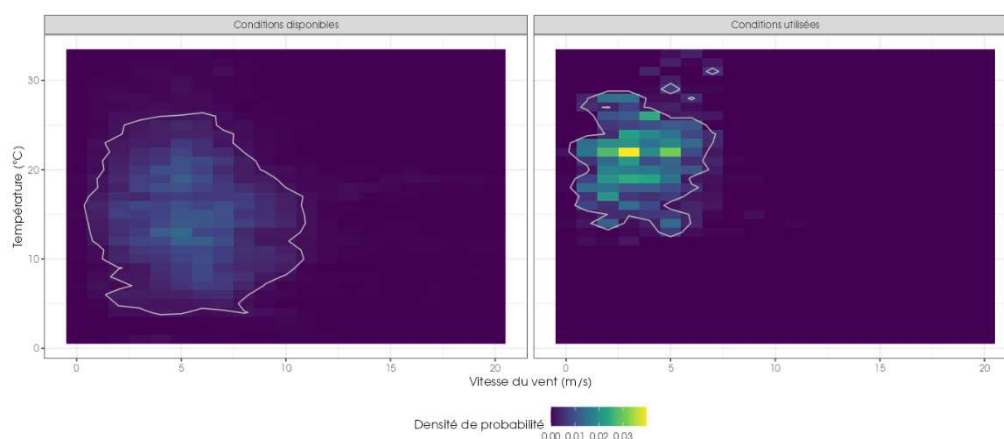


Figure 88 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E11 en 2024. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions

Au regard des éléments météorologiques enregistrés sur le parc des Pierrots et de l'activité des chiroptères associée en 2022, 2023 et 2024, il en ressort que l'utilisation du site (en bleu) a lieu majoritairement dans des gammes de vitesse de vent comprises entre 0 et 7 m/s. Elle peut néanmoins monter ponctuellement à 9 voire 10 m/s, ceci est le cas en 2022 au niveau de l'éolienne E11. En ce qui concerne la température, l'activité est comprise entre 15°C à un peu plus de 30°C. Quelle que soit l'année, le front de séparation entre les ratios de sélection préférentiel (bleu) et les combinaisons des paramètres de vents et températures moins favorables (rouge) est globalement oblique. Cela montre que les deux variables influencent l'activité des chauves-souris en altitude.

Il convient de noter que pour des conditions météorologiques rares (températures supérieures à 25°C), les chauves-souris montrent un ratio de sélection positif et ce malgré des vitesses de vent plus fortes.

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.

En 2022, deux dispositifs d'enregistrement automatique (SM3Bat et SMART) équipés d'un micro ont été placés à 98 m au sein des nacelles des éoliennes E03 et E11 du parc éolien des Pierrots dans l'Indre (36). En 2023 et 2024, les mêmes éoliennes ont été équipées de deux dispositifs identiques, soit deux SMART.

Quelle que soit l'année, aucun dysfonctionnement du dispositif installé au niveau des nacelles n'a été observé. Il a permis d'enregistrer l'activité des chauves-souris entre le 1^{er} mars et le 30 novembre soit durant 275 nuits, pour chacune des éoliennes et pour chacune des années (2022, 2023 et 2024).

Au cours de ces trois ans de suivi, les enregistrements ont permis l'identification de 9 espèces différentes avec certitude (4 espèces en 2022, 6 espèces en 2023 et 7 espèces en 2024). Ce qui représente un peu plus de 36 % des 25 espèces répertoriées en région Centre-Val-de-Loire et correspond à une diversité moyenne. Néanmoins, **il s'agit d'une composition d'espèces typiquement contactées dans ce type d'étude.**

Sur les périodes d'enregistrement de l'activité des chauves-souris en 2022, 2023 et 2024, les niveaux d'activité toutes espèces confondues sont variables en fonction de l'année, de la période et des éoliennes. Elle passe ainsi de très faible à très forte. Néanmoins, l'analyse des niveaux d'activité en comparaison avec le référentiel d'activité des chauves-souris en altitudes montre globalement :

- Une activité plus faible des chauves-souris en période de transit printanier.
- Qu'en 2022 et toutes espèces confondues, l'activité en période estivale est moyenne à forte. En période de migration automnale, elle apparaît très faible à forte suivant les éoliennes.
- Qu'en 2023 et toutes espèces confondues, l'activité enregistrée est très forte en période estivale au niveau des deux éoliennes et faible à moyenne en période de migration automnale.
- Qu'en 2024 et toutes espèces confondues, l'activité enregistrée est moyenne à très forte en période estivale au niveau des deux éoliennes et moyenne en période de migration automnale.

Le suivi en altitude montre que :

- La **Noctule de Leisler** est une espèce bien présente en altitude en termes de nombre d'observation. Elle représente suivant l'année et l'éolienne entre **25 à 36 % des minutes positives enregistrées.**
- La **Noctule commune** est également particulièrement bien présente en altitude. Les proportions (en pourcentage) de minutes sont toutefois variables suivant l'année et l'éolienne. **Elle varie ainsi de 6 à 21 % des minutes positives** obtenues. Cette espèce fait partie des espèces typiques de haut vol et est bien présente en altitude.
- La **Pipistrelle commune** apparaît nettement plus fréquente en 2023 et 2024 en comparaison à 2022 quelle que soit l'éolienne. Elle représente 31 à 36 % des minutes positives en 2023 ainsi que 17 à 34% en 2024, contre environ 10 à 11% en 2022, suivant l'éolienne, en 2022.
- Les **Pipistrelle de Kuhl** et **Pipistrelle de Nathusius** sont moins fréquentes en altitude que la Pipistrelle commune. Néanmoins, comme pour la Pipistrelle commune, le nombre de minutes de présence de ces espèces apparaît plus important en 2023 et 2024, que ce soit en prenant uniquement les identifications certaines ou le groupe d'espèces.
- Plusieurs espèces ont été observées uniquement à une ou deux reprises. Ceci est le cas de la Pipistrelle pygmée qui a été observée au niveau de l'éolienne E11, en 2022 et au niveau de l'éolienne E03 en 2024. En 2023, ceci est également le cas pour le groupe des oreillards (1 contact au niveau de l'éolienne E03) et le groupe des murins (2 contacts au niveau de la E11). En 2024, la Grande Noctule et le Vespère de Savi ont été observés au niveau de l'éolienne E03.

En 2022, 2023 et 2024, la phénologie des observations montre une activité des chauves-souris principalement sur les mois de mai à octobre. **On observe également une activité plus importante en août correspondante à la phase de migration des Noctules.** Ceci est particulièrement le cas pour la Noctule commune. La Noctule de Leisler semble relativement constante sur l'ensemble des mois où on observe la présence de chauves-souris.

Les pipistrelles sont également bien présentes en altitude, mais semblent plus fréquentes durant les mois de juin-juillet et octobre. En 2022, l'activité plus importante en octobre peut correspondre à une activité de migration, notamment de la Pipistrelle de Nathusius. En 2023, on observe un pic d'activité important des pipistrelles en juin, correspondant probablement à des individus en chasse sur des émergences d'insectes au-dessus des cultures. Ce phénomène a également été observé en 2024 au niveau de l'éolienne E11.

Quelle que soit l'année, l'activité en altitude est généralement concentrée en début de nuit avec ponctuellement des regains en milieu de nuit en période intense de migration (août et septembre). En 2023 et 2024, lors des pics d'activité en juin des pipistrelles, on observe également que l'activité a eu lieu sur l'ensemble de la nuit.

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

En 2022, on observe que :

- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures à 6,3 à 6,8 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des températures supérieures à 15,7 à 17 °C.

En 2023, on observe que :

- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures à 5,1 à 5,3 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des températures supérieures à 19,3 à 19,5 °C.

En 2024, on observe que :

- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des vitesses de vent inférieures à 5,7 à 6 m/s ;
- 90 % de l'activité totale a été enregistrée à des températures supérieures à 16,3 à 16,7 °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, 35 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien des Pierrots, dont 30 oiseaux (10 espèces) et 5 chauves-souris (5 espèces) entre le 29 février 2024 et le 29 novembre 2024 (cf. Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.).

Les espèces d'oiseaux trouvés sont l'Alouette des champs (4 individus), la Bergeronnette printanière (1 individu), la Buse variable (1 individu), le Bruant proyer (4 individus), le Faucon crécerelle (11 individus), le Faisan de Colchide (2 individus), la Linotte mélodieuse (1 individu), la Mésange bleue (1 individu), le Pigeon ramier (1 individu) et le Roitelet à triple bandeau (4 individus), découvertes entre le 29 février 2024 et le 21 novembre 2024. On notera que le Faucon crécerelle, l'Alouette des champs et le Roitelet à triple bandeau sont les espèces qui ont été les plus fréquemment retrouvés sur le parc des Pierrots.

Les espèces de chauves-souris trouvées sont la Noctule de Leisler (1 individu), le Murin à oreilles échancrées (1 individu), la Pipistrelle commune (1 individu), la Pipistrelle de Kuhl (1 individu) et la Pipistrelle pygmée (1 individu), recensées entre le 29 juillet 2024 et le 14 octobre 2024.

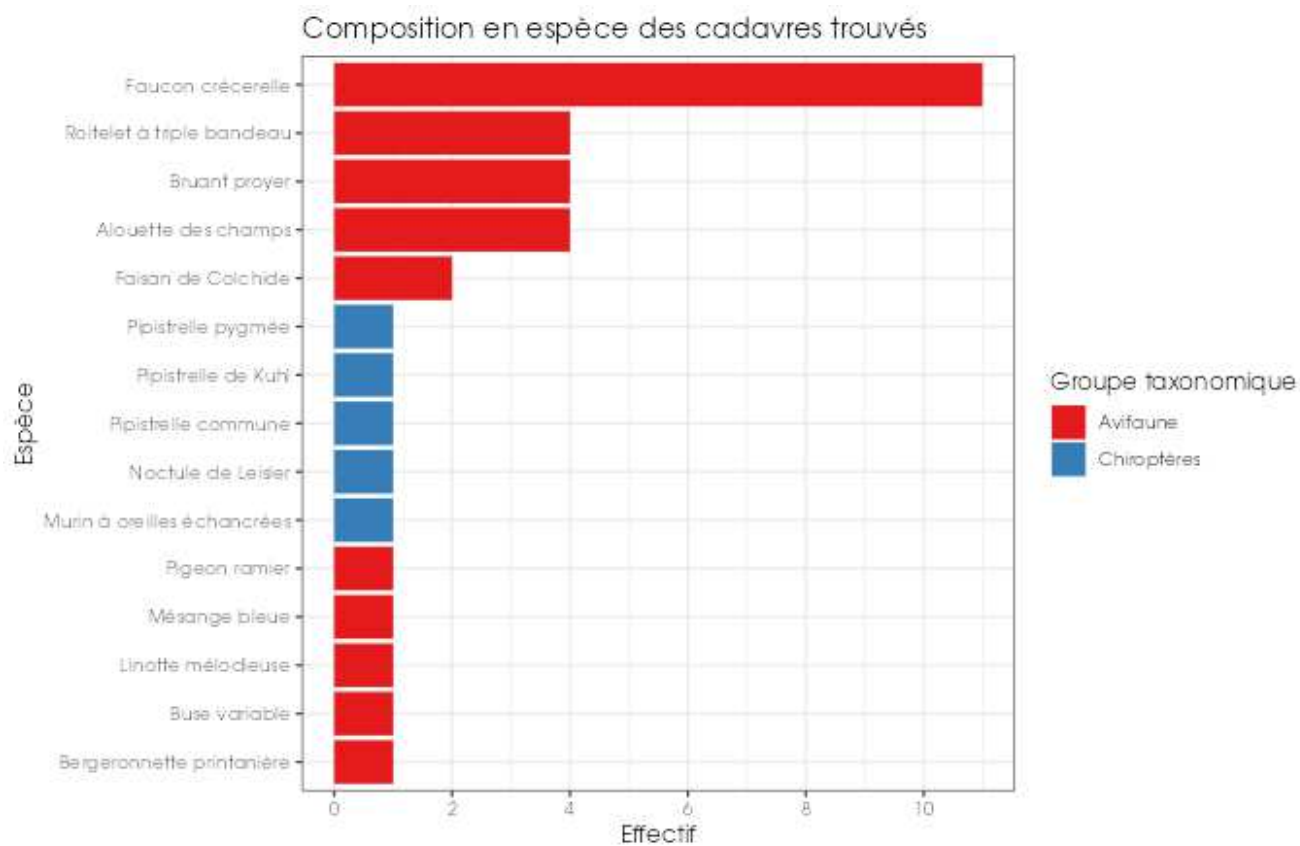


Figure 89 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien des Pierrots

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur quatre périodes : de fin février à fin mars, de début juin à fin juillet puis de mi-août à mi-septembre et enfin de début octobre à mi-novembre. Au regard des effectifs, il semble y avoir un pic important de mortalité qui se dégage sur la période estivale de juin à août, 18 des 30 cadavres ont été trouvés sur cette période. Les espèces découvertes sont concernées à la fois en période de nidification (Alouette des champs, Roitelet à triple bandeau) et de migration/dispersion postnuptiale (Faucon crécerelle, Alouette des champs, Buse variable, Roitelet à triple bandeau) ;
- Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés en période de migration à partir du 29 juillet jusqu'au 14 octobre et ce de manière assez continue sur cette période

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.

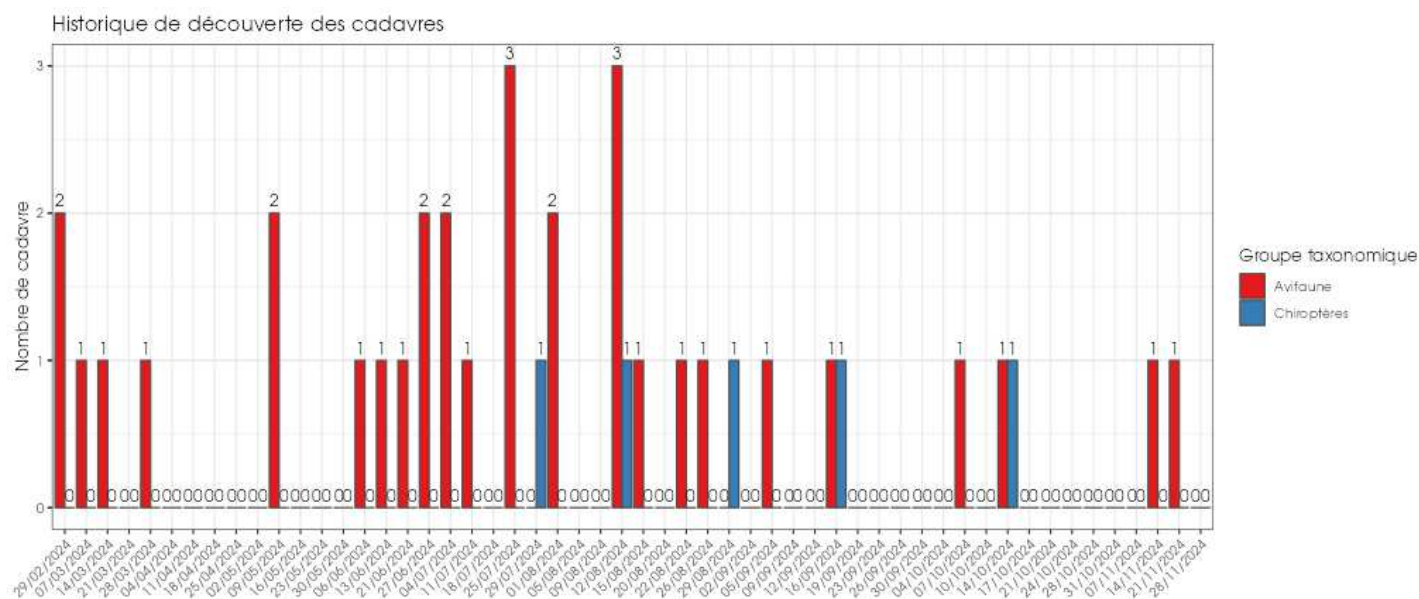


Figure 90 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Pierrots

2.2.1.1 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes avec des valeurs assez différentes entre elles. Aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères, l'éolienne E08 montre le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 5 oiseaux et 1 chiroptère. Les éoliennes E04 et E10 montrent principalement une mortalité notable sur l'avifaune (respectivement 6 et 5 cadavres). A l'échelle du parc, seules 4 éoliennes sur 11 présentent des cas de mortalités concernant les chiroptères, l'éolienne E06 est la plus mortifère avec deux individus de chauves-souris.

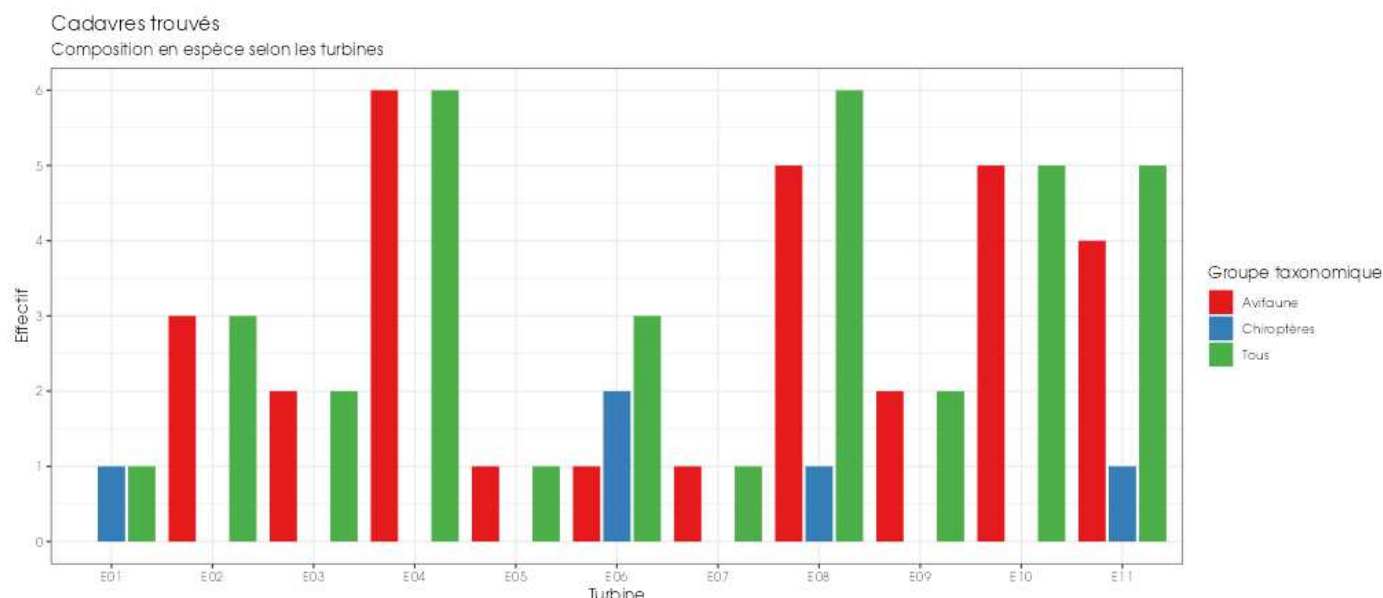


Figure 91 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

L'ensemble des éoliennes présentent des cas de mortalité pour l'avifaune avec un total de 30 cadavres. Pour les chiroptères des individus ont été retrouvés sous 4 des 11 éoliennes. Les mortalités brutes recensées varient fortement entre les éoliennes, comprises entre 1 à 6 cadavres par éolienne et par groupe faunistique. La majorité des cadavres appartient au

groupe des oiseaux (30 individus). Les éoliennes E04, E08, E10 et E11 (dans une moindre mesure) semblent avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

2.2.1.2 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur quasiment l'ensemble des distances prospectées. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Roitelet à triple bandeau observé à 59 m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent correspondre entre les deux groupes, il a été observé des cadavres sur la quasi-totalité des distances et ce de manière hétérogène. Il est important de noter qu'un pic est à observer à 60 mètres du mat pour l'avifaune.

Le positionnement des découvertes autour des éoliennes ne montre pas de tendances.

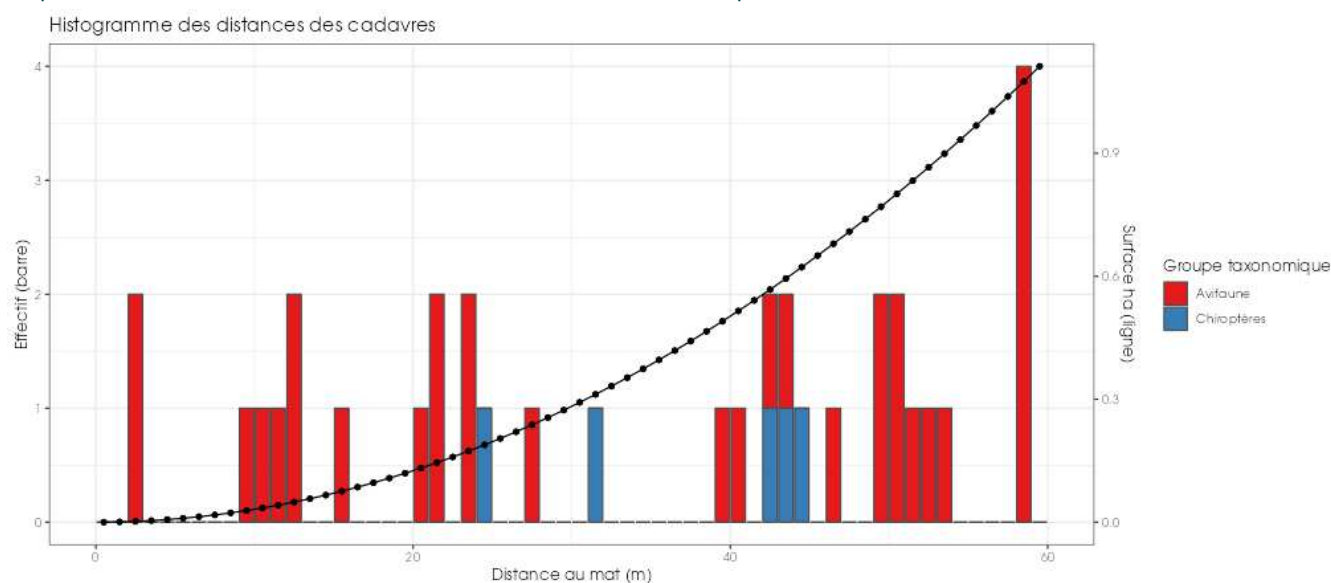


Figure 92 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc des Pierrots. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

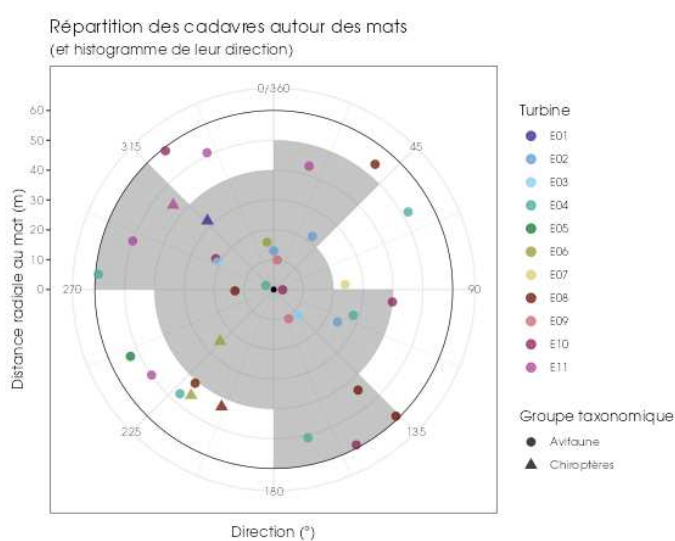


Figure 93 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En gris, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation. Le cercle noir correspond au rayon de prospection maximale de la zone échantillonnée.

2.2.1.3 Description des oiseaux retrouvés

30 individus répartis au sein de 10 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc des Pierrots : l'**Alouette des champs** (4 individus), la **Bergeronnette printanière** (1 individu), la **Buse variable** (1 individu), le **Bruant proyer** (4 individus), le **Faucon crécerelle** (11 individus), le **Faisan de Colchide** (2 individus), la **Linotte mélodieuse** (1 individu), la **Mésange bleue** (1 individu), le **Pigeon ramier** (1 individu) et le **Roitelet à triple bandeau** (4 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 l'Alouette des champs, la Buse variable, le Bruant proyer, le Faucon crécerelle, le Pigeon ramier et le Roitelet à triple bandeau sont des espèces fréquemment observées en France. En effet, sur les 85 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elles font parties des 9 espèces les plus découvertes en Métropole. La Linotte mélodieuse et le Faisan de Colchide se situent respectivement au 16^{ème} et 21^{ème} rang de notre référentiel de mortalité brute. Enfin, la Bergeronnette printanière et la Mésange bleue sont des espèces moins fréquemment observées en France métropolitaine parmi l'ensemble des 10 espèces observées lors de ce suivi, classées respectivement aux 26^{ème} et 30^{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, la Buse variable, l'Alouette des champs, le Pigeon ramier et le Roitelet à triple bandeau 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 10 espèces les plus découvertes en Europe et représentant les six espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr. Le Bruant proyer se situe au 12^{ème} rang européen (espèce principalement observée en Espagne) et est assez commune pour la France (15^{ème} rang). La Linotte mélodieuse est une espèce peu observée aussi bien en Europe qu'en France (49^{ème} et 34^{ème} rang). Enfin, la Bergeronnette printanière et la Mésange bleue ne sont quasiment jamais observées lors des suivis aussi bien en Europe qu'en France (respectivement rangs 72 et 73 pour l'Europe, 39 et 44 pour la 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 prédation des cadavres, du nombre d'éoliennes suivies... Cette base de données publiée le 23/03/2023 puis mise à jour le 16/07/2024 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 Roitelet à triple bandeau est la 1^{ère} espèce la plus impactée régionalement, soit 10,5 % 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 ;
- Le Pigeon ramier est la 5^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 6,91 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- La Buse variable est la 6^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 5,7 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- L'Alouette des champs est la 8^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 4,3 % 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 ;
- La Linotte mélodieuse est la 17^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 0,93 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- La Bergeronnette printanière est la 21^{ème} espèce la plus impactée régionalement, soit 0,65 % des cadavres d'oiseaux retrouvés ;
- La Mésange bleue 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 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 des Pierrots 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 2024.

Tableau 19 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 16/07/2024 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope (mis à jour en 08/2024) pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	Rang régional (1)	A	BE	D	E	NL	PT	Rang Pierrots
Alouette des champs	7 (517)	6 (215)	5 (76)	8 (46)	5 (23)	/	10 (125)	10 (89)	20 (2)	2 (44)	2 (4)
Buse variable	2 (1189)	4 (314)	4 (78)	6 (61)	6 (15)	18 (3)	1 (772)	26 (31)	5 (30)	8 (13)	4 (1)
Bergeronnette printanière	72 (27)	39 (17)	26 (8)	21 (7)	/	/	43 (7)	49 (1)	/	/	4 (1)
Bruant proyer	12 (383)	15 (71)	9 (28)	10 (35)	/	/	23 (39)	3 (252)	/	5 (21)	2 (4)
Faisan de Colchide	22 (203)	10 (97)	21 (10)	9 (38)	1 (62)	17 (4)	26 (32)	48 (2)	17 (5)	17 (2)	3 (2)
Faucon crécerelle	3 (867)	3 (347)	2 (105)	4 (79)	3 (28)	14 (7)	8 (155)	2 (273)	10 (14)	3 (39)	1 (11)
Linotte mélodieuse	49 (67)	34 (25)	16 (13)	17 (10)	14 (3)	/	48 (2)	31 (24)	21 (1)	10 (10)	4 (1)
Mésange bleue	73 (26)	44 (12)	30 (6)	46 (2)	15 (2)	/	43 (7)	47 (3)	21 (1)	/	4 (1)
Pigeon ramier	10 (469)	5 (222)	6 (55)	5 (74)	12 (5)	11 (13)	5 (196)	36 (14)	9 (16)	/	4 (1)
Roitelet à triple bandeau	8 (492)	2 (384)	3 (101)	1 (113)	16 (1)	18 (3)	21 (45)	18 (45)	21 (1)	17 (2)	2 (4)

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

(1) : Rang obtenu avec l'outil développé par la DREAL au région Centre-Val de Loire 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.

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2014, on constate que toutes les espèces à l'exception de la Mésange bleue et du Roitelet à triple bandeau avaient déjà été contactées.

2.2.1.3.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 20 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc des Pierrots à l'échelle régionale, française et européenne.

Aucune espèce n'est inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux. La Linotte mélodieuse est classée VU sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en France. Trois espèces ont un statut « quasi menacé » sur la liste rouge nicheur des oiseaux nicheurs en France, l'Alouette des champs, la Faisan de Colchide et le Faucon crécerelle.

Tableau 20 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien des Pierrots

Espèces	Directive Oiseaux	Protection nationale	Liste rouge Europe (2021)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste rouge nicheur Centre Val de Loire (2015)	Liste rouge migrateur Centre Val de Loire (2015)
Alouette des champs	-	-	LC	NT	NT	MC
Buse variable	-	Article 3	LC	LC	LC	MC
Bruant proyer	-	Article 3	LC	LC	NT	MC
Bergeronnette printanière	-	Article 3	LC	LC	LC	MC
Faisan de Colchide	-	-	LC	LC	NE	-
Faucon crécerelle	-	Article 3	LC	NT	LC	MC
Linotte mélodieuse	-	Article 3	LC	VU	NT	MC
Mésange bleue		Article 3	LC	LC	LC	-
Pigeon ramier	-	-	LC	LC	LC	MC
Roitelet à triple bandeau	-	Article 3	LC	LC	LC	MPC

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).

Listes rouges

- BirdLife International (2021) European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016).
- Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs (UICN, 2013).
- Statut migrateur Centre-Val de Loire (PERTHUIS, 2002) : M : migrateur ; C : commun ; PC : peu commun.
- NE : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable, EN : En Danger.

2.2.1.1 Description des chauves-souris retrouvées

5 individus répartis au sein de 5 espèces ont été retrouvés morts sur le parc des Pierrots : la **Noctule de Leisler** (1 individu), la **Pipistrelle commune** (1 individu), la **Pipistrelle de Kuhl** (1 individu), la **Pipistrelle pygmée** (1 individu) et le **Murin à oreilles échancrées** (1 individu).

Mise à part la Noctule de Leisler, l'ensemble des espèces touché sont des espèces assez sédentaires. Elles s'éloignent ainsi peu de leurs domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

La **Noctule de Leisler** est quant à elle une espèce migratrice. Il est donc possible que l'individu touché par le parc des Pierrots (observé le 29/08/2024) fût un individu en migration. La région Centre-Val-de-Loire accueille également des populations locales. Le patron d'activité acoustique de l'espèce montre une activité de l'espèce tout au long de la période d'activité des chauves-souris au sein du parc des Pierrots. Elle est plus importante en période de dispersion et de migration (août).

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 commune et la Noctule de Leisler sont 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, elles sont les deux espèces les plus découvertes en Métropole, avec respectivement le 1^{er} et le 2^{ème} rang. La Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle pygmée sont elles aussi fréquemment observées lors de nos suivis, elles se situent aux 4^{ème} et 6^{ème} rang. Enfin, il n'a jamais été observé de Murin à oreilles échancrées lors des suivis réalisés par Biotope.

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

- Que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française ;
- Que la Noctule Leisler est la 4^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 5^{ème} en France ;
- Que la Pipistrelle de Kuhl est la 5^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 3^{ème} en France ;
- Que la Pipistrelle pygmée est la 6^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 6^{ème} en France ;
- Et que le Murin à oreilles échancrées n'est que très rarement observé en Europe et en France avec le 21^{ème} et 15^{ème} rang.

Enfin, en région Centre Val-de-Loire, la synthèse de la DREAL (mis à jour le 21/09/2023) sur les cadavres de chauves-souris relate :

- Que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus impactée régionalement (soit 39,48 % des cadavres de chauves-souris retrouvés) ;
- Que la Noctule de Leisler est la 3^{ème} espèce la plus impactée régionalement (soit 10,66 % des cadavres de chauves-souris retrouvés) ;
- Que la Pipistrelle de Kuhl est la 5^{ème} espèce la plus impactée régionalement (soit 6,97 % des cadavres de chauves-souris retrouvés) ;
- Que la Pipistrelle pygmée est la 7^{ème} espèce la plus impactée régionalement (soit 0,55 % des cadavres de chauves-souris retrouvés) ;
- Que le Murin à oreilles échancrées n'a jamais été recensé en région Centre val de Loire.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dürre 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 Dürre se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc des Pierrots 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 Dürre 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. 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 21 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürre (mis à jour le 16/07/2024 ; Dürre, 2023) et le « Référentiel mortalité brute » de Biotope (mis à jour en 08/2024) 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 Pierrots
Pipistrelle commune	1 (3401)	1 (1931)	1 (411)	1 (298)	4 (2)	1 (30)	5 (5)	3 (802)	1 (211)	1 (323)	1 (1)
Pipistrelle de Kuhl	5 (661)	5 (243)	4 (66)	5 (51)	/	/	1 (144)	/	4 (44)	4 (51)	1 (1)
Pipistrelle pygmée	6 (494)	6 (199)	6 (12)	7 (4)	3 (4)	/	7 (1)	5 (169)	/	5 (42)	1 (1)
Noctule de Leisler	4 (813)	5 (243)	2 (127)	3 (78)	/	/	6 (4)	4 (199)	7 (15)	2 (273)	1 (1)
Murin à oreilles échancrées	21 (5)	15 (3)	/	/	/	/	/	/	10 (1)	11 (1)	1 (1)

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

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2014, on constate que les espèces impactées avaient déjà toutes été contactées, à l'exception du Murin à oreilles échancrées, et que leurs niveaux de sensibilité avaient été considérés comme moyen à fort.

La plupart des chauves-souris effectuent des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Quatre espèces effectuent cependant de véritables migrations, parcourant parfois plus de 1 000 km : la Noctule commune, la Noctule de Leisler (1 cas de mortalité recensé sur le parc éolien des Pierrots), la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore (Hutterer et al. 2005). Ces espèces se reproduisent en Europe du Nord et de l'Est. Les jeunes naissent entre juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'Ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes, à l'exception de la Sérotine bicolore où la majorité des données en période de migration concernent des mâles. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année, notamment pour les noctules (Arthur & Lemaire, 2015).

2.2.1.1.1. Évaluation des enjeux

Le Tableau 22 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc des Pierrots à l'échelle de la France et de l'Europe. Les 5 espèces contactées sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne.

Tableau 22 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc des Pierrots

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Centre Val de Loire (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	Article 2	LC	LC	LC
Pipistrelle pygmée	Annexe IV	Article 2	LC	LC	DD
Noctule de Leisler	Annexe IV	Article 2	LC	NT	NT
Murin à oreilles échancrées	Annexe IV Annexe II	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 (UICN, 2012)
- Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (UICN France & MNHN, 2017)
- Liste rouge régionale des mammifères (Sologne Nature Environnement, 2012) : LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable

2.2.1.1 Evaluation de tendance à travers les quantiles de mortalité brute

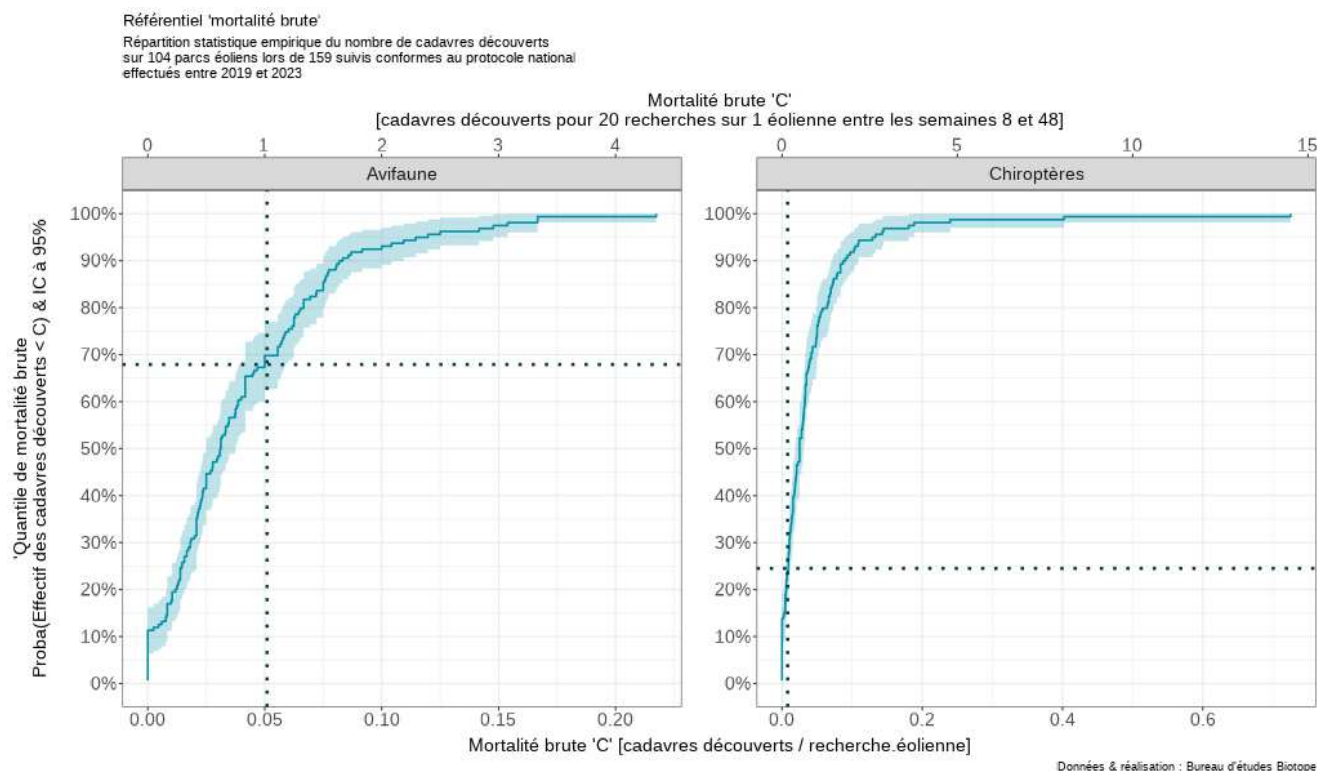


Figure 94 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2023).

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'éoliennes du parc. En résulte un nombre de cadavres par recherche-éolienne pour les deux groupes taxonomiques.

Au sein du parc éolien des Pierrots, il a été observé un total de 30 cadavres d'oiseaux et 5 cadavres de chiroptères. Pendant le suivi, 11 éoliennes ont été suivies durant 54 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0,051 cadavres par recherche-éolienne pour les oiseaux et de 0,008 cadavres par recherche-éolienne pour les chiroptères.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 68% pour les oiseaux et de 25% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité brute du parc des Pierrots est parmi les 32% les plus élevés du référentiel pour les oiseaux, contre 25% mortifères pour les chiroptères.

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 des Pierrots 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 23, Figure 95, : *Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées* sur Figure 95, Figure 97 et Figure 98). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres (Domínguez del Valle et al., 2020). Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

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

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

Tableau 23 : Bilan de l'occupation du sol pour les onze 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 (54 passages).

Milieux	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Total parc
Céréale	11,27%	10,54%	13,26%	18,18%	16,71%	13,39%	5,67%	5,68%	13,02%	-	10,19%	10,72%
Chaume	11,05%	22,70%	13,26%	26,09%	18,11%	26,79%	10,79%	2,66%	25,82%	1,55%	4,15%	14,82%
Colza	1,49%	-	-	-	-	-	-	5,31%	-	15,37%	5,04%	2,47%
Déchaume	40,18%	31,51%	-	-	-	-	21,58%	28,77%	23,37%	31,69%	22,14%	18,11%
Friche	7,36%	7,59%	7,28%	5,89%	7,81%	6,11%	6,36%	5,56%	9,11%	6,23%	9,81%	7,19%
Haie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,66%	0,24%
Labour	-	-	-	1,05%	1,39%	-	-	-	-	-	-	0,22%
Légumineuse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,90%	-	0,17%
Lin	-	-	-	-	-	-	16,65%	9,31%	-	-	-	2,36%
Plateforme	12,28%	11,10%	13,17%	13,96%	16,97%	13,52%	12,31%	18,90%	12,76%	13,40%	11,38%	13,61%
Semi	16,37%	16,56%	16,21%	20,78%	15,32%	20,83%	12,19%	7,81%	15,92%	10,81%	9,32%	14,74%
Sol nu	-	-	-	14,06%	23,68%	19,35%	14,46%	15,99%	-	-	25,32%	10,26%
Tournesol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,04%	-	1,73%
Trèfle	-	-	36,83%	-	-	-	-	-	-	-	-	3,35%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

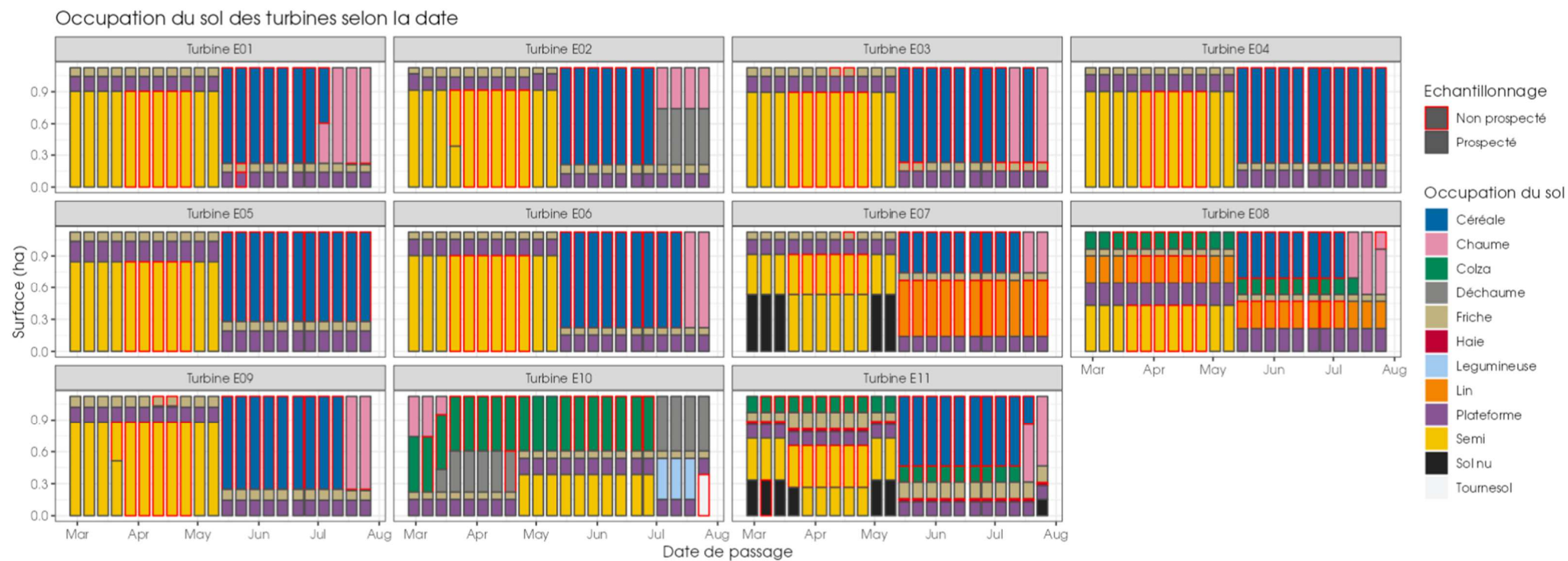


Figure 95 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur les mois de mars à juillet



Figure 96 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur les mois d'août à septembre

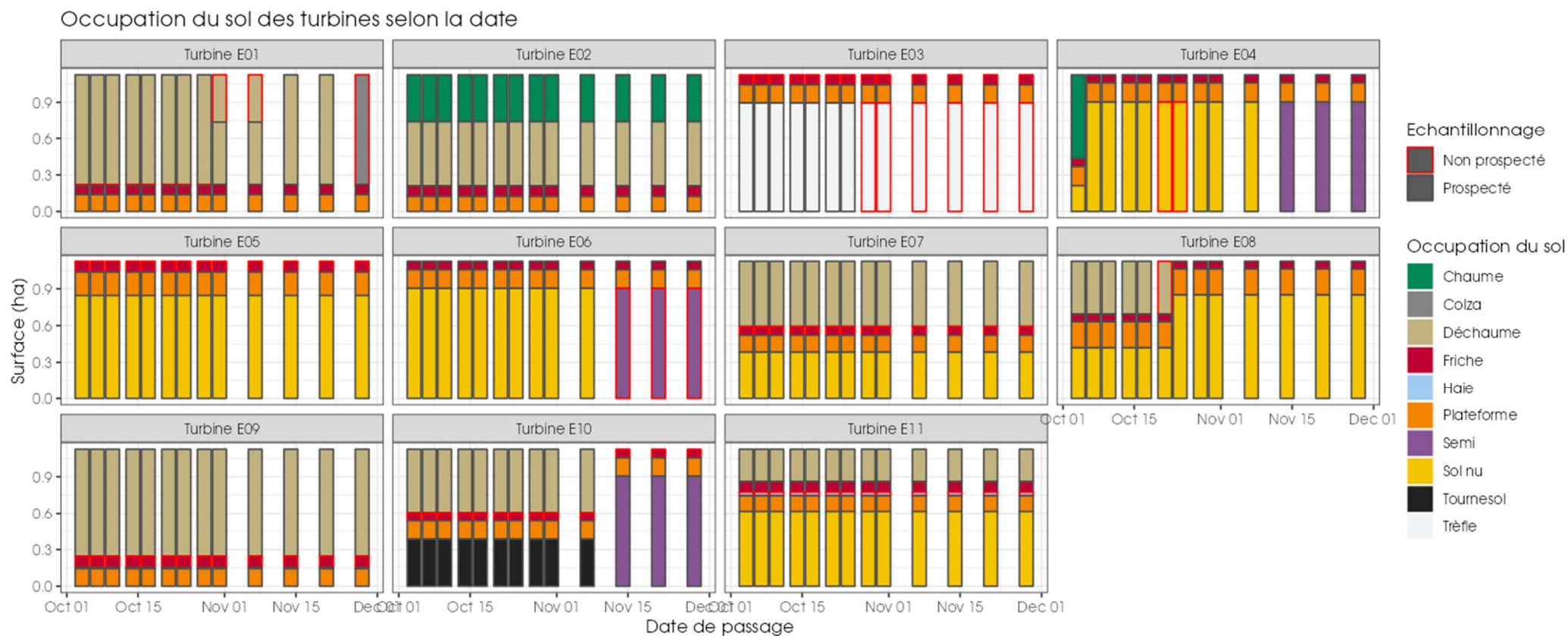
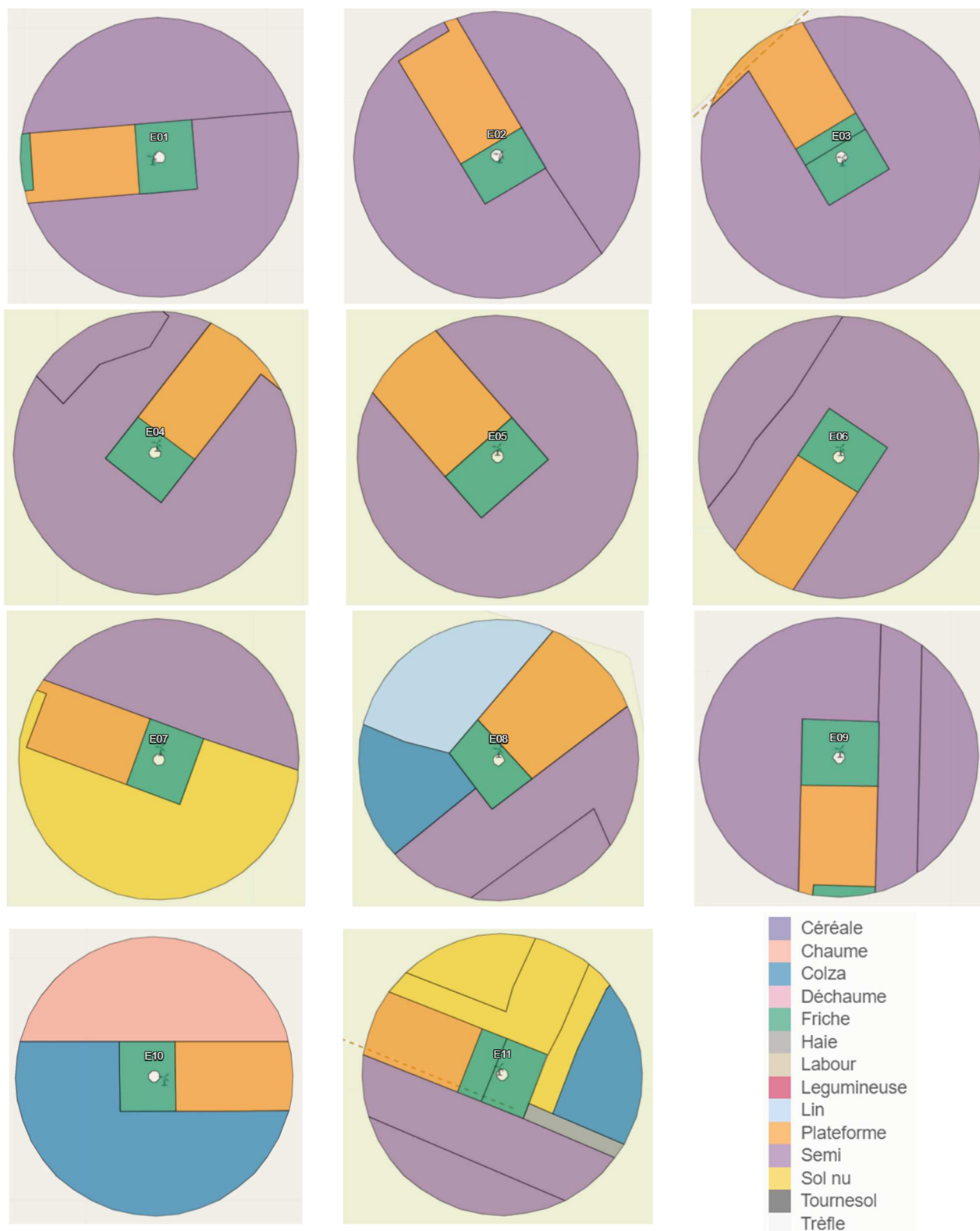


Figure 97 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur les mois d'octobre à novembre



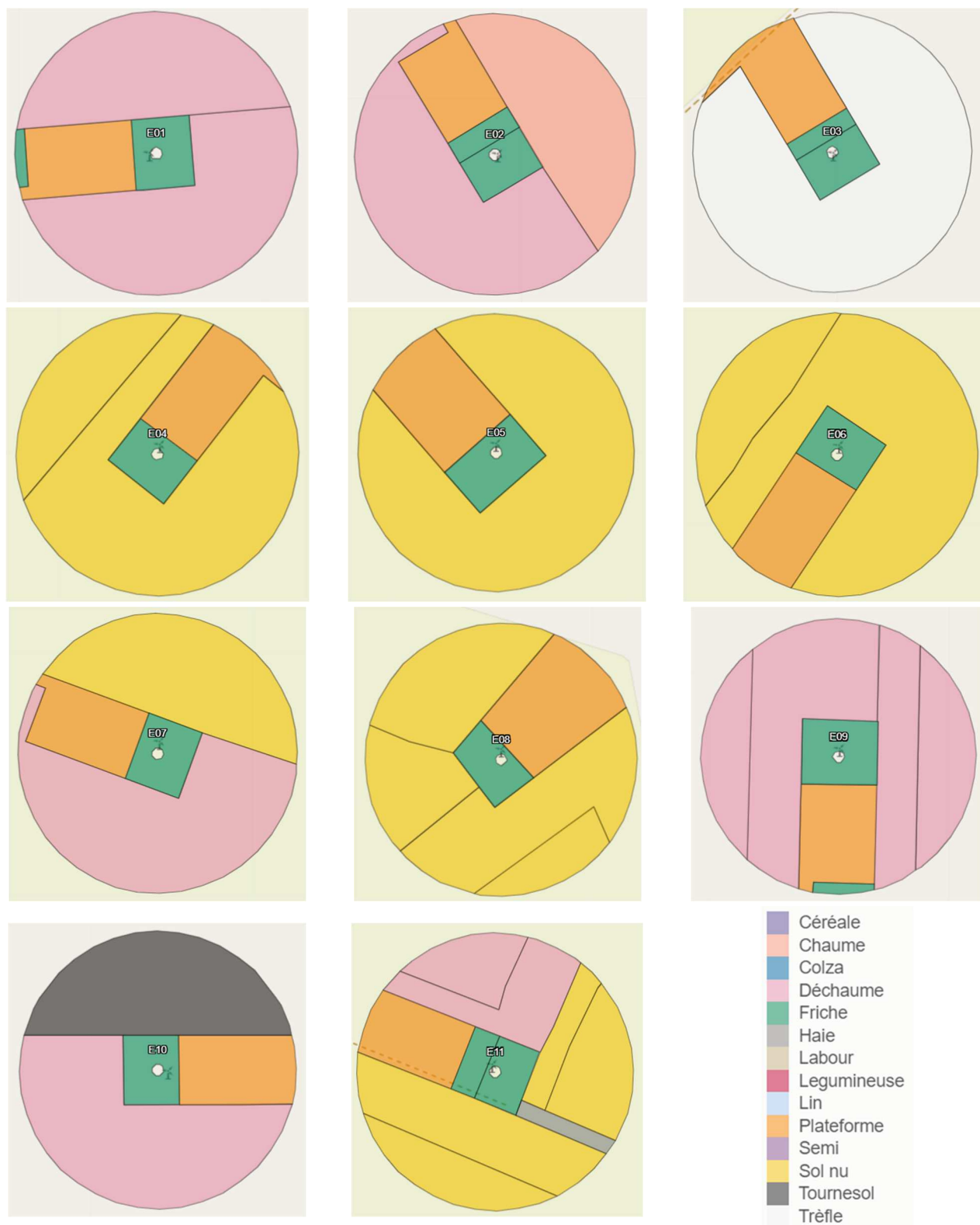
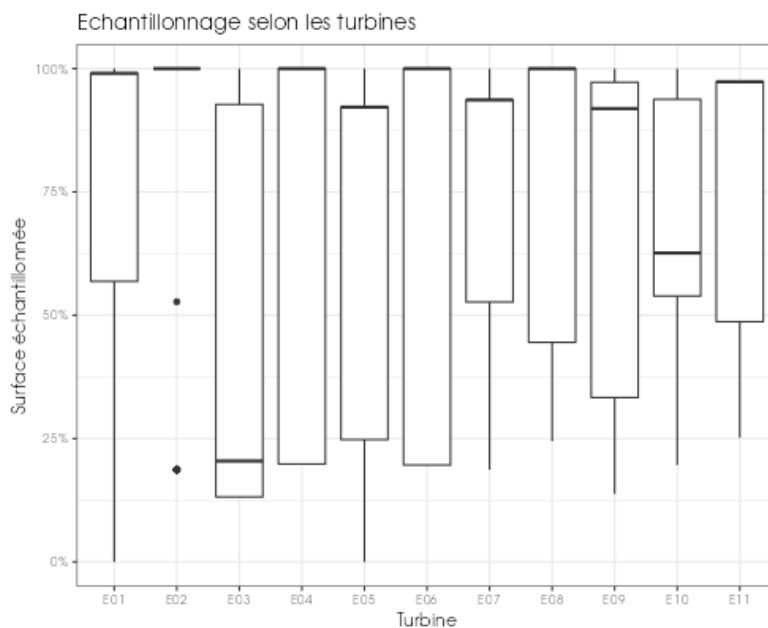
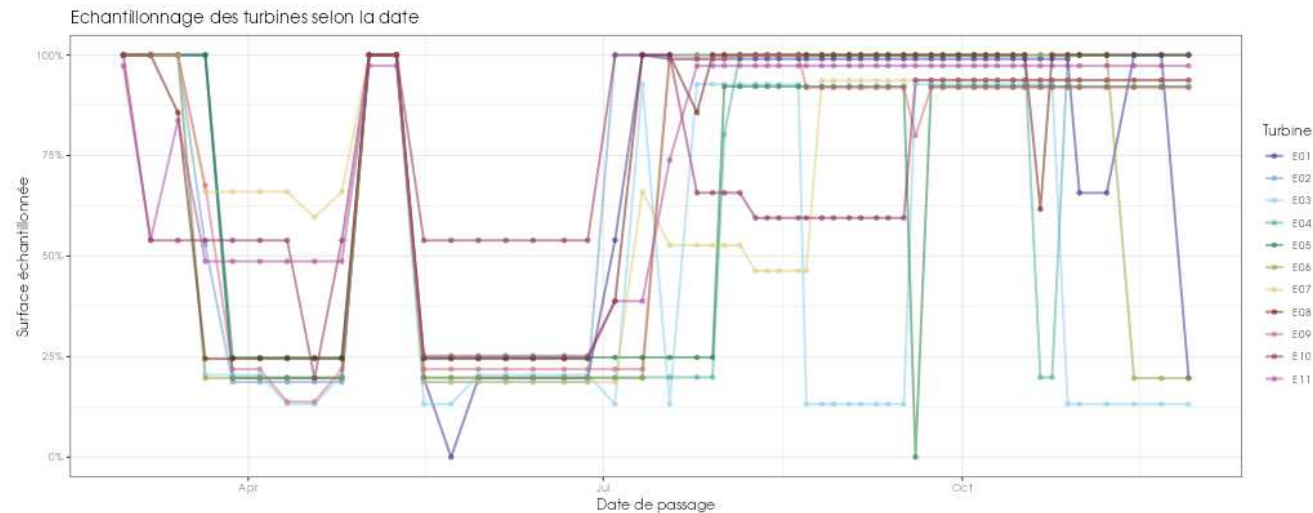


Figure 98 : Occupation du sol pour les 11 éoliennes du parc le 07 mars 2024 (2^{ème} passage en haut) et le 31 octobre 2024 (50^{ème} passage en bas).

2.2.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

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



Pour l'éolienne E02, le 1er quartile, la médiane et le 3ème quartile sont identiques. Les variations d'occupation du sol ne permettent pas la construction d'une boîte à moustaches.

Figure 99 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, en bas (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 24). 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 0,46 à 0,74) ; ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 24 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 54 passages

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
Quantile 2.5%	0,20	0,19	0,13	0,20	0,25	0,20	0,19	0,24	0,16	0,54	0,25
Premier quartile	0,57	1,00	0,13	0,20	0,25	0,20	0,53	0,45	0,33	0,54	0,49
Moyenne	0,78	0,81	0,52	0,71	0,70	0,73	0,71	0,79	0,75	0,73	0,79
Moyenne pondérée	0,70	0,74	0,46	0,64	0,64	0,63	0,67	0,72	0,68	0,71	0,72
Médiane	0,99	1,00	0,20	1,00	0,92	1,00	0,94	1,00	0,92	0,63	0,97
Troisième quartile	0,99	1,00	0,93	1,00	0,92	1,00	0,94	1,00	0,97	0,94	0,97
Quantile 97.5%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97

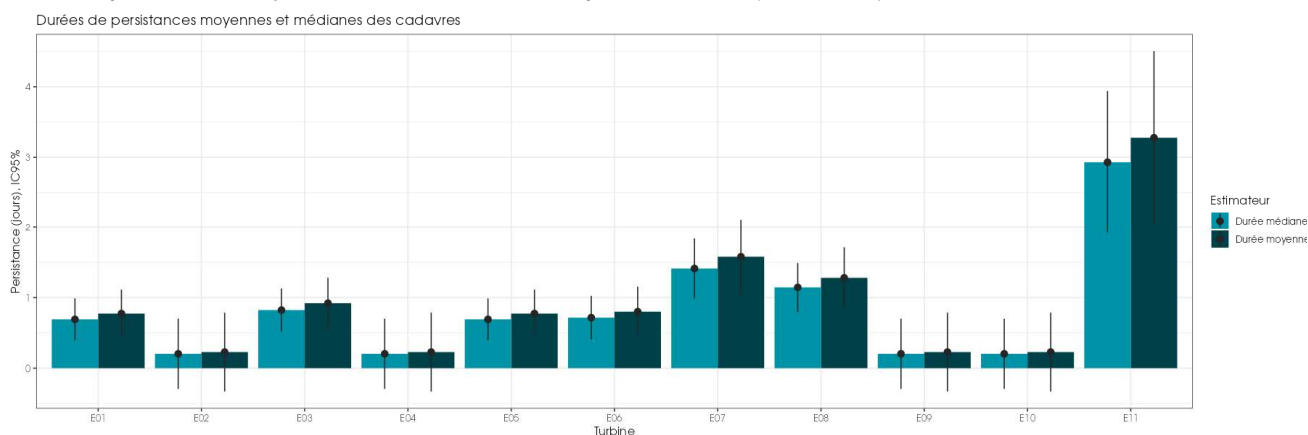
On peut observer que la moyenne pondérée est relativement semblable sur la majorité des éoliennes. Elle est comprise entre 0,63 et 0,74. Elle est en revanche nettement inférieure au niveau de l'éolienne E03.

L'occupation du sol au niveau de l'éolienne E3, explique les résultats au niveau de l'éolienne E3. Les surfaces prospectées au niveau de cette éolienne sont restées faibles une bonne partie de l'année du fait des cultures présentes en 2024. Sur la parcelle localisée au pied de cette éolienne, les cultures qui se sont succédé au cours de cette année sont à la fois une culture de céréale et une culture de trèfle. La période de sol nu ou de déchaume après la récolte des céréales n'a pas eu lieu. Ce qui a réduit les surfaces de prospections au niveau de cette éolienne.

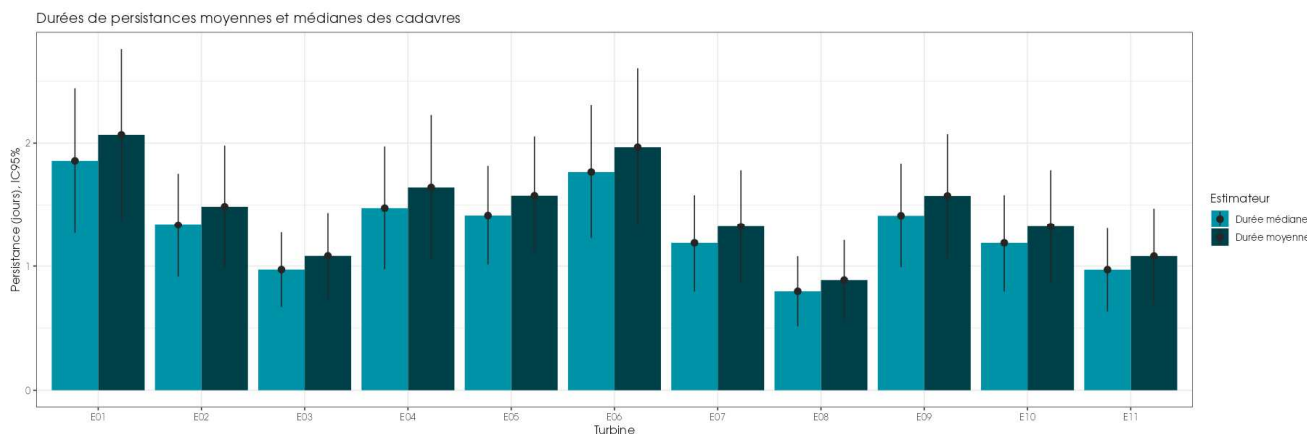
2.2.2.3.1. Coefficient de persistance (s)

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme l'un des modèles les plus parcimonieux (AIC weight = 0,17) : « **Persistance ~ TurbID** » en utilisant une famille de distribution « loglogistic ». En effet, lors des différents passages de suivi mortalité sur le parc Les Pierrots en 2024, une fréquentation importante des parcelles à proximité des éoliennes proches de bosquets et/ou de haies par les rapaces en chasse ou en transit a été constatée. Cela est notamment dû au fait que ces derniers offrent des sites de reproduction, des perchoirs, des sites de repos aux rapaces. Cette attractivité notamment au niveau des éoliennes E06, E08, E10, explique l'incorporation du paramètre « TurbID » dans le choix du modèle.

Durées de persistance moyennes et médianes du test de persistance n° 1 (05/02/2024)



Durées de persistance moyennes et médianes du test de persistance n° 2 (27/04/2024)



Durées de persistance moyennes et médianes en utilisant les résultats des tests n° 1 et n° 2 en 2024

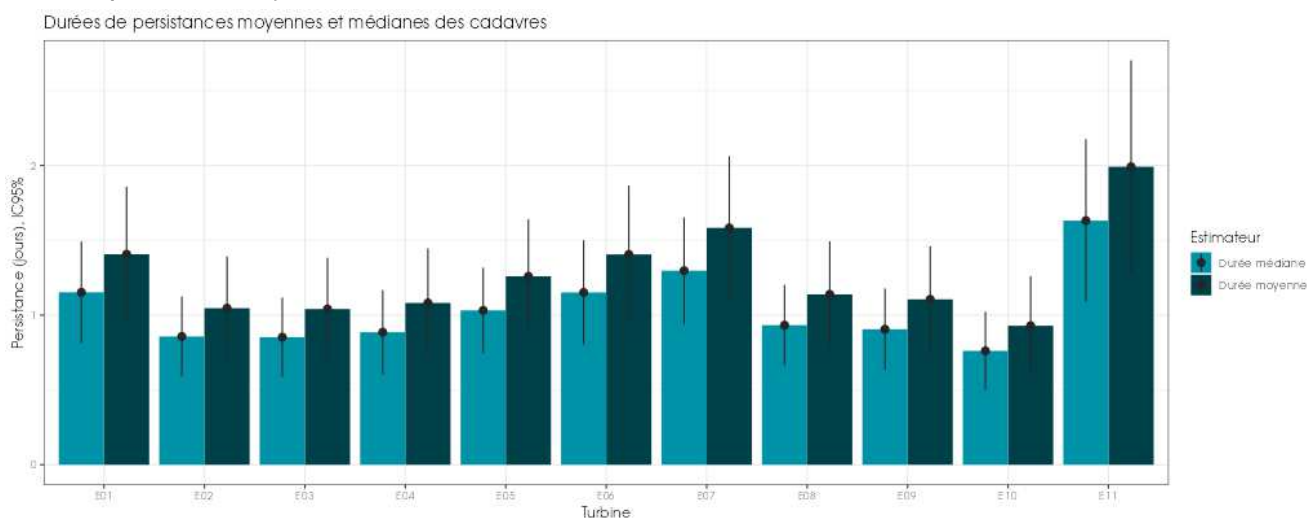


Figure 100 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

Nous ne pouvons pas réellement discerner de groupes d'éoliennes en fonction de leurs durées de persistance, seule E11 comme chaque année semble avoir une persistance moyenne plus élevée mais qui dans l'absolue reste très faible. Les éoliennes E01 à E10 ont une persistance moyenne comprise entre 1 et 1,6 jours, c'est-à-dire qu'un cadavre disparaît en moyenne avant 2 jours. A l'échelle du parc, la persistance moyenne estimée est de 1,3 jours ce qui est extrêmement faible, mais cela s'explique par la forte présence de prédateurs sur le parc. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est assez bonne en illustre une incertitude modérée, voire faible (Tableau 25 ; Figure 100).

Tableau 25 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des onze éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc
Résultats des tests de persistances de l'année 2024 (2 tests)												
Persistance moyenne (en jours)	1,4	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	1,1	1,1	0,9	2,0	1,3
Intervalle de confiance à 95 %	[0,95 ; 1,85]	[0,69 ; 1,39]	[0,69 ; 1,38]	[0,71 ; 1,44]	[0,8 ; 1,63]	[0,94 ; 1,86]	[1,1 ; 2,06]	[0,78 ; 1,49]	[0,75 ; 1,46]	[0,59 ; 1,26]	[1,28 ; 2,7]	[1,07 ; 1,45]

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 ont permis de retenir un modèle d'efficacité. Nous avons donc sélectionné le modèle « **Trouve ~ Hmoy + TurbID** » pour réaliser les interpolations. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur sur les éoliennes durant le suivi (Tableau 26).

Tableau 26 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (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 prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
E01 0 cm	0,96 [0,87 ; 0,99]	1 [1 ; 1]	Estimation	E06 20 cm	0,74 [0,37 ; 0,94]	1 [1 ; 1]	Estimation
E01 5 cm	0,95 [0,86 ; 0,98]	0,85 [0,62 ; 1]	Estimation	E06 25 cm	0,71 [0,32 ; 0,93]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E01 10 cm	0,94 [0,84 ; 0,98]	1 [1 ; 1]	Estimation	E06 30 cm	0,67 [0,27 ; 0,92]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E01 15 cm	0,93 [0,82 ; 0,98]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E07 0 cm	0,71 [0,5 ; 0,85]	0,6 [0,2 ; 1]	Estimation
E01 20 cm	0,92 [0,79 ; 0,97]	0,83 [0,5 ; 1]	Estimation	E07 5 cm	0,67 [0,46 ; 0,83]	0,77 [0,54 ; 1]	Estimation
E01 25 cm	0,9 [0,76 ; 0,96]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E07 10 cm	0,63 [0,41 ; 0,8]	0,5 [0,17 ; 0,83]	Estimation
E01 30 cm	0,88 [0,72 ; 0,96]	0,95 [0,86 ; 1]	Estimation	E07 15 cm	0,58 [0,36 ; 0,78]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E01 60 cm	0,71 [0,34 ; 0,92]	0 [0 ; 0]	Extrapolation	E07 20 cm	0,54 [0,3 ; 0,76]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E02 0 cm	0,85 [0,7 ; 0,93]	1 [1 ; 1]	Estimation	E07 25 cm	0,49 [0,25 ; 0,74]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E02 5 cm	0,82 [0,66 ; 0,92]	0,83 [0,67 ; 1]	Estimation	E07 30 cm	0,44 [0,2 ; 0,72]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E02 10 cm	0,79 [0,62 ; 0,9]	1 [1 ; 1]	Estimation	E08 0 cm	0,88 [0,59 ; 0,97]	1 [1 ; 1]	Estimation
E02 15 cm	0,76 [0,57 ; 0,88]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E08 5 cm	0,86 [0,56 ; 0,97]	0,75 [0,25 ; 1]	Estimation
E02 20 cm	0,73 [0,51 ; 0,87]	0,33 [0 ; 0,67]	Estimation	E08 10 cm	0,83 [0,51 ; 0,96]	0,67 [0 ; 1]	Estimation

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
E02 25 cm	0,69 [0,45 ; 0,86]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E08 15 cm	0,8 [0,46 ; 0,95]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E02 30 cm	0,65 [0,38 ; 0,84]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E08 20 cm	0,77 [0,41 ; 0,94]	1 [1 ; 1]	Estimation
E02 50 cm	0,42 [0,18 ; 0,7]	0 [0 ; 0]	Extrapolation	E08 25 cm	0,74 [0,36 ; 0,93]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E03 0 cm	0,87 [0,71 ; 0,95]	0,89 [0,67 ; 1]	Estimation	E08 30 cm	0,7 [0,31 ; 0,93]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E03 5 cm	0,85 [0,68 ; 0,94]	1 [0 ; 0]	Estimation	E08 40 cm	0,62 [0,21 ; 0,91]	0 [0 ; 0]	Extrapolation
E03 10 cm	0,83 [0,64 ; 0,93]	0,87 [0,67 ; 1]	Estimation	E09 0 cm	0,75 [0,58 ; 0,87]	0,75 [0,38 ; 1]	Estimation
E03 15 cm	0,8 [0,59 ; 0,91]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E09 5 cm	0,72 [0,57 ; 0,83]	0,25 [0 ; 0,75]	Estimation
E03 20 cm	0,76 [0,54 ; 0,9]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E09 10 cm	0,68 [0,55 ; 0,78]	0,56 [0,22 ; 0,89]	Estimation
E03 25 cm	0,73 [0,47 ; 0,89]	0,5 [0 ; 1]	Estimation	E09 15 cm	0,64 [0,52 ; 0,74]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E03 30 cm	0,69 [0,41 ; 0,88]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E09 20 cm	0,59 [0,48 ; 0,69]	0,95 [0,84 ; 1]	Estimation
E04 0 cm	0,88 [0,7 ; 0,96]	0,86 [0,57 ; 1]	Estimation	E09 25 cm	0,55 [0,43 ; 0,66]	0,34 [0,21 ; 0,5]	Estimation
E04 5 cm	0,86 [0,67 ; 0,95]	1 [0 ; 0]	Estimation	E09 30 cm	0,5 [0,37 ; 0,63]	1 [1 ; 1]	Estimation
E04 10 cm	0,84 [0,64 ; 0,94]	0,6 [0,2 ; 1]	Estimation	E10 0 cm	0,81 [0,68 ; 0,89]	0,88 [0,63 ; 1]	Estimation
E04 15 cm	0,81 [0,59 ; 0,93]	1 [1 ; 1]	Estimation	E10 5 cm	0,77 [0,66 ; 0,86]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation
E04 20 cm	0,78 [0,54 ; 0,92]	0,86 [0,57 ; 1]	Estimation	E10 10 cm	0,74 [0,63 ; 0,83]	0,71 [0,52 ; 0,9]	Estimation
E04 25 cm	0,75 [0,48 ; 0,91]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E10 15 cm	0,7 [0,59 ; 0,8]	0,75 [0,55 ; 0,9]	Estimation
E04 30 cm	0,71 [0,42 ; 0,9]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E10 20 cm	0,66 [0,53 ; 0,77]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E05 0 cm	0,31 [0,17 ; 0,5]	0,24 [0,1 ; 0,43]	Estimation	E10 25 cm	0,62 [0,47 ; 0,75]	0,53 [0,27 ; 0,8]	Estimation
E05 5 cm	0,28 [0,15 ; 0,46]	0,43 [0,14 ; 0,71]	Estimation	E10 30 cm	0,58 [0,39 ; 0,74]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E05 10 cm	0,24 [0,12 ; 0,42]	0,5 [0 ; 1]	Estimation	E10 40 cm	0,48 [0,26 ; 0,71]	0 [0 ; 0]	Extrapolation
E05 15 cm	0,21 [0,1 ; 0,39]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E11 0 cm	0,76 [0,65 ; 0,85]	1 [1 ; 1]	Estimation
E05 20 cm	0,18 [0,07 ; 0,37]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E11 5 cm	0,73 [0,61 ; 0,82]	0,77 [0,66 ; 0,87]	Estimation
E05 25 cm	0,15 [0,06 ; 0,35]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E11 10 cm	0,69 [0,56 ; 0,79]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E05 30 cm	0,13 [0,04 ; 0,33]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E11 15 cm	0,65 [0,5 ; 0,77]	0,17 [0 ; 0,5]	Estimation
E06 0 cm	0,86 [0,55 ; 0,97]	0,75 [0,25 ; 1]	Estimation	E11 20 cm	0,6 [0,44 ; 0,75]	0,5 [0 ; 1]	Estimation

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
E06 5 cm	0,84 [0,51 ; 0,96]	1 [0 ; 0]	Estimation	E11 25 cm	0,56 [0,36 ; 0,74]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E06 10 cm	0,81 [0,47 ; 0,95]	0,75 [0,25 ; 1]	Estimation	E11 30 cm	0,51 [0,3 ; 0,72]	0 [0 ; 0]	Interpolation
E06 15 cm	0,78 [0,42 ; 0,94]	0 [0 ; 0]	Interpolation	E11 40 cm	0,42 [0,18 ; 0,7]	0 [0 ; 0]	Extrapolation

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction de la hauteur de végétation. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,13 au minimum (E05 pour 30 cm de hauteur moyenne), à 0,96 au maximum (E01 pour 0 cm de hauteur moyenne).

2.2.2.3.3. Tests et calcul des coefficients correcteurs issues de GenEst

2.2.2.3.3.1. Density Weighted Proportion (DWP)

Tableau 27 : Calcul de la proportion de surface prospectée par éolienne

Turbine	Proportion de la surface prospectée
E01	0,777
E02	0,811
E03	0,519
E04	0,714
E05	0,701
E06	0,732
E07	0,712
E08	0,794
E09	0,748
E10	0,731
E11	0,789

L'incapacité d'incorporer une estimation des "crippling loss" conduit à l'utilisation d'un indicateur qui corrige la probabilité de détection globale (g) en tenant compte de la prospection autour des éoliennes.

La proportion de surface prospectée varie entre les éoliennes, de 52 % pour l'éolienne E03 à 81% pour l'éolienne E02. De manière générale, la proportion de surface prospectée pourrait être qualifiée de « moyenne » (Tableau 27).

La faible proportion de surface observée au niveau de l'éolienne E03 est dû à la succession d'une culture de céréale et d'une culture de trèfle. La période de sol nu ou de déchaume après la récolte des céréales n'a pas eu lieu. Ce qui a réduit les surfaces de prospections au niveau de cette éolienne.

2.2.2.3.3.2. Efficacité de recherche (f)

À la suite de la sélection et l'analyse des modèles d'efficacité de recherche, un modèle contenant l'effet de l'éolienne et de la visibilité (~Turbine + Visibility) a été préconisé pour estimer au mieux l'efficacité de recherche (Tableau 28). Six covariables ont été utilisées lors de la sélection de modèle : « occupation du sol », « hauteur de végétation », « couverture végétale », « visibilité », « saison » et « ID de l'éolienne ». La sélection du modèle par AICc a révélé que le modèle le plus parcimonieux était celui intégrant la « l'occupation du sol » ainsi que la visibilité.

Néanmoins, certains types d'OCS ont été observés lors des suivis de mortalité hebdomadaire, mais ils n'ont pas pu être testés lors des tests d'efficacité, ce qui rend impossible l'estimation de la mortalité selon cette variable. Par conséquent, un modèle « Turbine + Visibilité », n'intégrant pas de variabilité selon l'OCS a été utilisé pour réaliser les estimations de la probabilité de détection g.

Tableau 28 : Estimation de la détection médiane et des intervalles de confiance (95%) associées.

Eol.Visibilité	Nombre de leurres	Détection médiane	IC2.5%	IC97.5%
E01.Bonne	16	0,969	0,905	0,990
E02.Bonne	22	0,871	0,732	0,943
E03.Bonne	9	0,904	0,761	0,965
E04.Bonne	6	0,929	0,796	0,978
E05.Bonne	6	0,432	0,233	0,655
E06.Bonne	4	0,898	0,635	0,978
E07.Bonne	6	0,780	0,568	0,905
E08.Bonne	4	0,914	0,679	0,982
E09.Bonne	8	0,833	0,700	0,914
E10.Bonne	23	0,846	0,735	0,916
E11.Bonne	32	0,812	0,694	0,892
E01.Mauvaise	28	0,884	0,729	0,956
E02.Mauvaise	6	0,622	0,387	0,811
E03.Mauvaise	4	0,695	0,436	0,871
E04.Mauvaise	11	0,762	0,512	0,907
E05.Mauvaise	NA	0,156	0,065	0,331
E06.Mauvaise	2	0,682	0,298	0,915
E07.Mauvaise	NA	0,463	0,233	0,709
E08.Mauvaise	3	0,721	0,345	0,927
E09.Mauvaise	68	0,548	0,437	0,655
E10.Mauvaise	20	0,572	0,414	0,717
E11.Mauvaise	8	0,513	0,337	0,685
E01.Moyenne	4	0,937	0,824	0,980
E02.Moyenne	8	0,764	0,561	0,891
E03.Moyenne	16	0,818	0,623	0,924
E04.Moyenne	7	0,863	0,662	0,953
E05.Moyenne	24	0,267	0,140	0,448

E06.Moyenne	5	0,809	0,464	0,954
E07.Moyenne	18	0,629	0,416	0,801
E08.Moyenne	5	0,836	0,513	0,961
E09.Moyenne	10	0,705	0,544	0,827
E10.Moyenne	36	0,725	0,597	0,824
E11.Moyenne	31	0,675	0,534	0,789

2.2.2.3.3.3. Persistance des cadavres (s)

Pour rappel, selon GenEst, la "persistance d'un cadavre" correspond à la probabilité qu'un cadavre arrivant au temps t_0 , continue à persister jusqu'à un temps t jours plus tard.

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques, le modèle le plus « parcimonieux » (\sim Turbine) a été retenu. Il intègre une variation de la persistance par éolienne, et est modélisé par une famille de distribution « loglogistic ». Ainsi, nous estimons une persistance médiane par éolienne comprise entre 1,087 jours [0,964 ; 1,226] pour l'éolienne E10 et 1,721 jours [1,401 ; 2,115] pour l'éolienne E11 (Figure 101 ; Tableau 29). Notons que malgré l'intégration d'un effet 'éolienne', la persistance médiane reste très faible sur l'ensemble des éoliennes suivi, et les cadavres semblent disparaître très rapidement (Figure 101 ; Tableau 29).

La statistique « ri » (i : jours du calendrier de passage : 1/3/7/14 ; Tableau 29) correspond à la probabilité estimée qu'un cadavre arrivant à un moment aléatoire dans un intervalle de i jour persiste jusqu'à la fin de cet intervalle. Par exemple, pour $i = 3$, la probabilité qu'un cadavre arrivé aléatoirement dans un intervalle de 3j persiste (donc qu'il soit toujours présent) jusqu'à 3j est de 43% [37 ; 50] sur l'éolienne E01 ou de 40% [35 ; 46] pour l'éolienne E05.

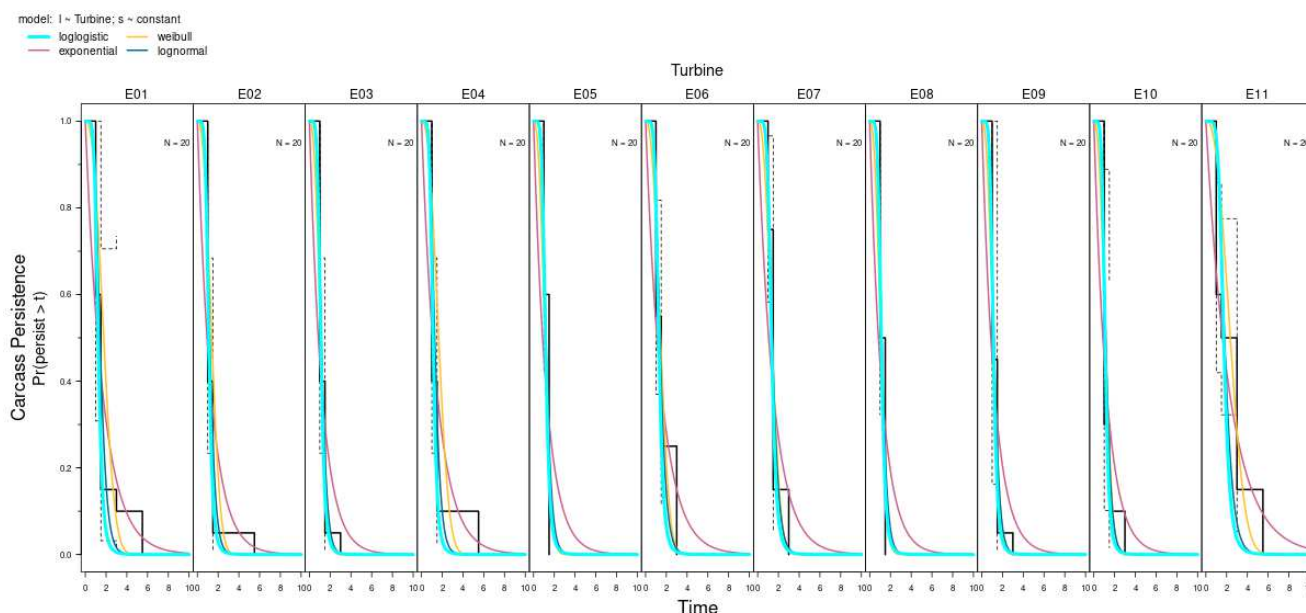


Figure 101 : Courbe d'évolution des temps de persistance par éolienne (courbes de Kaplan-Meier)

Tableau 29 : Estimation des persistances médianes et des intervalles de confiances associés (95%)

Eolienne	Nombre de rats	CP médian (CI95)	r1 (CI95)	r3 (CI95)	r7 (CI95)	r14 (CI95)
E01	20,00	1,237 [1,062 ; 1,441]	0,964 [0,924 ; 0,985]	0,431 [0,371 ; 0,502]	0,185 [0,159 ; 0,216]	0,093 [0,079 ; 0,108]
E02	20,00	1,102 [0,973 ; 1,246]	0,936 [0,891 ; 0,966]	0,385 [0,34 ; 0,435]	0,165 [0,146 ; 0,187]	0,083 [0,073 ; 0,094]
E03	20,00	1,101 [0,973 ; 1,245]	0,936 [0,892 ; 0,966]	0,384 [0,341 ; 0,435]	0,165 [0,146 ; 0,187]	0,083 [0,073 ; 0,094]
E04	20,00	1,12 [0,986 ; 1,271]	0,941 [0,896 ; 0,969]	0,391 [0,344 ; 0,444]	0,168 [0,148 ; 0,191]	0,084 [0,074 ; 0,095]
E05	20,00	1,154 [1,01 ; 1,318]	0,949 [0,905 ; 0,974]	0,403 [0,352 ; 0,459]	0,173 [0,151 ; 0,198]	0,086 [0,076 ; 0,099]
E06	20,00	1,27 [1,084 ; 1,489]	0,968 [0,931 ; 0,987]	0,443 [0,379 ; 0,518]	0,19 [0,163 ; 0,223]	0,095 [0,081 ; 0,112]
E07	20,00	1,342 [1,135 ; 1,586]	0,976 [0,943 ; 0,991]	0,468 [0,395 ; 0,552]	0,201 [0,17 ; 0,239]	0,101 [0,085 ; 0,119]
E08	20,00	1,116 [0,984 ; 1,266]	0,94 [0,895 ; 0,968]	0,39 [0,343 ; 0,441]	0,167 [0,147 ; 0,19]	0,084 [0,074 ; 0,095]
E09	20,00	1,117 [0,985 ; 1,267]	0,94 [0,896 ; 0,969]	0,39 [0,343 ; 0,443]	0,167 [0,147 ; 0,191]	0,084 [0,074 ; 0,095]
E10	20,00	1,087 [0,964 ; 1,226]	0,932 [0,886 ; 0,963]	0,38 [0,336 ; 0,427]	0,163 [0,144 ; 0,184]	0,081 [0,072 ; 0,092]
E11	20,00	1,721 [1,401 ; 2,115]	0,994 [0,98 ; 0,999]	0,594 [0,488 ; 0,715]	0,258 [0,21 ; 0,317]	0,129 [0,105 ; 0,159]

2.2.2.3.3.4. Probabilité de détection (g)

La probabilité de détection (notée g), intègre les estimations du modèle de persistance et du modèle d'efficacité de recherche. L'estimation de la probabilité de détection est relativement faible mais aussi variable en fonction de l'éolienne suivie (Figure 102). Globalement, la probabilité de détection estimée (g) est plus faible dans un contexte où la visibilité est faible. La probabilité de détection médiane varie entre 0,039 [0,015 ; 0,081] pour l'éolienne E05 dans de mauvaises conditions de visibilité et 0,291 [0,232 ; 0,36] pour l'éolienne E11 dans de bonnes conditions de visibilité. Cette différence repose sur la différence entre éoliennes observée à la fois lors de l'estimation de la persistance et de l'efficacité de recherche décrite plus tôt.

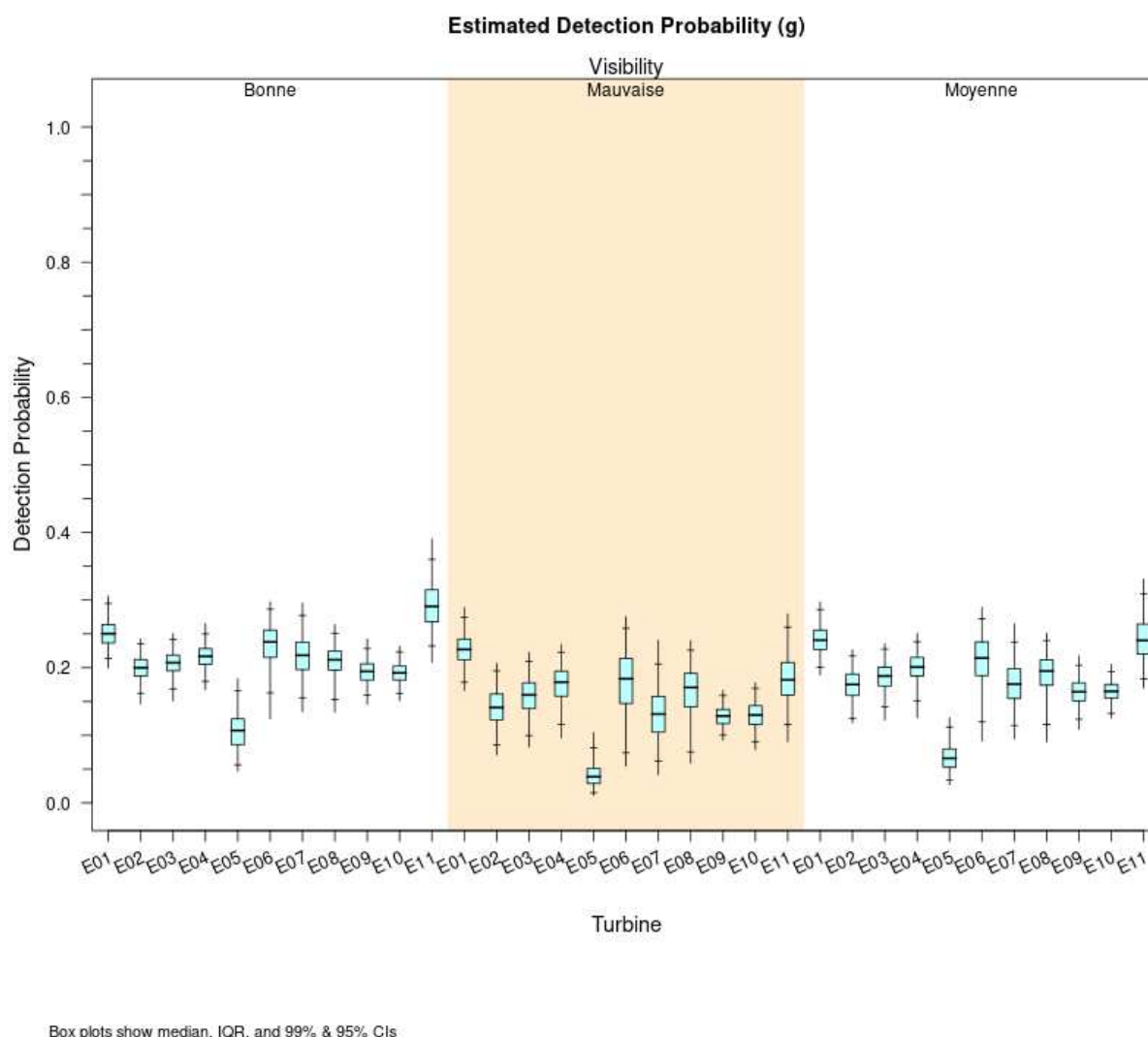


Figure 102 : Estimation de la probabilité de détection (g) par unité retenue lors de la modélisation (Turbine et Visibilité)

2.2.2.4 Estimation de la mortalité

Rappel : Le protocole national 2018 exige de se baser sur **des formules de calcul internationales afin d'obtenir une estimation standardisée**. Plusieurs méthodes sont donc appliquées pour estimer la mortalité, chacune d'entre elles présentant des points forts et des points faibles. **Les résultats diffèrent de l'une à l'autre, parfois de façon importante**. Ainsi, l'utilisation de plusieurs méthodologies permet de présenter une fourchette de résultats pour prendre en compte ces variations. Il s'agit ici d'estimer les **collisions potentielles sur le parc sur l'année qui diffèrent de celles réellement observées**.

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 (une Alouette des champs et un Faucon crécerelle ont été découverts lors du premier passage le 29 février 2024 au niveau des éoliennes E07 et E10). 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 0,05 et 0,3 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez faible également (entre 46% et 74% de surfaces prospectées). Par la compilation des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,03 à 0,21, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 4,76 à 31,25. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est**

entre 5 et 31 fois plus importantes que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. Les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).

L'éolienne E05 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, E01, E02, E06, E07 et E11 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu assez faibles. E03, E04, E08, E09 et E10 sont intermédiaires.

On peut noter que la Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ obtenue est sensiblement identique pour les formules de Huso (2010) et de Erickson et al. (2000). Elle est plus faible pour la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) dans le cadre de cette étude. Les résultats des estimations avec la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) est dans ce cas probablement surestimé.

A noter que le test de persistance et le test d'efficacité sont réalisés respectivement à base de cadavres de petite taille et de leurres de petite taille (Cf. chapitres 1.2.3.1 et 1.2.3.2) qui ne reflètent pas forcément la réalité de disparition et de découverte d'un cadavre de grande taille type rapace. La probabilité de détection est faible ici mais correspond à la probabilité de détection de cadavres de petite taille, elle est susceptible de représenter un biais par rapport aux cadavres d'oiseaux de grande taille type rapace et grands voiliers.

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

Un autre modèle possible serait le modèle « Turbines indépendantes (rétro-compatibilité) [*no-pooling*] » : dans ce modèle, les mortalités au niveau de chaque turbine sont indépendantes. On fait l'hypothèse qu'il n'y a aucune similarité entre les turbines suivies. Cette hypothèse rend les estimations précautionneuses, mais la mortalité d'une éolienne ne peut s'appuyer que sur les données de l'éolienne considérée. Il y a donc des incertitudes plus importantes par rapport aux autres modèles. Cette approche implique aussi que la mortalité au niveau d'une éolienne peut être considérée comme très forte, même si aucun cadavre n'a été observé ailleurs dans le parc. Réciproquement, la mortalité peut être considérée très faible sur une turbine (si aucun cadavre observé et conditions d'observation appropriées) même si de nombreux cadavres ont pu être observés partout ailleurs dans le parc.

Tableau 30 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
Probabilité détection $P(s,f)$											
Huso (2010)	0,28	0,19	0,19	0,2	0,08	0,25	0,22	0,21	0,17	0,16	0,29
Erickson et al. (2000)	0,28	0,19	0,19	0,2	0,08	0,25	0,22	0,21	0,17	0,16	0,3
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,18	0,1	0,1	0,11	0,05	0,16	0,15	0,12	0,09	0,07	0,23
Coefficient correcteur de surface a											
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,7	0,74	0,46	0,64	0,64	0,63	0,67	0,72	0,68	0,71	0,72
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$											
Huso (2010)	0,20	0,14	0,09	0,13	0,05	0,16	0,15	0,15	0,12	0,11	0,21
Erickson et al. (2000)	0,20	0,14	0,09	0,13	0,05	0,16	0,15	0,15	0,12	0,11	0,22
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,13	0,07	0,05	0,07	0,03	0,10	0,10	0,09	0,06	0,05	0,17

2.2.2.4.1. Estimation de la mortalité pour l'avifaune

Pour rappel : on peut noter que la Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ obtenue est sensiblement identique pour les formules de Huso (2010) et de Erickson et al. (2000). Elle est plus faible pour la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) dans le cadre de cette étude. Les résultats des estimations avec la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) sont dans ce cas probablement surestimés.

- Éolienne E04

C'est l'éolienne qui présente le plus de cadavres ($n=6$). Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E04 sont comprises probablement entre 22 (Huso) et 23 (Erickson et al.) individus sur une période de 273 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 49 (Erickson et al.) à 50 (Huso) individus et minimum allant de 12 (Erickson et al.) à 13 (Huso) individus. Les 6 observations ont été réalisées sur une période assez courte, entre le 12 août 2024 et le 14 octobre 2024.

- Eolienne E03

C'est l'éolienne qui présente la mortalité probable la plus forte, les estimations avec les plus fortes incertitudes, mais pas le plus de découvertes de cadavres ($n=2$). Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E03 sont comprises entre 16 (Erickson et al.) et 17 (Huso) individus sur une période de 273 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) de 32 (Erickson et al., Huso) individus et minimum allant de 5 (Erickson et al.) à 6 (Huso) individus.

Tableau 31 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc des Pierrots sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	3	2	6	1	1	0	5	2	4	4	28
Huso (2010) [IC 95 %]	9 [1 ; 22]	16 [7 ; 32]	17 [6 ; 35]	23 [13 ; 50]	16 [3 ; 36]	13 [3 ; 27]	10 [1 ; 25]	20 [11 ; 41]	16 [4 ; 30]	20 [9 ; 39]	20 [9 ; 39]	180 [67 ; 376]
Erickson et al. (2000) [IC 95 %]	11 [1 ; 22]	17 [7 ; 32]	16 [5 ; 34]	22 [12 ; 49]	16 [3 ; 35]	13 [3 ; 27]	11 [1 ; 25]	20 [11 ; 40]	15 [5 ; 30]	19 [8 ; 37]	19 [9 ; 39]	179 [65 ; 370]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95 %]	20 [2 ; 39]	27 [11 ; 54]	30 [7 ; 55]	34 [18 ; 80]	29 [5 ; 60]	22 [5 ; 44]	20 [2 ; 43]	32 [17 ; 67]	29 [7 ; 50]	32 [14 ; 63]	32 [15 ; 67]	307 [103 ; 622]

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité totale estimée la plus probable des oiseaux est de 179 (Erickson et al.) à 180 (Huso) individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est comprise entre 65 (Erickson et al.) à 67 (Huso) individus et la borne supérieure est de 370 (Erickson et al.) à 376 (Huso) individus pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude très importante.

Les 28 observations ont été réalisées sur 266 jours centrés sur 3 périodes. En mars : 3 découvertes, en mai : 1 découverte, en juin : 5 découvertes, en juillet : 5 découvertes, en août : 8 découvertes, en septembre : 2 découvertes, en octobre : 2 découvertes et enfin en novembre : 2 découvertes.

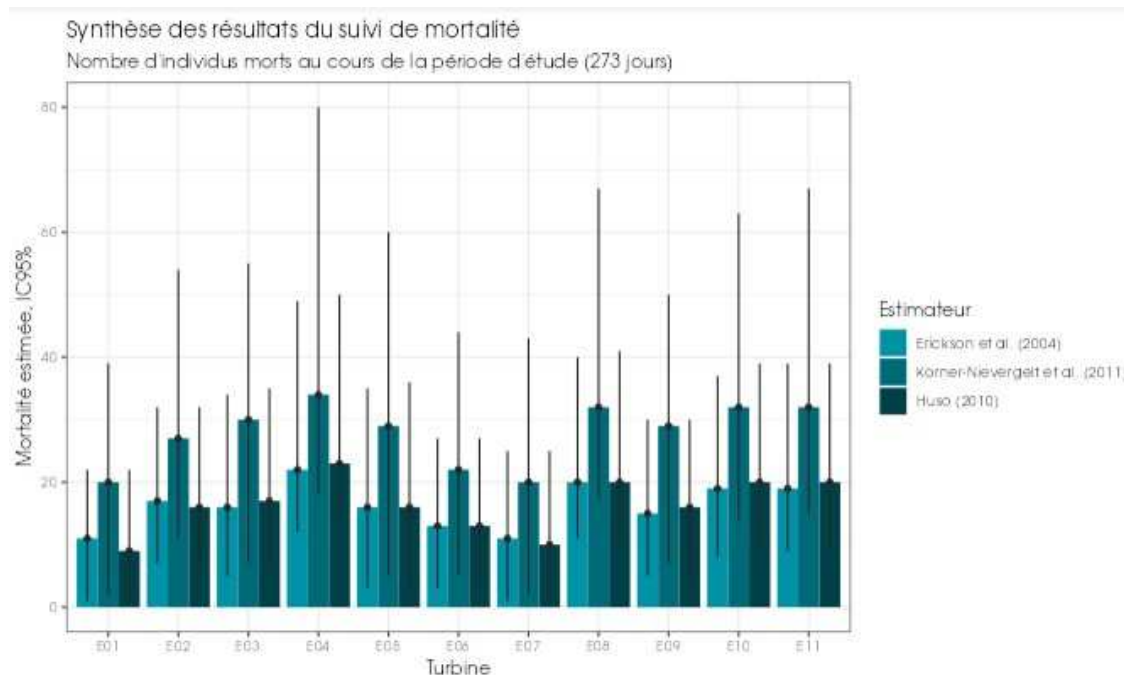


Figure 103 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien des Pierrots au cours du suivi de 2024 sur 273 jours

2.2.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

Pour rappel : on peut noter que la Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ obtenue est sensiblement identique pour les formules de Huso (2010) et de Erickson et al. (2000). Elle est plus faible pour la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) dans le cadre de cette étude. Les résultats des estimations avec la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) est dans ce cas probablement surestimé.

• Éolienne E06

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découvertes de cadavres ($n=2$) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité les plus probables selon les méthodes d'estimation d'Huso et Erickson et al. pour l'éolienne E06 est de 4 individus sur une période de 273 jours de suivi. En prenant en compte les incertitudes, nous pouvons estimer que 95% de la distribution de la mortalité estimée est comprise entre 2 individus et 15 individus, selon les méthodes d'estimations de d'Huso et Erickson et al. Les 2 observations ont été réalisées le 29 juillet (Pipistrelle pygmée) et le 16 septembre (Murin à oreilles échancrées).

Tableau 32 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc des Pierrots sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	5
Huso (2010) [IC 95 %]	3 [1 ; 10]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 9]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 10]	4 [2 ; 15]	2 [0 ; 9]	3 [1 ; 11]	1 [0 ; 8]	1 [0 ; 8]	3 [1 ; 11]	23 [5 ; 107]
Erickson et al. (2000) [IC 95 %]	3 [1 ; 10]	1 [0 ; 8]	1 [0 ; 9]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 10]	4 [2 ; 15]	1 [0 ; 9]	3 [1 ; 11]	1 [0 ; 8]	1 [0 ; 8]	3 [1 ; 11]	21 [5 ; 107]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95 %]	5 [1 ; 16]	3 [0 ; 13]	3 [0 ; 15]	3 [0 ; 14]	3 [0 ; 16]	6 [2 ; 26]	3 [0 ; 14]	5 [1 ; 17]	3 [0 ; 14]	3 [0 ; 14]	5 [1 ; 18]	42 [5 ; 177]

- Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 21 (Erickson et al.) et 23 (Huso) individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), la borne inférieure de l'intervalle de confiance est de 5 individus et la borne supérieure est de 107 individus pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante. Cette forte incertitude peut s'expliquer par la prédation extrêmement élevée à l'échelle du parc sur l'année 2024.

Les 5 observations ont été réalisées sur 78 jours centrés sur la période estivale (du 29 juillet au 14 octobre 2024 : 1 découverte en juillet, 2 découvertes en août, 1 découverte en septembre et 1 découverte en octobre).

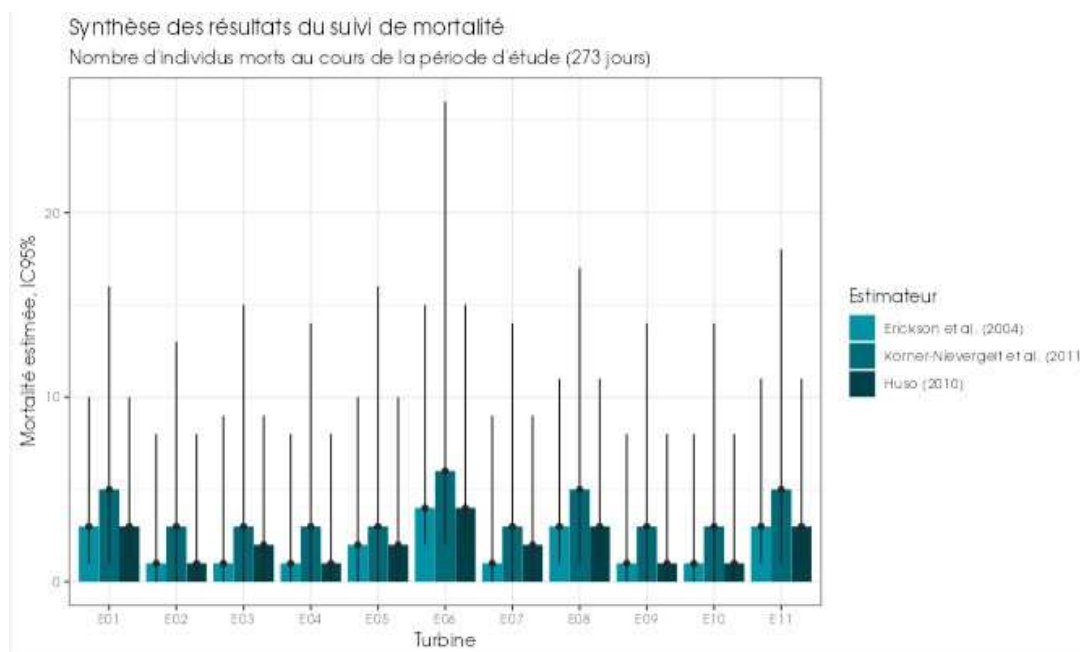


Figure 104 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien des Pierrots au cours du suivi de 2024 sur 273 jours

2.2.2.5 Estimation de la mortalité à partir de GenEst

La mortalité a été estimée à partir de l'application « GenEst », méthode développée par une équipe internationale (Huso & Dalthorp (USGS) et Korner-Nievergelt (Ökostat)).

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 2ème passage ont été prises en compte. En effet, les observations faites au 1er passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1er 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.

Les figures et tableaux suivants présentent les résultats des estimations de la mortalité réelle pour le parc éolien des Pierrots (11 éoliennes, entre le 29 février 2024 et le 29 novembre 2024) obtenus à partir des modélisations faites avec GenEst (Huso & Dalthorp). La distinction par groupe (chiroptères et oiseaux) a également été réalisée. En annexe 1, est précisé le détail des choix retenus pour les modélisations opérées par GenEst afin d'ajuster au mieux les estimations au jeu de données du parc.

2.2.2.5.1. Estimation totale de la mortalité (tout groupe confondu)

La mortalité médiane totale, c'est-à-dire tout groupe taxonomique confondu (chiroptères et oiseaux) est estimée à 256 individus [IC 5 - 95% : 169 ; 372] sur l'ensemble du parc (Figure 105, gauche).

Lorsque l'estimation de mortalité est stratifiée par éolienne, nous pouvons observer une certaine variabilité dans l'estimation de la mortalité. En effet, en se basant sur les 10 éoliennes où une présence de cadavre a été relevée (E01, E02, E03, E04, E05, E06, E08, E09, E10, E11), l'éolienne E01, pourrait être considérée comme étant la moins mortifère avec une estimation

médiane de 3 cadavres [IC 5 - 95% : 1 ; 9.14]. Au contraire, les éoliennes E08 et E10 semblent être les plus impactantes pour la faune volante, avec une mortalité estimée d'environ 40 individus [IC95% voir valeurs respectives dans le Tableau 33]. Notons néanmoins, les fortes incertitudes autour de ces estimations, notamment dans le cas de l'éolienne E05 (Figure 105 ; Tableau 33). Les fortes incertitudes observées sur l'éolienne E05 pourraient être causées par une très faible probabilité de détection, résultante elle-même d'une faible persistance et efficacité de recherche (Figure 102).

Tableau 33 : Estimation de la mortalité totale (tout groupe confondu) sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Eolienne	Nombre de cadavre	IC 2,5%	IC 25%	Estimation médiane	IC 75%	IC 97,5%
E01	1	1	1	3,1	5,14	9,14
E02	3	3	14,61	23,45	33,94	61,67
E03	2	2	13,62	25,8	40,51	73,31
E04	6	9,82	20,8	27,1	35,02	51,52
E05	1	1	1	15,43	28,2	71,51
E06	3	3	9,99	17,64	25,76	46,42
E08	6	10,14	28,66	40,27	52,44	89,44
E09	2	2	11,3	20,66	31,79	59,31
E10	4	4	26,64	39,99	58,11	96,71
E11	5	6,83	18,12	25,56	34,33	55,16
Total	33	168,56	221,73	255,76	289,68	371,81

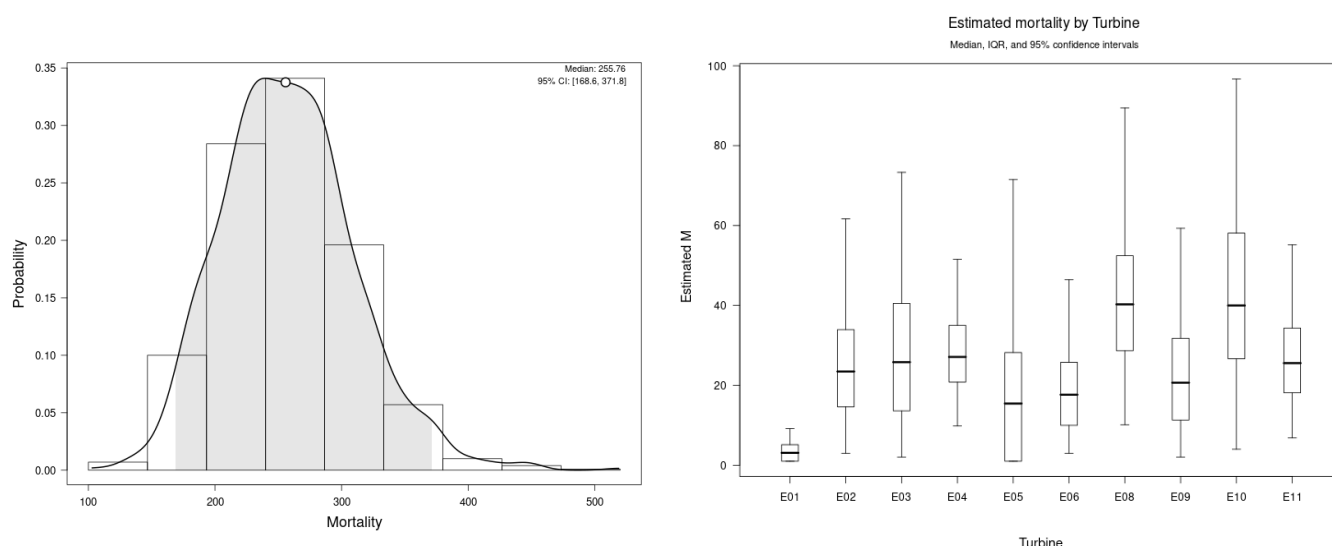


Figure 105 : Densité de probabilité de la mortalité totale et par éolienne sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

2.2.2.5.2. Estimation de la mortalité de l'avifaune

Sur l'ensemble du parc éolien des Pierrots, la médiane de la mortalité de l'avifaune est d'environ 234 cadavres [IC 5 - 95 % : 145.4 ; 338.8] (Figure 106).

Il est également possible d'obtenir une estimation de la mortalité par éolienne en stratifiant la mortalité par ce facteur. En se limitant aux éoliennes où la mortalité a été estimée, les éoliennes E05 et E06 pourraient être considérées comme ayant l'impact le moins prononcé sur les oiseaux. En revanche, l'éolienne E10 semble être la plus impactante pour l'avifaune, avec une mortalité médiane de 43.5 [4 ; 100.31] cadavres (Figure 106 ; Tableau 34).

Il est important de noter que les incertitudes autour des estimations des éoliennes E03, E05, E08 et E10 sont relativement importantes (Figure 106, droite), ce constat est beaucoup moins marqué sur les autres éoliennes.

Ces incertitudes correspondent aux limites des tests de persistance et d'efficacité qui sont réalisés respectivement à base de cadavres de petite taille et de leurres de petite taille (Cf. chapitres 1.2.3.1 et 1.2.3.2) qui ne reflètent pas forcément la réalité de disparition et de découverte d'un cadavre de grande taille type rapace (cf. début du chapitre 2.2.2.4).

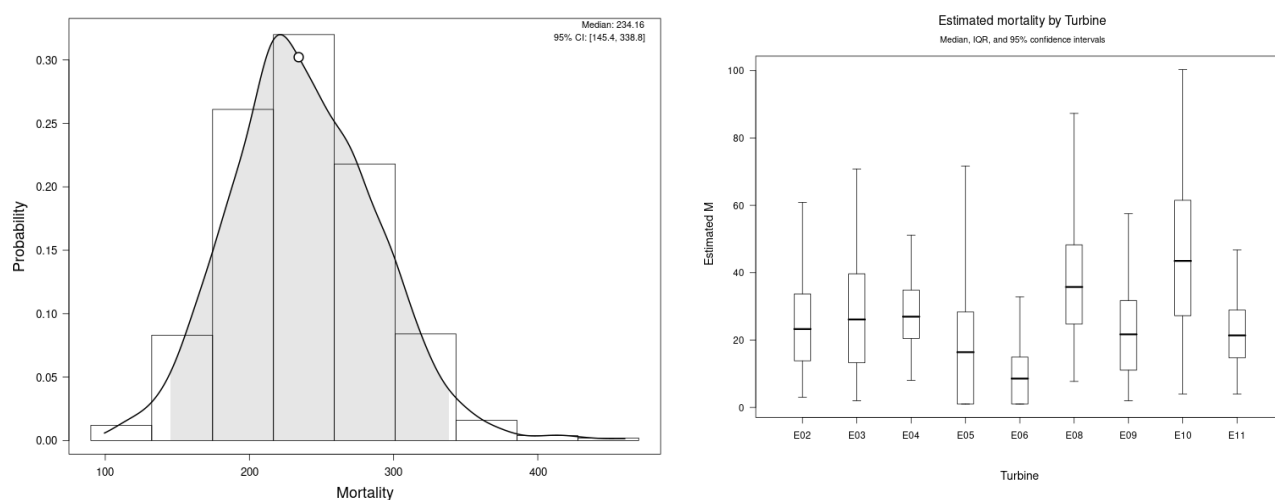


Figure 106 : Densité de probabilité de la mortalité de l'avifaune sur le parc et par éolienne sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Tableau 34 : Estimation de la mortalité de l'avifaune sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Eolienne	Nombre de cadavre	IC 2,5%	IC 25%	Estimation médiane	IC 75%	IC 97,5%
E02	3	3	13,85	23,27	33,7	60,86
E03	2	2	13,26	26,12	39,68	70,77
E04	6	8,03	20,46	26,95	34,86	51,14
E05	1	1	1	16,41	28,36	71,68
E06	1	1	1	8,56	14,97	32,8
E08	5	7,72	24,76	35,76	48,28	87,3
E09	2	2	11,06	21,7	31,74	57,52
E10	4	4	27,23	43,5	61,5	100,31
E11	4	4	14,71	21,38	28,95	46,78
Total	28	145,4	184,5	234,16	309,5	338,8

2.2.2.5.3. Estimation de la mortalité des chiroptères

En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la mortalité estimée des chiroptères est d'environ 19 individus [IC5 - 95% : 6 ; 35.3] sur l'ensemble du parc (Figure 107). La stratification de la mortalité par éolienne permet d'observer une certaine homogénéité, avec une estimation médiane entre 3.1 et 8.8 individus (Figure 107 ; Tableau 35). Néanmoins, l'estimation de la mortalité sur l'éolienne E06 est marquée par de grandes incertitudes et donc une estimation médiane plus importante. C'est aussi sur cette éolienne que le plus de cadavre a été retrouvé (Figure 107 ; Tableau 35). De la même manière que précédemment, les larges intervalles de confiance sont causés par une probabilité de détection très faible.

D'un point de vue numérique, il est assez visible que l'éolienne la plus mortifère pour les chiroptères serait l'E06 avec une mortalité estimée de 8.87 individus [2 ; 23]. Cependant, la grande variabilité autour des estimations ne permet pas de conclure facilement sur l'impact de cette éolienne sur les chiroptères.

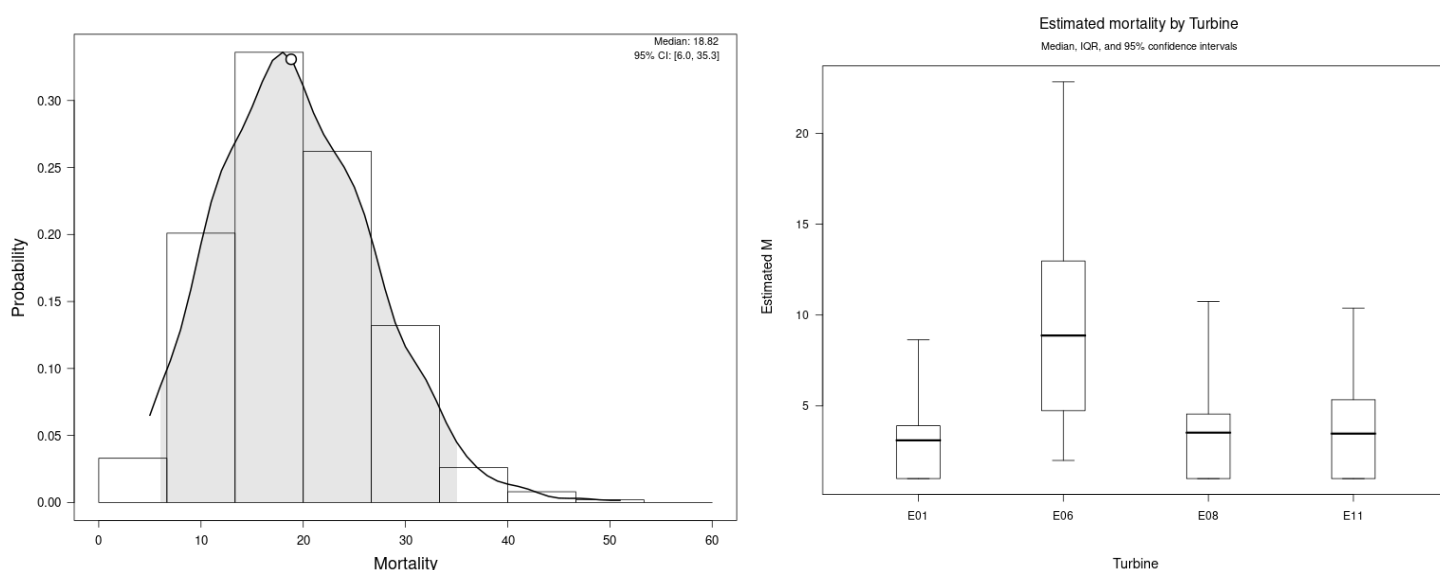


Figure 107 : Densité de probabilité de la mortalité des chiroptères sur le parc et par éolienne sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Tableau 35 : Estimation de la mortalité des chiroptères sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)

Eolienne	Nombre de cadavre	IC 2,5%	IC 25%	Estimation médiane	IC 75%	IC 97,5%
E01	1	1	1	3,11	3,91	8,64
E06	2	2	4,74	8,87	12,97	22,83
E08	1	1	1	3,53	4,56	10,74
E11	1	1	1	3,48	5,34	10,38
Total	5	6	12,33	18,82	28,69	35,3

2.2.2.6 Comparaison de la mortalité estimée sur le parc des Pierrots avec le référentiel mortalité corrigée Biotope

Attention, le référentiel mortalité corrigée de Biotope est réalisé à partir de suivis menés entre les semaines 20 à 43. Dans le cadre du suivi réalisé sur le parc éolien des Pierrots, le niveau de prospections est plus important. Ceci est à prendre en compte dans le cadre de la comparaison des résultats obtenue en 2024 avec ce référentiel.

Tableau 36 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope

Oiseaux											
Nom de l'éolienne	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
Mortalité estimée M avec Huso [IC 95%]	9 [1 ; 22]	16 [7 ; 32]	17 [6 ; 35]	23 [13 ; 50]	16 [3 ; 36]	13 [3 ; 27]	10 [1 ; 25]	20 [11 ; 41]	16 [4 ; 30]	20 [9 ; 39]	20 [9 ; 39]
Quantile de mortalité estimée	87,5 %	98 %	98 %	99 %	98 %	96%	90%	99%	98%	99%	99%
Chiroptères											
Nom de l'éolienne	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
Mortalité estimée M avec Huso [IC 95%]	3 [1 ; 10]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 9]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 10]	4 [2 ; 15]	2 [0 ; 9]	3 [1 ; 11]	1 [0 ; 8]	1 [0 ; 8]	3 [1 ; 11]
Quantile de mortalité estimée	54 %	20 %	43 %	20%	43 %	63 %	43%	54%	20%	20%	54%

Ces résultats sont issus des données extraites du référentiel de mortalité estimée qui a été élaboré par Biotope depuis 2019. Le graphique présente un « quantile de mortalité estimée » en fonction de la mortalité estimée M par éolienne du parc des Pierrots. 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).

Cependant, il est important de noter que Les résultats du référentiel mortalité corrigée se basent sur les **semaines 20 à 43**, et sur un rayon de recherche de **50 mètres** ce qui n'est pas le cas dans notre étude pour ces deux variables. C'est un biais qui doit être pris en compte avant d'aborder cette partie plus en détail. En comparaison avec les estimations réalisées sur notre site d'étude, les résultats sont donc moins incertains, ce qui se ressent directement dans la distribution des valeurs estimées et donc dans les statistiques obtenues. Par conséquent, il est normal d'observer des quantiles de mortalité très forts, car les estimations 'locales' à l'éolienne peuvent être très importantes dans certaines conditions (mauvaises qualités de suivi, forte prédation...).

Au sein du parc éolien des Pierrots, entre 0 et 6 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 9 [1 ; 22] et 23 [13 ; 50] oiseaux par éolienne, et entre 1 [0 ; 8] et 4 [2 ; 15] chiroptères par éolienne. Ainsi, en utilisant de manière comparative le référentiel de mortalité estimée, le niveau de mortalité observé est classé de très faible à très fort selon l'éolienne et le groupe taxonomique (Tableau 36).

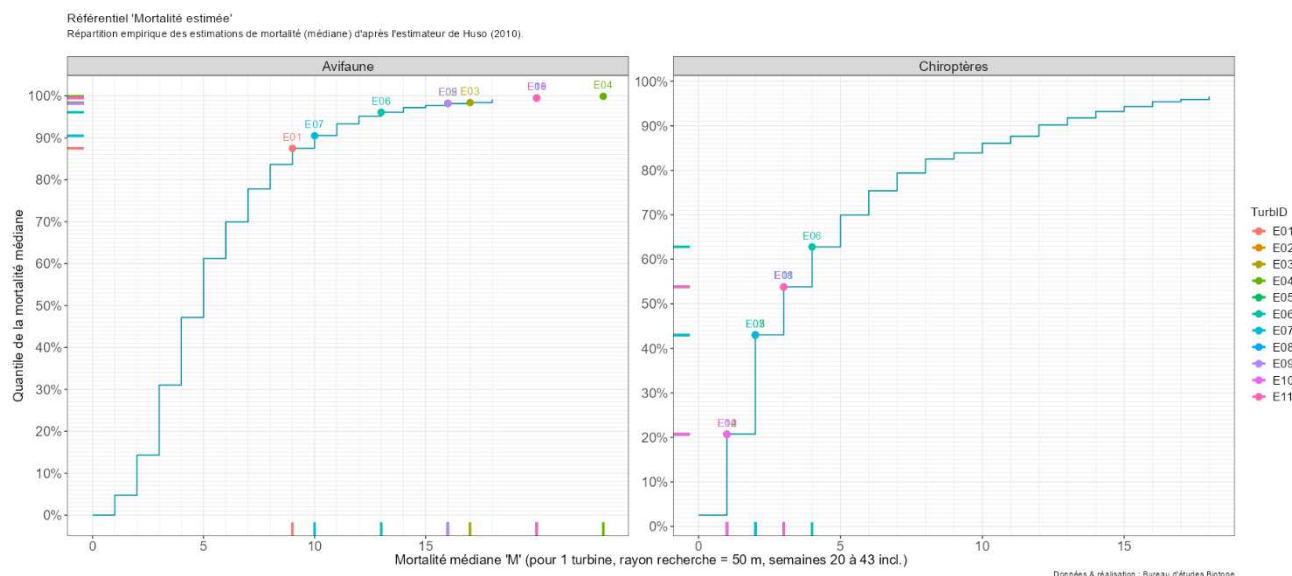


Figure 108 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc des Pierrots sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité estimée par éolienne compris entre 87% et 99% pour les oiseaux et entre 20 % et 63 % pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité estimée du parc des Pierrots se situe parmi les plus élevées du référentiel pour les oiseaux.

Notons que l'éolienne E06 semble particulièrement mortifère pour les deux taxons, avec un quantile de mortalité estimée de 96% pour les oiseaux et de 63% pour les chiroptères, soit respectivement, une mortalité estimée plus importante que 96% et 63% des cas de mortalité par éolienne estimée sur les parcs suivis par Biotope depuis 2019 (Tableau 36).

Il est important de noter que ces valeurs ne constituent qu'une alerte sur un potentiel risque de significativité, et doivent être interprétées en conjonction avec les autres indicateurs. Cependant, il semble que le parc étudié présente une tendance à une mortalité estimée plus élevée pour l'avifaune que sur 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 des Pierrots 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

Pour rappel en 2022 le suivi a été effectué sur deux périodes distinctes, du 3 mars 2022 au 28 avril 2022 et du 1^{er} août 2022 au 1^{er} décembre 2022. Le coefficient correcteur a varié pour l'ensemble des éoliennes. Ceci est dû à une variation au niveau des occupations des sols agricoles. Etant donné les périodes de suivis différents entre les années, il est complexe d'en dégager une constante, mais de manière générale, le coefficient correcteur semble avoir augmenté au fil du temps. (Tableau 37).

Tableau 37 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2022 et 2024 pour le parc des Pierrots

Moyenne pondérée	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11
2022 (03/03 – 28/04)	1	0,27	0,58	0,6	0,72	0,5	0,83	0,6	0,89	0,6	0,48
2022 (01/08 – 01/12)	1	0,99	0,73	0,8	0,7	0,8	0,55	0,99	0,85	0,79	0,88
2023	0,7	0,67	0,66	0,72	0,67	0,54	0,7	0,74	0,72	0,54	0,65
2024	0,70	0,74	0,46	0,64	0,64	0,63	0,67	0,72	0,68	0,71	0,72

Persistence des cadavres (s)

La vitesse de disparition des cadavres a augmenté entre 2022 et 2024, passant de 1,82 jours en moyenne pour le parc à 1,3 jours de persistance moyenne annuelle. Notons que les incertitudes autour de l'estimation sont relativement faibles quelques soit l'année et l'éolienne (Tableau 38). Cette différence pourrait être liée à un effet « mise en service » du parc. En effet, les résultats de notre référentiel corrigé Biotope ont montré que plus la durée entre la mise en service du parc (et donc le premier suivi) et le suivi à l'année N était long, plus les temps de persistance étaient courts. L'hypothèse principale pourrait être un effet d'habitation des prédateurs et charognards.

Tableau 38 : Comparaison des estimations de la persistance moyenne par année sur le parc des Pierrots

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc
Résultats 2022												
Données censurées par intervalle	Oui											
Famille de distribution	Log-logistic											
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	2 [1,34 ; 2,66]	1,52 [1,13 ; 1,91]	1,23 [0,96 ; 1,5]	1,59 [1,2 ; 1,97]	1,4 [1,06 ; 1,74]	1,15 [0,91 ; 1,39]	2,34 [1,59 ; 3,08]	1,25 [0,98 ; 1,52]	1,91 [1,32 ; 2,5]	1,15 [0,91 ; 1,39]	4,38 [3,11 ; 5,65]	1,82 [1,32 ; 2,31]
Résultats 2023												
Données censurées par intervalle	Oui											
Famille de distribution	Log-logistic											
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	1,8 [1,21 ; 2,3]	1,3 [0,85 ; 1,82]	0,7 [0,42 ; 1]	0,9 [0,52 ; 1,2]	1 [0,64 ; 1,27]	0,7 [0,45 ; 0,99]	1,1 [0,7 ; 1,56]	0,8 [0,48 ; 1,07]	1,1 [0,7 ; 1,45]	0,4 [0,25 ; 0,6]	3,1 [1,98 ; 4,18]	1,2 [0,75 ; 1,6]
Résultats 2024												
Données censurées par intervalle	Oui											
Famille de distribution	Log-logistic											
Persistance moyenne (en j) & IC 95%	1,4 [0,95 ; 1,85]	1 [0,69 ; 1,39]	1 [0,69 ; 1,38]	1,1 [0,71 ; 1,44]	1,2 [0,8 ; 1,63]	1,4 [0,94 ; 1,86]	1,6 [1,1 ; 2,06]	1,1 [0,78 ; 1,49]	1,1 [0,75 ; 1,46]	0,9 [0,59 ; 1,26]	2 [1,28 ; 2,7]	1,3 [0,84 ; 1,68]

Efficacité de recherche (p)

De manière générale, il semble que la capacité de détection des observateurs soit restée quasiment identique entre 2022 et 2024. En effet, le taux moyen de détection au niveau du parc éolien est passé de 75 % [68 % ; 81 %] en 2022 à 71 % [67 % ; 75 %] en 2024. Cette faible diminution pourrait être attribuée aux changements des pratiques agricoles sur le site mais également aux récoltes tardives de certaines cultures survenues cette année.

Tableau 39 : Résultats des estimations de la détections des cadavres pour chaque éolienne pour les 3 années de suivis.

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc
Résultats 2022												
Détection moyenne & IC 95%	0,82 [0,63 ; 0,93]	0,79 [0,61 ; 0,91]	0,71 [0,54 ; 0,84]	1 [0 ; 1]	0,75 [0,44 ; 0,92]	0,88 [0,45 ; 0,98]	0,67 [0,33 ; 0,89]	0,3 [0,1 ; 0,63]	0,71 [0,5 ; 0,86]	0,78 [0,62 ; 0,89]	1 [0 ; 1]	0,75 [0,68 ; 0,81]
Résultats 2023												
Détection moyenne & IC 95%	0,87 [0,78 ; 0,93]	0,79 [0,69 ; 0,87]	0,6 [0,5 ; 0,7]	0,57 [0,43 ; 0,7]	0,68 [0,53 ; 0,8]	0,74 [0,52 ; 0,88]	0,7 [0,51 ; 0,84]	0,29 [0,16 ; 0,47]	0,78 [0,68 ; 0,86]	0,78 [0,68 ; 0,85]	0,42 [0,28 ; 0,56]	0,69 [0,66 ; 0,73]
Résultats 2024												
Détection moyenne & IC 95%	0,92 [0,79 ; 0,97]	0,81 [0,64 ; 0,91]	0,83 [0,64 ; 0,93]	0,83 [0,63 ; 0,94]	0,3 [0,16 ; 0,49]	0,82 [0,49 ; 0,96]	0,67 [0,46 ; 0,83]	0,83 [0,52 ; 0,96]	0,59 [0,48 ; 0,69]	0,72 [0,61 ; 0,81]	0,72 [0,6 ; 0,81]	0,71 [0,67 ; 0,75]

Probabilités globales de détection (\hat{g})

La probabilité globale de détection a varié entre les différentes années de suivis. A l'échelle du parc, cette valeur a légèrement diminué. Elle passe de 0,26 en 2022 à 0,19 en 2024 soit respectivement 2,6 chances sur 10 et 1,9 sur 10 de trouver un cadavre sur à chaque suivi.

Les éoliennes E07 et E09 sont celles qui ont connu les plus grandes variations entre les années, passant respectivement d'une probabilité de détection de 35% et 34% en 2022 à 16% et 11% en 2024 (Tableau 40), soit une diminution de 54% et de 68% en deux années de suivi.

Globalement, la probabilité globale de détection (\hat{g}) a diminué de manière significative entre les années, que ce soit à l'échelle de l'éolienne ou en moyenne sur le parc. Cette forte diminution peut être due à des conditions de recherches plus compliquées lors des suivis avec des recouvrements et hauteurs de végétation élevés. De plus il est important de préciser que le suivi 2022 a été réalisé en deux parties, les mois de mai, juin et juillet n'ont pas été suivis lors de cette année. Ce sont les mois où les cultures et végétations sont les plus hautes.

Tableau 40 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc
Estimation de la probabilité globale de détection (selon Huso, 2010)												
2022	0,39	0,09	0,14	0,19	0,21	0,12	0,35	0,16	0,34	0,14	0,25	0,26
2023	0,17	0,13	0,07	0,09	0,10	0,07	0,11	0,09	0,11	0,04	0,24	0,16
2024	0,20	0,14	0,09	0,13	0,05	0,18	0,16	0,10	0,11	0,10	0,20	0,19

2.2.3.2 Comparaison de la mortalité estimée pour les oiseaux

Pour rappel en 2022, le parc éolien a été suivi sur deux périodes différentes. Lors de la 1^{ère} période, il y a eu 13 cas de mortalité observés pour les oiseaux sur le site entre le 03 mars 2022 et le 28 avril 2022. La mortalité estimée la plus probable était de **53 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble de cette période avec des incertitudes (IC 95%) allant de 13 à 258 individus. Lors de la seconde session, il a été observé 23 cas de mortalités du 01 août 2022 au 1^{er} décembre 2022. La mortalité estimée la plus probable était de **77 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble de cette période avec des incertitudes (IC 95%) allant de 29 à 236 individus. L'éolienne E08 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 18 cadavres [8 ; 37], c'est aussi l'éolienne où le plus de cadavres ont été observés lors des suivis (5 individus).

En **2023**, la mortalité brute du parc a diminué, passant de 36 à 33 individus par rapport à l'année précédente. La mortalité estimée la plus probable est comprise entre **102 et 843 individus** (IC95%), pour une estimation la plus probable de 308 oiseaux (Tableau 41). La mortalité estimée est bien supérieure à celle de l'année précédente, ceci s'explique par une plus faible probabilité globale de détection ainsi qu'une persistance moyenne également plus faible. (Tableau 40).

Lors du suivi le plus récent mené entre le 29 février et le 29 novembre 2024, la mortalité estimée la plus probable est de **180 cadavres** [67 ; 376] à l'échelle du parc, ce qui représente **une estimation inférieure** à 2023 (Tableau 41). La mortalité brute est inférieure à celle de l'année dernière, soit 30 cadavres observés à l'échelle du parc sur la période de suivi. Les éoliennes les plus mortifères sont les éoliennes E04 et E08 (6 et 5 oiseaux observés). Ces deux éoliennes semblent particulièrement mortifères par rapport aux autres turbines du parc. En effet sur l'ensemble des suivis, 13 cadavres d'oiseaux ont été observés sous chacune d'entre elles.

Tableau 41 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc des Pierrots entre 2022 et 2024

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc
Mortalité brute observée sur le parc des Pierrots entre 2022 et 2024												
2022 (03/03 – 28/04)	2	1	1	2	0	0	4	0	0	2	1	13
2022 (01/08 – 01/12)	3	1	1	2	0	0	4	5	3	2	2	23
2023	1	4	5	5	0	1	0	4	4	5	4	33
2024	0	3	2	6	1	1	1	5	2	5	4	30
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc des Pierrots entre 2022 et 2024												
2022 (03/03 – 28/04)	5 [2 ; 13]	11 [1 ; 51]	6 [1 ; 30]	10 [3 ; 32]	0 [0 ; 12]	0 [0 ; 23]	5 [2 ; 15]	0 [0 ; 17]	0 [0 ; 7]	13 [3 ; 42]	3 [1 ; 16]	53 [13 ; 258]
2022 (01/08 – 01/12)	7 [3 ; 17]	3 [1 ; 13]	6 [1 ; 26]	3 [1 ; 16]	0 [0 ; 13]	0 [0 ; 13]	17 [7 ; 38]	18 [8 ; 37]	9 [4 ; 23]	10 [2 ; 30]	4 [2 ; 10]	77 [29 ; 236]
2023	6 [1 ; 27]	21 [6 ; 57]	28 [6 ; 89]	42 [14 ; 98]	0 [0 ; 30]	18 [2 ; 80]	0 [0 ; 25]	32 [11 ; 92]	34 [12 ; 80]	115 [46 ; 233]	12 [4 ; 32]	308 [102 ; 843]
2024	9 [1 ; 22]	16 [7 ; 32]	17 [6 ; 35]	23 [13 ; 50]	16 [3 ; 36]	13 [3 ; 27]	10 [1 ; 25]	20 [11 ; 41]	16 [4 ; 30]	20 [9 ; 39]	20 [9 ; 39]	180 [67 ; 376]

Pour rappel : les tests de persistance et d'efficacité qui sont réalisés respectivement à base de cadavres de petite taille et de leurres de petite taille (Cf. chapitres 1.2.3.1 et 1.2.3.2) ne reflètent pas forcément la réalité de disparition et de découverte d'un cadavre de grande taille type rapace (cf. début du chapitre 2.2.2.4).

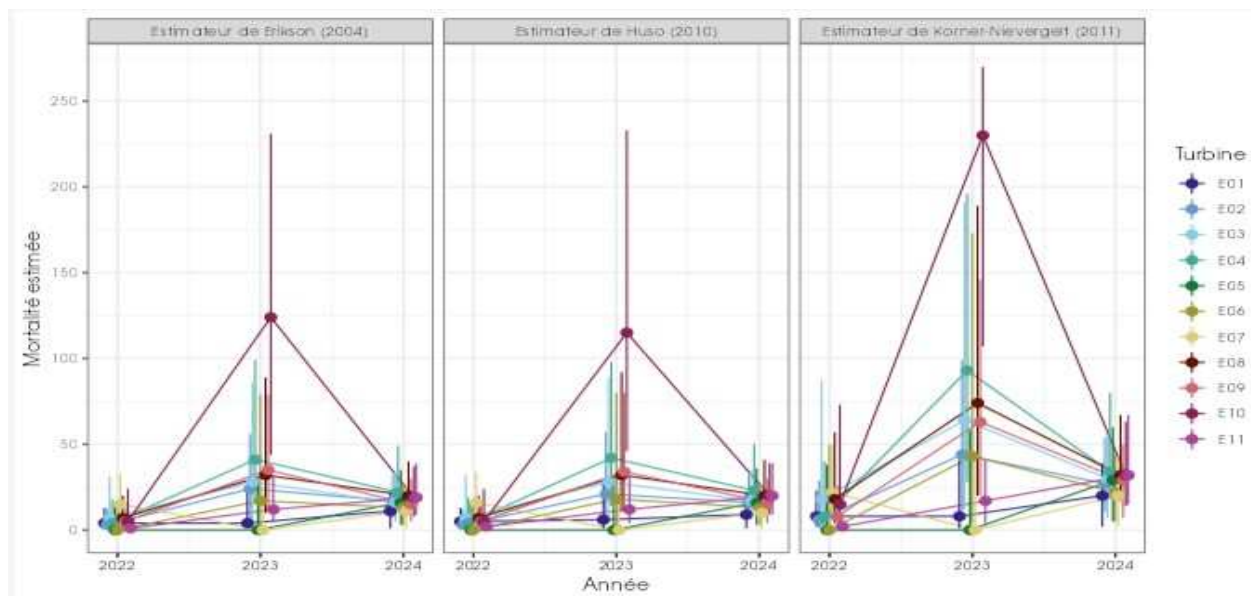


Figure 109 : Evolution de la mortalité estimée de l'avifaune selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les trois années de suivis.

Pour rappel : on peut noter que la Probabilité globale de détection $\alpha \times P(s,f)$ est sensiblement identique pour les formules de Huso (2010) et de Erickson et al. (2000). Elle est plus faible pour la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) dans le cadre de cette étude et au cours des trois années de suivi. Les résultats des estimations avec la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) sont dans ce cas probablement surestimés.

2.2.3.3 Comparaison de la mortalité estimée pour les chiroptères

En **2022**, il n'y a eu aucun cas de mortalité observé lors de la 1^{ère} période de suivi, cela s'explique facilement étant donnée les dates sur lesquelles il a été effectué (mars et avril). Cependant, lors de la seconde session, à savoir d'août à fin novembre, il a été observé un total de 19 individus. La mortalité estimée la plus probable était de **74 individus (selon l'estimateur d'Huso)** sur l'ensemble de cette période et du parc avec des incertitudes (IC 95%) allant de 27 à 231 individus. L'éolienne E04 représente l'éolienne la plus mortifère, avec une estimation la plus probable de 19 cadavres [9 ; 40], c'est aussi l'éolienne où le plus de cadavre a été observé lors des suivis (5 chiroptères). Un bridage a été mis en œuvre à compter du 09/09/2022 pour réduire au maximum l'impact du parc sur les populations de chiroptères.

En **2023**, la mortalité brute a fortement diminué notamment grâce à la mise en place du bridage, passant de 19 à 6 individus par rapport à l'année précédente. La mortalité estimée la plus probable est comprise entre 11 et 466 individus (IC95%), pour une estimation la plus probable de **55 cadavres** (Tableau 42). La mortalité estimée est inférieure à celle estimée l'année précédente, mais avec des écarts numériques beaucoup plus grands, ceci s'explique par une plus faible probabilité globale de détection, un taux de persistance plus faible à l'échelle du parc (Tableau 40), mais aussi par une mortalité brute ayant fortement diminuée entre les deux années.

Lors du suivi le plus récent mené entre le 29 février et le 29 novembre 2024, la mortalité estimée la plus probable est de **23 cadavres** [5 ; 107] à l'échelle du parc, ce qui représente l'**estimation la plus faible** entre les trois années de suivi (Tableau 42), notons néanmoins les fortes incertitudes dans cette estimation. La mortalité brute est la plus faible également en comparaison aux autres années, avec 5 cadavres de chiroptères observés à l'échelle du parc sur la période de suivi. L'éolienne la plus mortifère, cette année, est l'éolienne E06, mais au global l'éolienne E08 est la seule éolienne où il a été retrouvé des individus de manière constante sur ces trois années.

Tableau 42 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc des Pierrots entre 2022 et 2024

	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	Parc
Mortalité brute observée sur le parc des Pierrots entre 2022 et 2024												
2022 (03/03 – 28/04)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2022 (01/08 – 01/12)	0	0	2	5	0	3	0	2	0	4	3	19
2023	1	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	6
2024	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	5
Estimation de la mortalité la plus probable (selon l'estimateur Huso, 2010) & intervalles de confiance à 95% au sein du parc des Pierrots entre 2022 et 2024												
2022 (03/03 – 28/04)	0 [0 ; 5]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 14]	0 [0 ; 12]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 6]	0 [0 ; 17]	0 [0 ; 7]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 10]	0 [0 ; 164]
2022 (01/08 – 01/12)	0 [0 ; 6]	0 [0 ; 8]	12 [3 ; 36]	19 [9 ; 40]	0 [0 ; 13]	10 [2 ; 30]	0 [0 ; 11]	7 [2 ; 21]	0 [0 ; 8]	20 [8 ; 45]	6 [3 ; 13]	74 [27 ; 231]
2023	6 [1 ; 27]	0 [0 ; 22]	0 [0 ; 42]	0 [0 ; 31]	0 [0 ; 30]	0 [0 ; 49]	17 [3 ; 53]	25 [6 ; 74]	7 [1 ; 40]	0 [0 ; 86]	0 [0 ; 12]	55 [11 ; 466]
2024	3 [1 ; 10]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 9]	1 [0 ; 8]	2 [0 ; 10]	4 [2 ; 15]	2 [0 ; 9]	3 [1 ; 11]	1 [0 ; 8]	1 [0 ; 8]	3 [1 ; 11]	23 [5 ; 107]

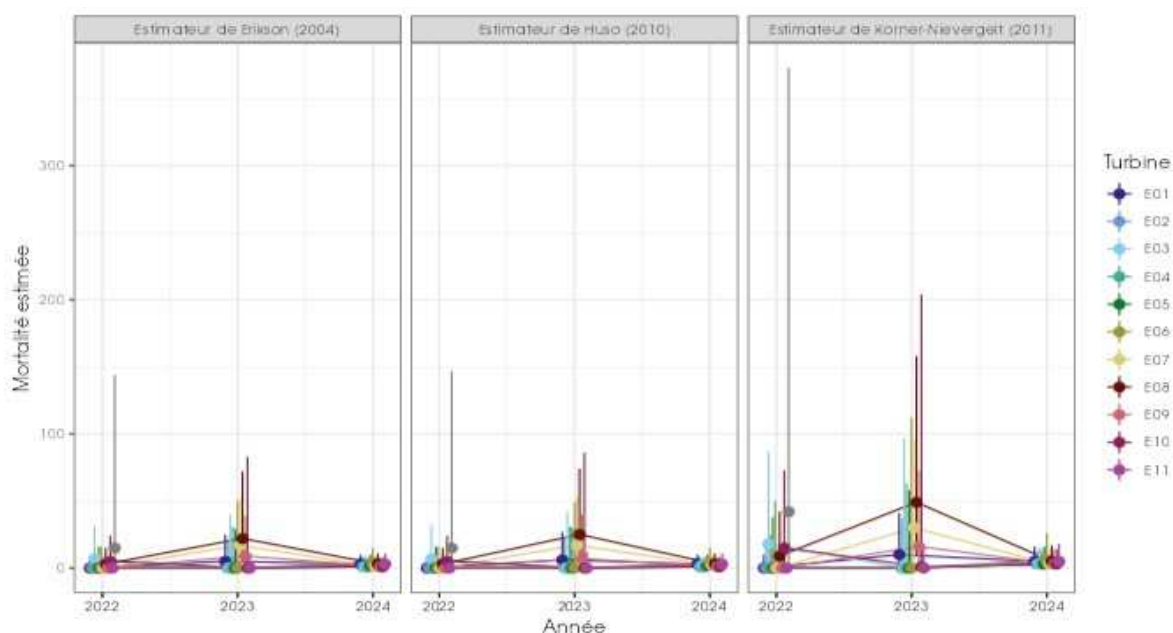


Figure 110 : Evolution de la mortalité estimée des chiroptères selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les trois années de suivis.

Pour rappel : on peut noter que la Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ est sensiblement identique pour les formules de Huso (2010) et de Erickson et al. (2000). Elle est plus faible pour la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) dans le cadre de cette étude et au cours des trois années de suivi. Les résultats des estimations avec la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) sont dans ce cas probablement surestimés.

2.2.4 Synthèse du suivi de mortalité

Le troisième suivi de mortalité mené sur le parc éolien des Pierrots entre le 29 février 2024 et le 29 novembre 2024 (11 machines) a conduit à l'observation de 35 cadavres, dont 30 oiseaux (10 espèces) et 5 chauves-souris (5 espèces).

En effet, 10 espèces d'oiseaux ont été découvertes lors de ce suivi : l'Alouette des champs (4 individus), la Bergeronnette printanière (1 individu), la Buse variable (1 individu), le Bruant proyer (4 individus), le Faucon crécerelle (11 individus), le Faisan de Colchide (2 individus), la Linotte mélodieuse (1 individu), la Mésange bleue (1 individu), le Pigeon ramier (1 individu) et le Roitelet à triple bandeau (4 individus). Pour les chauves-souris, 5 espèces ont été découvertes : la Noctule de Leisler (1 individu), le Murin à oreilles échancrées (1 individu), la Pipistrelle commune (1 individu), la Pipistrelle de Kuhl (1 individu) et la Pipistrelle pygmée (1 individu), recensées entre le 29 juillet 2024 et le 14 octobre 2024.

La majorité des individus d'oiseaux observés concernent le Faucon crécerelle (11 individus), ainsi que l'Alouette des champs, le Bruant proyer et le Roitelet à triple bandeau où 4 individus ont été contactés pour chacune de ces espèces. Concernant les chiroptères, il a été découvert un cadavre de chaque espèce. A noter qu'une espèce de chauves-souris très rarement recensée lors des suivis mortalités a été découverte, il s'agit d'un Murin à oreilles échancrées.

La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme. Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 1 m (Bruant proyer) et 59 m du mât (Roitelet à triple bandeau) pour les oiseaux et entre 25 m (Murin à oreilles échancrées) et 45 m (Pipistrelle pygmée) pour les chiroptères.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 220 rats (ce qui correspond à un nombre de leurres plus important que recommandé dans le protocole pour améliorer la puissance statistique de ce test). Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été assez variables à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres variant de 0,9 jour (E10) à 2 jours (E11).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (273 jours). On peut noter que la Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ obtenue est sensiblement identique pour les formules de Huso (2010) et de Erickson et al. (2000). Elle est plus faible pour la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) dans le cadre de cette étude. Les résultats des estimations avec la formule de Korner-Nievergelt et al. (2011) sont dans ce cas probablement surestimés.

Concernant les chauves-souris, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 21 (Erickson et al.) à 23 (Huso) cas de mortalité de chiroptères sur l'ensemble du suivi, soit en moyenne au niveau du parc **d'une estimation de la mortalité comprise entre 1,90 et 2,09 chiroptères/éolienne sur l'ensemble du suivi**, mais où les observations se concentrent sur 78 jours entre le premier cadavre trouvé et le dernier.

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 179 (Erickson et al.) à 180 (Huso) cas de mortalité d'oiseaux sur l'ensemble du suivi, soit en moyenne au niveau du parc **d'une estimation de la mortalité comprise entre 16,27 et 16,36 oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi**, mais où les observations ont lieu sur une période de 266 jours entre le premier cadavre trouvé et le dernier.

Pour les chiroptères, ces chiffres sont bien inférieurs à ceux mentionnés par la bibliographie. Selon RYDELL et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. En revanche pour l'avifaune les estimations de mortalité démontrent un impact significatif du parc sur certaines espèces, il y a notamment une vraie problématique sur les populations de Faucon crécerelle (11 individus retrouvés cette année). Gaultier, Marx & Roux (2019) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT et al., 2013).

D'après les résultats du référentiel mortalité corrigée, la moyenne des mortalités estimées sur l'ensemble des parcs suivi par Biotope est **d'environ 4,9 oiseaux et 4,5 chiroptères par éolienne** (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 (écart standard $\pm 0,63$) et de 3,53 chiroptères (écart standard $\pm 0,42$) par éoliennes et par suivi (Sand et al., 2024).

En comparaison, pour l'avifaune, les résultats des estimations par éolienne sur le parc des Pierrots sont pour la plupart bien supérieurs, avec des estimations pouvant varier par un facteur 7,6 sur l'éolienne E04. Seules 2 des 11 éoliennes (E01 et E07) sont en dessous de cette moyenne pour les oiseaux. Pour les chiroptères, l'ensemble du parc se situe bien en dessous des résultats obtenus dans notre référentiel, seule l'éolienne E06 a des estimations plus élevées avec des estimations pouvant varier du simple au double.

De plus, l'utilisation des quantiles de mortalité estimés montre que la quasi-totalité des éoliennes sont particulièrement mortifères en comparaison avec la « moyenne » des mortalités estimées par le référentiel mortalité Biotope pour les oiseaux. Pour rappel, 8 des 11 éoliennes ont un quantile de mortalité estimée supérieure à 95%, ce qui dénote une mortalité très importante par rapport au référentiel mortalité estimée Biotope. Pour les chiroptères les éoliennes E01, E06, E08 et E11 ont un quantile de mortalité estimé supérieur à 69%, pour les 7 autres éoliennes la mortalité estimée fait partie des plus faibles de notre référentiel.

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

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Oiseaux			
Alouette des champs	Espèce présente sur 100% des points d'écoute STOC-EPS	4 individus	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. L'espèce est considérée comme nicheuse sur l'ensemble du site.
Bergeronnette printanière	Espèce présente sur 50% des points d'écoute STOC-EPS	1 individu	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. L'espèce est considérée comme nicheuse sur l'ensemble du site.
Buse variable	Effectif : information non disponible	1 individu	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle est considérée comme nicheuse dans les milieux environnants et chasse dans les cultures du site.
Bruant proyer	Espèce présente sur 88,89% des points d'écoute STOC-EPS	4 individus	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. L'espèce est considérée comme nicheuse sur l'ensemble du site.
Faucon crécerelle	Effectif : information non disponible	11 individus	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle est considérée comme nicheuse dans les milieux environnants et chasse dans les cultures du site.
Faisan de Colchide		2 individus	
Linotte mélodieuse	Espèce présente sur 44,44% des points d'écoute STOC-EPS	1 individu	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle est présente en période de migration sur le site.
Mésange bleue	Espèce non contactée	1 individu	Espèce non contactée lors des expertises pour l'étude d'impact et donc non évaluée.
Pigeon ramier	Espèce présente sur 11% des points d'écoute STOC-EPS	1 individu	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle est considérée comme nicheuse dans les milieux environnants et s'alimente dans les cultures du site.
Roitelet à triple bandeau	Espèce non contactée	4 individus	Espèce non contactée lors des expertises pour l'étude d'impact et donc non évaluée.
Chiroptères			
Pipistrelle commune	Effectif : information non disponible	1 individu	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle a été observée lors des écoutes au sol et a été observée en altitude au niveau d'une éolienne du parc éolien de Barbe d'Or au nord du parc des Pierrots.
Pipistrelle de Kuhl	Effectif : information non disponible	1 individu	Espèce contactée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle a été observée lors des écoutes au sol a été observée en altitude au niveau d'une éolienne du parc éolien de Barbe d'Or au nord du parc des Pierrots.
Pipistrelle pygmée	Espèce non contactée	1 individu	Espèce non contactée lors des expertises pour l'étude d'impact et donc non évaluée.
Noctule de Leisler	Effectif : information non disponible	1 individu	Espèce non contactée au sein de l'aire d'étude rapprochée lors des expertises pour l'étude d'impact. Elle a été observée en altitude au niveau d'une éolienne du parc éolien de Barbe d'Or au nord du parc des Pierrots.

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Murin à oreilles échancrées	Espèce non contactée	1 individu	Espèce non contactée lors des expertises pour l'étude d'impact et donc non évaluée.

De manière générale, l'étude d'impact de 2014 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères.

Pour les oiseaux, l'étude d'impact mentionne que « les oiseaux en stationnement migratoire sur le site sont peu nombreux. La majorité des passereaux (Geais, Mésanges), qui représente l'essentiel des populations migratrices transitant par le plateau de Saint-Georges-sur-Arnon, vole en général à une altitude inférieure à la base des pales. Ils sont en principe peu sensibles aux éoliennes et se posent rapidement lorsque les conditions météorologiques se dégradent. Cependant, le passage des pales à une altitude de 32,50 m pourrait être de nature à générer des risques de mortalité supérieurs à ceux connus par les éoliennes actuellement en place dont les pales descendent à 55 m ». Pour les grands voiliers (grands échassiers et rapaces), il est mentionné qu'ils « migrent sur le plateau à une altitude sensible au regard des éoliennes, entre 100 et 300 m. Ce sont surtout les vols d'espèces grégaires (Grue cendrée, Vanneau huppé, Pluvier doré, Pigeon ramier...) qui pourraient être les plus perturbés par le projet du parc ». Au regard de ces éléments, l'impact potentiel du parc Les Pierrots sur l'avifaune migratrice a été considéré comme négligeable à mineur dans l'étude d'impact.

Lors du suivi mortalité réalisé en 2024 en période de migration des oiseaux pré et postnuptial, les résultats montrent une mortalité des oiseaux non négligeable en période de migration, avec la présence de différentes espèces.

Pour les chauves-souris, l'étude d'impact mentionne que l'implantation des éoliennes est globalement éloignée des éléments naturels favorables aux chauves-souris. Toutefois, il est préconisé que « l'éolienne E09 de la ligne nord proche de la ferme des Pierrots est positionnée dans l'alignement d'une petite haie fraîchement plantée par le propriétaire » et peut donc constituer un risque pour les chauves-souris. L'étude précise également que « bien que la totalité de la zone ne connaisse pas de déplacements et de colonies de chiroptères importants, la présence de l'ancienne ligne de chemin de fer correspond à un habitat et à un axe de circulation Ouest-Est privilégié ».

L'impact potentiel du parc Les Pierrots sur les chiroptères a été considéré comme modéré dans l'étude d'impact. L'étude ne détaille pas de mesure de bridage spécifique sur ce parc. Il est mentionné dans la mesure « Suivi post-implantatoire des chiroptères » que les résultats des écoutes en altitude au niveau des éoliennes pourront « en cas de recherche de cadavre simultanée au suivi » permettre de « corréler la mortalité avec l'activité enregistrée avec le détecteur et préciser le besoin éventuel de régulation ».

Lors du suivi mortalité réalisé en 2024, les résultats des observations de chauves-souris montrent une mortalité plus faible avec la présence de plusieurs espèces, dont une rarement trouvée, à savoir un Murin à oreilles échancrées. Cette diminution de la mortalité est due, au moins en partie, au bridage renforcé qui a été mis en œuvre en 2024 (cf. 2.3.4 Evaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement).

2.3.2 Analyse croisée entre les suivis mortalités de 2022, 2023 et 2024

Le suivi réalisé en 2024 correspond à la troisième année du suivi du parc éolien des Pierrots.

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces découvertes durant la réalisation des suivis mortalités de 2022, 2023 et 2024.

Tableau 44 : Croisement des informations sur les espèces impactées lors des 3 années de suivis mortalités (2022, 2023 et 2024)

	En 2022	En 2023	En 2024
Oiseaux impactés			
Alouette des champs	5 individus	10 individus	4 individus
Bergeronnette printanière	-	-	1 individu
Buse variable	4 individus	1 individu	1 individu
Bruant proyer	-	3 individus	4 individus
Corneille noire	1 individu	-	-
Etourneau sansonnet	3 individus	-	-

	En 2022	En 2023	En 2024
Faucon crécerelle	4 individus	7 individus	11 individus
Faisan de Colchide	-	-	2 individus
Grive mauvis	-	1 individu	-
Grive musicienne	-	2 individus	-
Hirondelle rustique	1 individu	-	-
Linotte mélodieuse	-	1 individu	1 individu
Martinet noir	-	1 individu	-
Mésange bleue	-	-	1 individu
Mésange charbonnière	-	1 individu	-
Milan noir	1 individu	-	-
Pigeon ramier	4 individus	1 individu	1 individu
Pinson des arbres	1 individu	2 individus	-
Pipit rousseline	1 individu	-	-
Roitelet à triple bandeau	10 individus	3 individus	4 individus
Rougegorge familier	1 individu	-	-
TOTAL	36	33	30
Chiroptères impactés			
Grand Murin	-	1 individu	-
Noctule commune	9 individus	2 individus	-
Noctule de Leisler	3 individus	1 individu	1 individu
Pipistrelle commune	4 individus	-	1 individu
Pipistrelle de Kuhl	-	2 individus	1 individu
Pipistrelle de Nathusius	3 individus	-	-
Pipistrelle pygmée	-	-	1 individu
Murin à oreilles échancrées	-	-	1 individu
TOTAL	19	6	5
En bleu, les espèces retrouvées lors des 3 années de suivi de la mortalité sur le parc des Pierrots			

Tableau 45 : Croisement des informations sur l'estimation de la mortalité issues des trois années de suivis mortalité (2022, 2023 et 2024)

	En 2022		En 2023		En 2024	
Période suivi	Ainsi, 53 passages ont été réalisés, à raison de deux passages par semaine. Les passages ont été répartis sur deux périodes comme défini dans l'arrêté d'exploitation du parc éolien des Pierrots : - Période n°1 : du 3 mars 2022 au 28 avril 2022 - Période n°2 : du 1 ^{er} août au 1 ^{er} décembre.		Ainsi 53 passages ont été réalisés, du 2 mars 2023 au 30 novembre 2023. - 1 passage par semaine entre les passages n°1 à 22 (semaine 9 à semaine 30) ; - 2 passages par semaine entre les passages n°23 à 48 (semaine 31 à semaine 44) ; - 1 passage par semaine entre les passages n°49 à 53 (semaine 45 à semaine 48).		Ainsi 54 passages ont été réalisés, du 29 février 2024 au 29 novembre 2024. - 1 passage par semaine entre les passages n°1 à 22 (semaine 9 à semaine 30) ; - 2 passages par semaine entre les passages n°23 à 49 (semaine 31 à semaine 44) ; - 1 passage par semaine entre les passages n°50 à 54 (semaine 45 à semaine 48).	
Nombre total d'individus impactés (Toutes espèces confondues - sans prendre en compte le premier passage du suivi mortalité)	Oiseaux	Chauves-souris	Oiseaux	Chauves-souris	Oiseaux	Chauves-souris
	33	18	25	6	28	5
Huso (2010)	130 (53 + 77)	74 (0 + 74)	308 [102 ; 843]	55 [11 ; 466]	180 [67 ; 376]	23 [5 ; 107]
ERICKSON et al. (2000)	126 (52 + 74)	72 (0 + 72)	317 [100 ; 830]	53 [11 ; 455]	179 [65 ; 370]	21 [5 ; 107]
KORNER-NIEVERGELT et al. (2011)	280 (119 + 161)	182 (0 + 182)	636 [207 ; 1449]	106 [18 ; 955]	307 [103 ; 622]	42 [5 ; 177]
Mesure de bridage en cours lors du suivi	<p>Oui :</p> <p>A partir du 9 septembre 2022 jusqu'au 30 novembre 2022 :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vent : ≤ 6m/s ; Température : ≥ 10°C ; Du coucher au lever du soleil ; En l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h). 		<p>Oui :</p> <p>Du 1^{er} mai au 24 mai 2023 :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vent : ≤ 6m/s ; Température : ≥ 10°C ; Du coucher au lever du soleil ; En l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h). <p>Du 25 mai au 31 octobre 2023 :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vent : ≤ 6m/s ; Température : ≥ 13°C ; Du coucher au lever du soleil ; En l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h). 		<p>Oui :</p> <p>Du 1^{er} mai au 31 juillet 2024 et du 1^{er} septembre au 31 octobre 2024 :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vent : ≤ 6m/s ; Température : ≥ 13°C ; Du coucher au lever du soleil ; En l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h). <p>Du 1^{er} au 31 août 2024 :</p> <ul style="list-style-type: none"> Vent : ≤ 6,5m/s ; Température : ≥ 13°C ; Du coucher au lever du soleil ; En l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h). 	

En 2023, le seuil de température a pu être augmenté à 13°C à la suite des résultats du suivi de 2022. Ce nouveau paramètre n'a pas été mis à jour au début de la période de bridage de 2023 : nous pouvons donc voir que la correction a été apportée le 25 mai.

2.3.3 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 des éoliennes E03 et E11 entre début mars et fin novembre 2024. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 275 nuits effectives. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 5 chiroptères, dont un seul au niveau de l'éolienne E11.

2.3.3.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

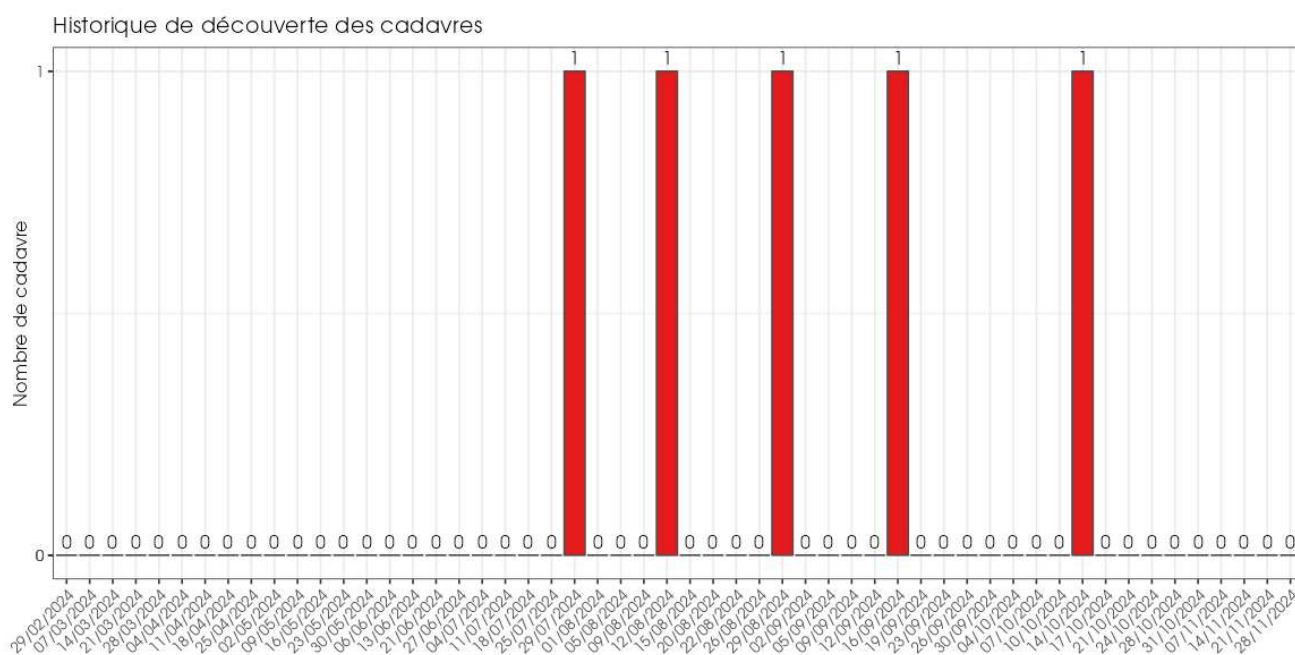


Figure 111 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc des Pierrots en 2024

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été assez faible ($n=5$ sur 54 passages). Les découvertes se sont déroulées de fin juillet à mi-octobre.

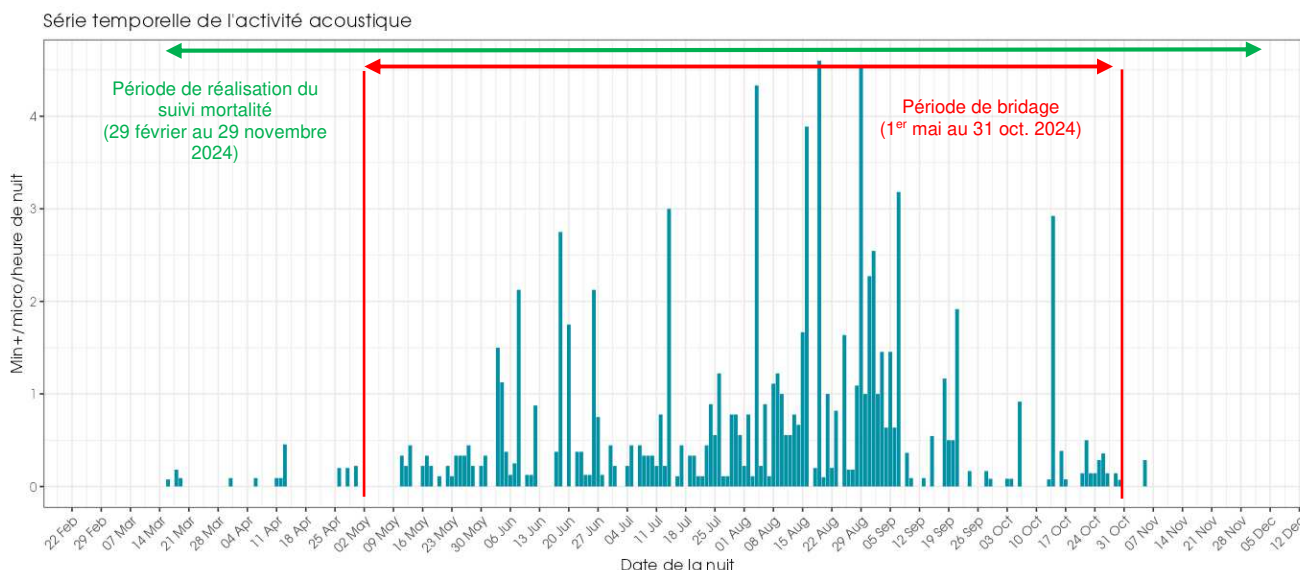


Figure 112 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité

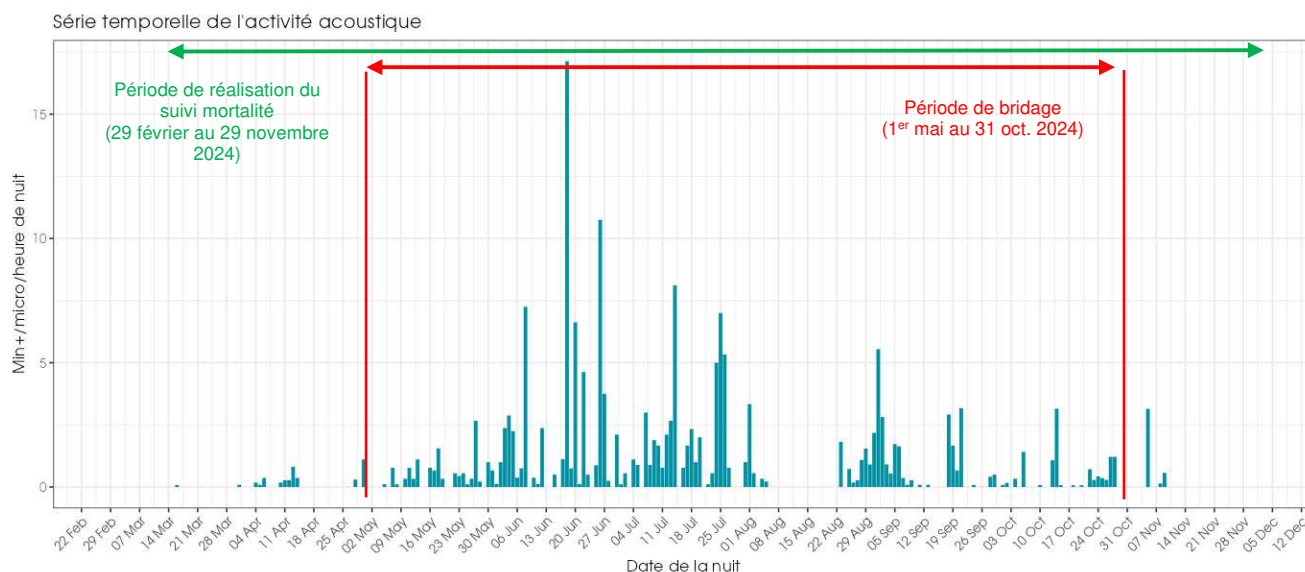


Figure 113 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E11 sur la période de réalisation du suivi mortalité

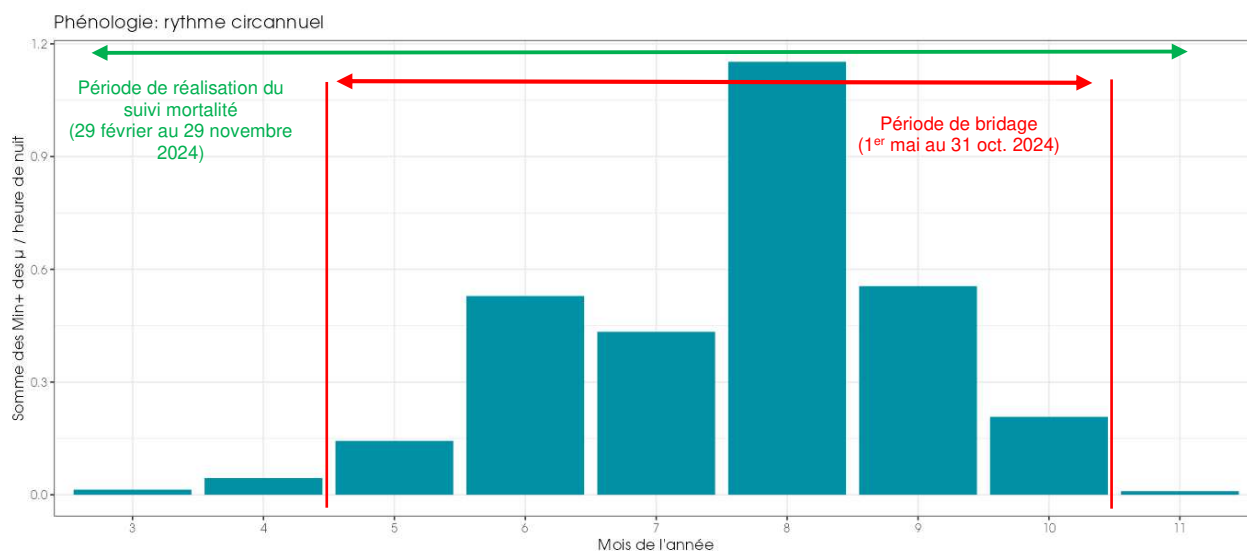


Figure 114 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Pierrots sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.

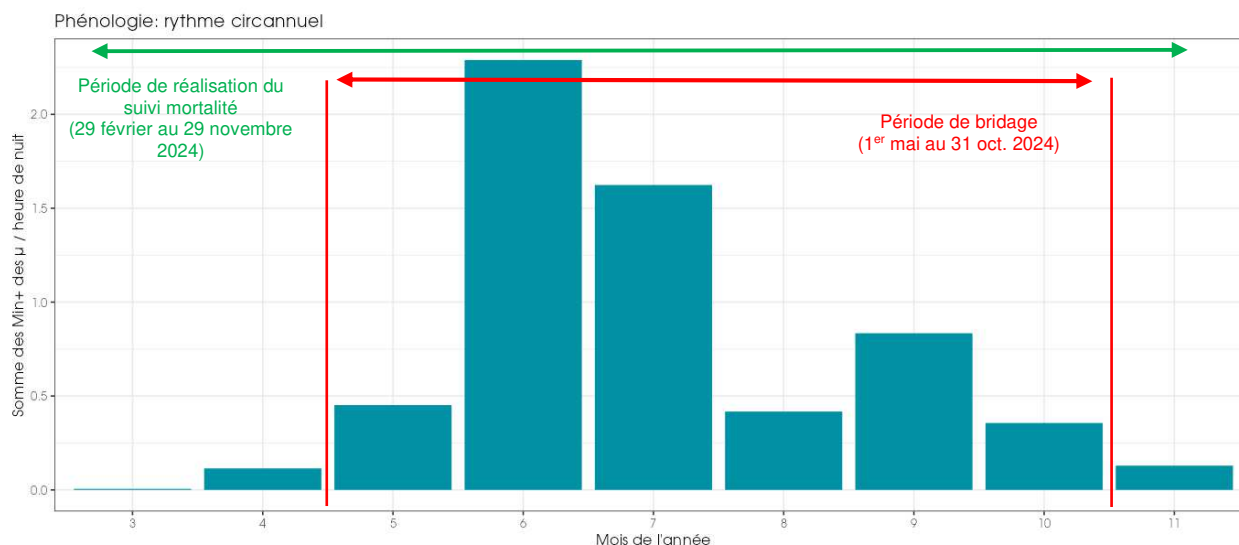


Figure 115 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.

En 2024, l'activité la plus importante est observée sur la période estivale, au cours du mois de juin et de juillet au niveau de l'éolienne E11. Elle est probablement due à une activité de chasse en lien avec des émergences d'insectes en période estivale. A cette période l'activité au niveau de l'éolienne E03 est moins importante. Au cours des mois d'août et de septembre, on observe également une activité des chauves-souris notable comme les années précédentes ceci est particulièrement le cas au niveau de l'éolienne E03 en 2024.

Quelle que soit l'éolienne, on observe une activité des chauves-souris en altitude entre mai et octobre. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre apparaît nulle à très faible.

Quelle que soit l'année, on observe au niveau des deux éoliennes une activité des chauves-souris en altitude en période de mise-bas (juin-juillet) mais également en période de migration entre août et octobre.

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique en altitude concordent relativement bien. En effet, l'ensemble des découvertes de cadavres de chauves-souris ($n=5$) ont eu lieu de fin juillet à mi-octobre. Ce qui correspond à une période d'activité des chiroptères en altitude sur le site.

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

Pour le suivi de mortalité, les observations ont concerné la Pipistrelle commune ($n=1$), la Pipistrelle pygmée ($n=1$), la Pipistrelle de Kuhl ($n=1$), la Noctule de Leisler ($n=1$) et le Murin à oreilles échancrées ($n=1$).

Tableau 46 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E03.

Nom vernaculaire / Nom scientifique	Nombre de contacts de 5 sec.	Proportion obtenue des contacts de 5 sec. (%)	Nombre de minutes positives	Proportion obtenue des minutes positives (%)
Noctule de Leisler	952	20,32%	290	25,51%
Noctule commune	774	16,52%	218	19,17%
Grande Noctule	4	0,09%	1	0,09%
Sérotine commune	11	0,23%	1	0,09%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées	784	16,73%	254	22,34%
Pipistrelle commune	890	18,99%	201	17,68%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius	1 248	26,63%	167	14,69%
Pipistrelle pygmée	6	0,13%	2	0,18%
Vespère de Savi	17	0,36%	3	0,26%
Total	4 686		1 137	

Tableau 47 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E11.

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 de Leisler	2 551	21,38%	614	26,34%
Noctule commune	983	8,24%	329	14,11%
Sérotine commune	17	0,14%	3	0,13%
Groupe Sérotine commune / Noctules indéterminées	568	4,76%	239	10,25%
Pipistrelle commune	4893	41,01%	803	34,45%
Groupe Pipistrelle de Kuhl / P.de Nathusius	2 920	24,47%	343	14,71%
Total	4 686		2 331	

En 2024, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Pipistrelle commune (18 à 35% des minutes positives) et la Noctule de Leisler (25 à 26% des minutes positives). La Noctule commune est également bien présente avec 14 à 19% des minutes positives ainsi que le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius avec 15% des minutes positives.

Les principales espèces découvertes dans le cadre du suivi mortalité ont également été détectées lors du suivi acoustique (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle Pygmée et Noctule de Leisler). La Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler sont les deux espèces les plus souvent contactées. Malgré cela, elles n'ont fait l'objet que d'une seule découverte chacune, durant le suivi mortalité. Le Murin à oreilles échancrées, découvert à une seule reprise durant le suivi mortalité, n'a pas été contacté dans le cadre du suivi acoustique. Néanmoins, il a été découvert au niveau de l'éolienne E06, qui ne fait pas l'objet d'un suivi acoustique. La Pipistrelle pygmée a également été peu contactée en altitude et découverte à une seule reprise dans le cadre du suivi mortalité, en 2024.

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

Sur la période de suivi de l'activité en altitude en 2024, l'activité des chauves-souris est généralement plus importante en début de nuit (0 à h+2) mais on observe quelques regains d'activité en milieu de nuit et fin de nuit en juin et en période de migration automnale (août notamment).

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

La **Noctule de Leisler** est particulièrement bien présente sur le site. Pour rappel, elle représente plus de 25 à 26 % des minutes positives enregistrées, quelle que soit l'éolienne. La Noctule de Leisler apparaît présente en altitude tout au long de la présence d'activité des chauves-souris en altitude. Elle est présente sur le site dès le mois de mars à novembre. Au cours des mois d'avril à octobre, on observe une activité, avec un pic en juillet ou en août suivant l'éolienne. La **Noctule commune** est un peu moins fréquente que la Noctule de Leisler. En 2024, elle représente 14 à 19 % des minutes positives. L'activité de la Noctule commune semble être plus importante en période de migration (fin juillet à septembre). Elle est moins fréquente avant et après. La Grande Noctule et la Sérotine commune ont été observées ponctuellement au niveau de l'éolienne E03. Sur ces 4 espèces seul la Noctule de Leisler a été observé lors du suivi mortalité.

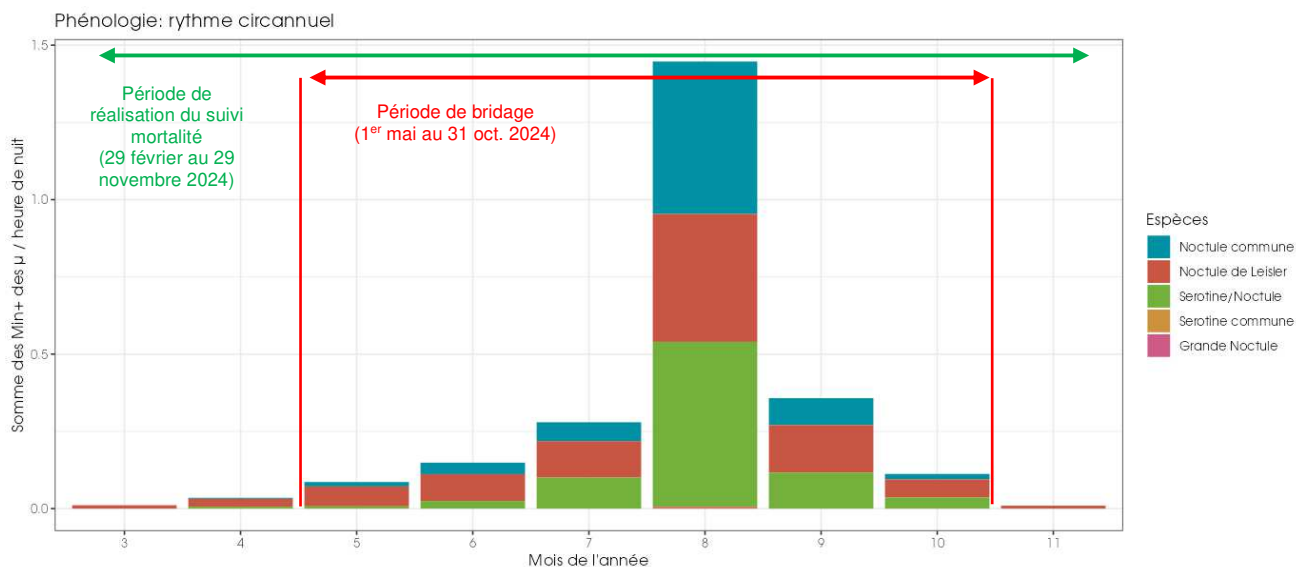


Figure 116 : Eolienne E03 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.

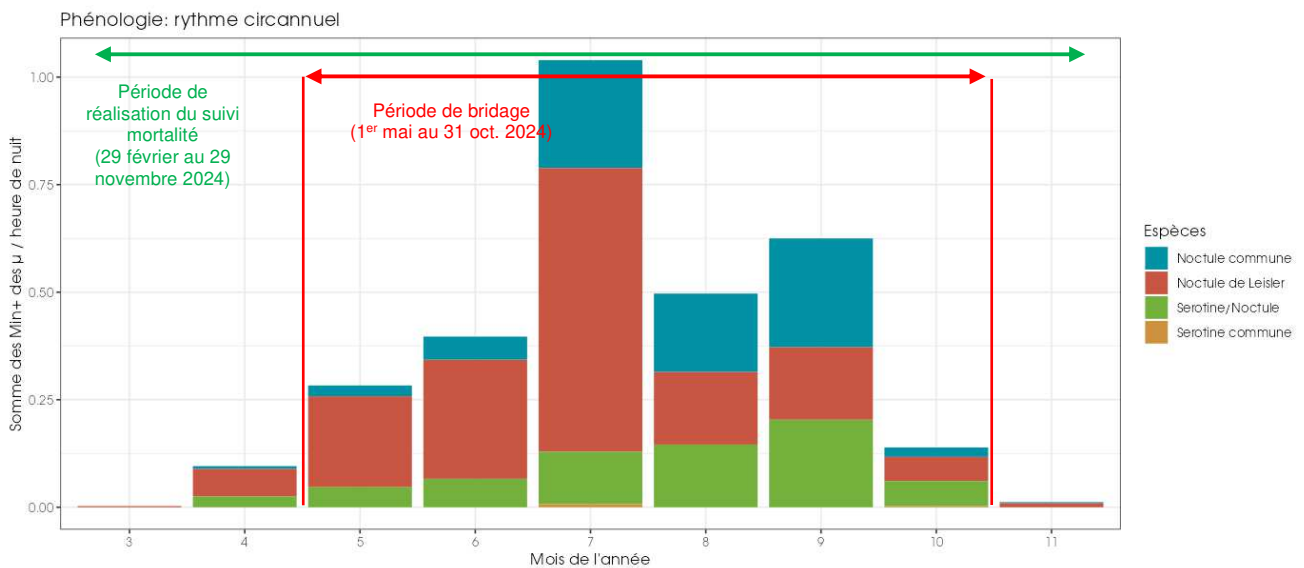


Figure 117 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.

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

Les pipistrelles sont présentes sur le site tout au long de la période d'activité. Il semble y avoir une activité plus importante au cours du mois de juin, correspondant à une activité des populations locales en période de mise-bas et élevage de jeunes. On peut également noter au niveau des deux éoliennes une activité légèrement plus importante des pipistrelles au mois de septembre. Ce pic correspond probablement à de l'activité de migration ou de transit des pipistrelles. Le Vespère de Savii a été observé ponctuellement au niveau de l'éolienne E11.

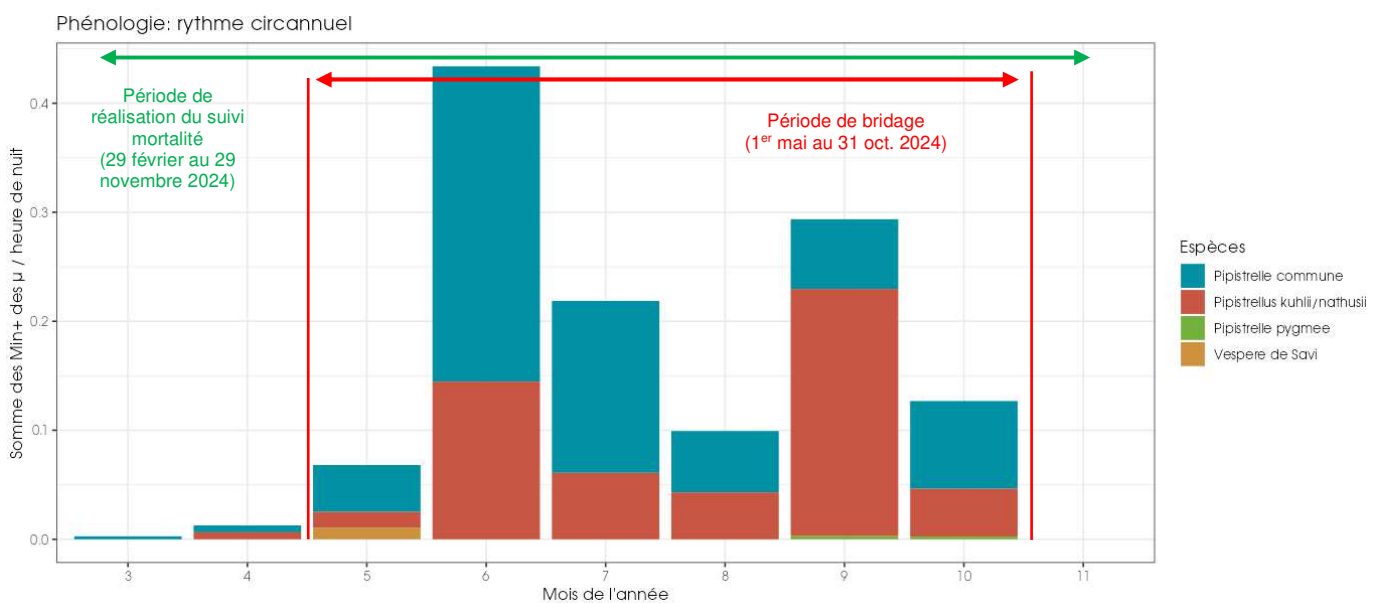


Figure 118 : Eolienne E03 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.

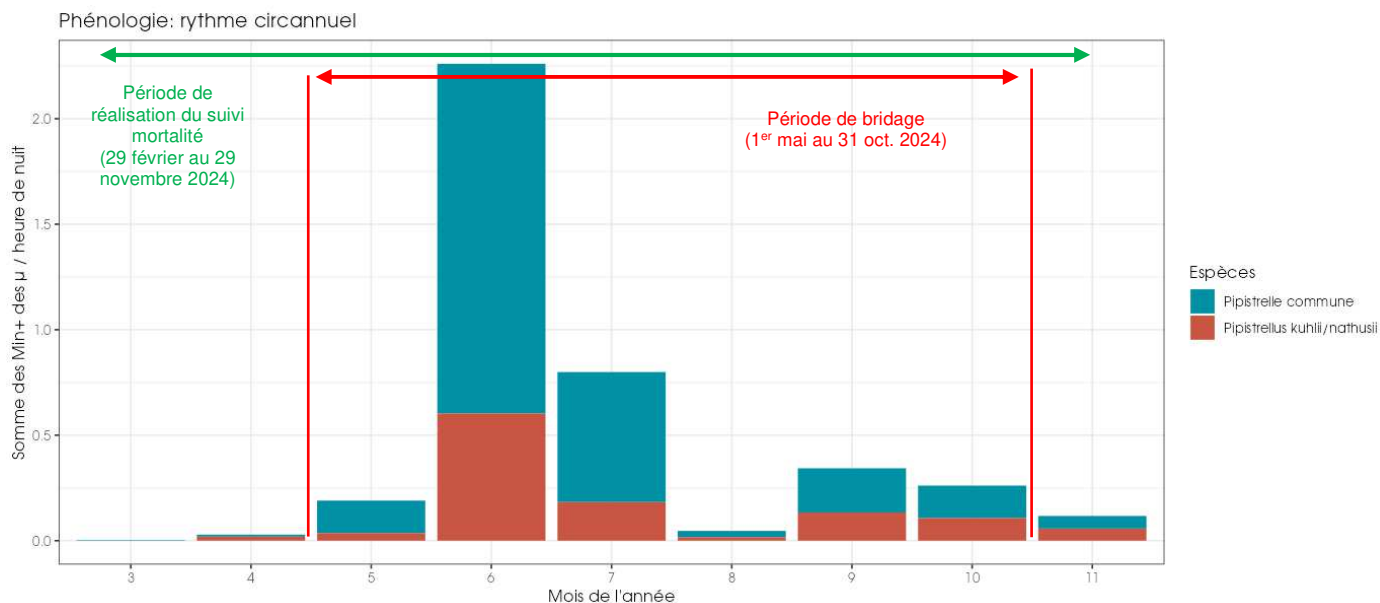


Figure 119 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune et le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius en 2024.

■ Murin à oreilles échancrées

Cette espèce n'a pas été observée lors des suivis acoustiques en altitude. L'individu découvert lors du suivi mortalité a été constaté au niveau de l'éolienne E06.

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 48 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces).

Tableau 48 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	29/07	12/08	29/08	16/09	14/10	Total général
Période	Migration automnale					
Bridage	Bridage actif					
Noctule de Leisler			1			1
Pipistrelle commune					1	1
Pipistrelle de Kuhl		1				1
Pipistrelle pygmée	1					1
Murin à oreilles échancrées				1		1
Total général	1	1	1	1	1	5

Les pics d'activité en altitude pour les différentes espèces sont globalement cohérents avec les résultats du suivi mortalité. L'essentiel des cadavres de chaque espèce ont été trouvés lors de pics d'activité ou lors d'une période où les espèces sont actives en altitude.

On peut noter l'absence d'observation de mortalité en juin lors du pic d'activité des pipistrelles, qui peut s'expliquer par la mise en œuvre du bridage sur le parc éolien.

2.3.3.1 Bilan du croisement des informations des deux suivis moralité/acoustique

En 2024, on observe globalement une cohérence entre les espèces retrouvées lors des suivis mortalité et celles enregistrées en altitude. La majorité des espèces découvertes durant le suivi mortalité correspondent aux principales espèces identifiées durant le suivi acoustique. Seul le Murin à oreilles échancrées n'a pas été enregistré en altitude. Cette espèce ne fait pas partie des espèces dite de haut vol. Elle peut être amenée à voler en altitude de manière occasionnelle.

Sur les 5 chiroptères retrouvés durant le suivi mortalité un seul a été observé au niveau des éoliennes équipées de dispositif d'enregistrement de l'activité en altitude (E03 et E11). Il s'agit de la Pipistrelle commune qui a été retrouvée au niveau de l'éolienne E11. Les autres espèces ont été découvertes au niveau des éoliennes E01 (1 Pipistrelle de Kuhl), E06 (1 Pipistrelle pygmée et 1 Murin à oreilles échancrées), E08 (1 Noctule de Leisler).

Au niveau de la phénologie, les écoutes en altitude montrent la présence de chauves-souris en altitude de mars à novembre en 2024. L'activité sur les mois de mars-avril et novembre reste faible. L'activité des chauves-souris en altitude se concentre sur les mois de mai à octobre principalement. On observe un pic d'activité des pipistrelles au mois de juin sur les deux éoliennes suivies (E03 et E11) et une activité plus importante des noctules au cours du mois d'août et de septembre.

Limites du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique : La comparaison des données acoustiques issues des deux éoliennes (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.

2.3.4 Evaluation de l'efficacité du bridage chiroptère en fonctionnement

Dans le cas du parc des Pierrots, le bridage des éoliennes déjà mis en œuvre a été renforcé en 2024. Ce bridage a été mis en place entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2024, avec les paramètres présentés dans le tableau suivant.

Tableau 49 : Bridage spécifique des éoliennes pour le parc des Pierrots pour 2024.

	Période n°1	Période n°2	Période n°3
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} mai au 31 juillet	Du 1 ^{er} août au 31 août	Du 1 ^{er} septembre au 31 octobre
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 13°C		
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6,5m/s	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s
Précipitation	En l'absence de précipitations (inférieures à 0,2 mm/h)		
Nombre d'heures durant la nuit	Du coucher au lever du soleil		

L'application de ces paramètres sur les résultats de 2024 font apparaitre un niveau de protection important (cf Tableau 50).

Tableau 50 : Simulation de couverture du bridage avec les paramètres utilisés en 2024.

	Période n°1	Période n°2	Période n°3	Total
	Evaluation du bridage appliqué en 2024 sur les données 2024 des deux éoliennes (E03 et E11) 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	94,80%	92,5%	89,80%	89,50%
Nombre de minute positive restant à risque	83 minutes sur 1 589 toutes espèces confondues et pour les deux éoliennes E03 et E11	70 minutes sur 866 toutes espèces confondues et pour les deux éoliennes E03 et E11	81 minutes sur 792 toutes espèces confondues et pour les deux éoliennes E03 et E11	360 minutes sur 3 443 toutes espèces confondues et pour les deux éoliennes E03 et E11
Proportion d'activité des Noctules de Leisler (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	96%	94,8%	87,30%	89,30%
Nombre de minute positive restant à risque pour la Noctule de Leisler	15 minutes sur 368 minutes de présence	17 minutes sur 327 minutes de présence	19 minutes sur 150 minutes de présence	95 minutes sur 889 minutes de présence
Proportion d'activité des Noctules commune (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	86,2%	93,9%	92,90%	91,30%
Nombre de minute positive restant à risque pour la Noctule commune	16 minutes sur 116 minutes de présence	18 minutes sur 295 minutes de présence	9 minutes sur 126 minutes de présence	47 minutes sur 541 minutes de présence
Proportion d'activité de Pipistrelle (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	96,60%	89,2%	89,80%	90,50%
Nombre de minute positive restant à risque pour les pipistrelles	34 minutes sur les 1 004 minutes de présences	8 minutes sur 74 minutes de présence	38 minutes sur 373 minutes de présence	144 minutes sur 1 371 minutes de présence
Proportion d'activité de Vespère de Savi (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	100,00%	-	-	100,00%
Nombre de minute positive restant à risque pour le Vespère de Savi	0 minute sur les 3 minutes de présences	-	-	0 minute sur les 3 minutes de présences
Proportion d'activité de Grande Noctule (en %) couverte par le modèle sur la période concernée	-	100,00%	-	100,00%
Nombre de minute positive restant à risque pour la Grande Noctule	-	0 minute sur les 1 minutes de présences	-	0 minute sur les 1 minutes de présences

Le bridage mis en œuvre permet une bonne couverture de l'activité des chauves-souris que ce soient toutes espèces confondues ou pour les principales espèces de haut vol.

2.3.5 Evaluation de l'efficacité du bridage « cut-in-speed »

Le parc fait l'objet d'un bridage de type « cut-in-speed » de jour sur l'ensemble de ses éoliennes : 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 d'environ 3m/s pour ces éoliennes actuellement.

Ce type de mesure commence à être mis en œuvre sur plusieurs parcs et à apporter des effets positifs sur certains d'entre eux. Il y a toutefois peu de retours d'expérience à ce jour. Notre connaissance des comportements des oiseaux, nous permet de penser que la mise en œuvre de cette mesure pourrait diminuer la mortalité de l'avifaune et principalement celle des passereaux.

La répartition de la mortalité des oiseaux montre que la majorité a lieu sur la période de bridage actuellement mis en place, à l'exception de 5 cas, qui correspondent à un Faucon crécerelle, deux Bruant proyer, une Alouette des champs et un Roitelet Triple Bandeau.

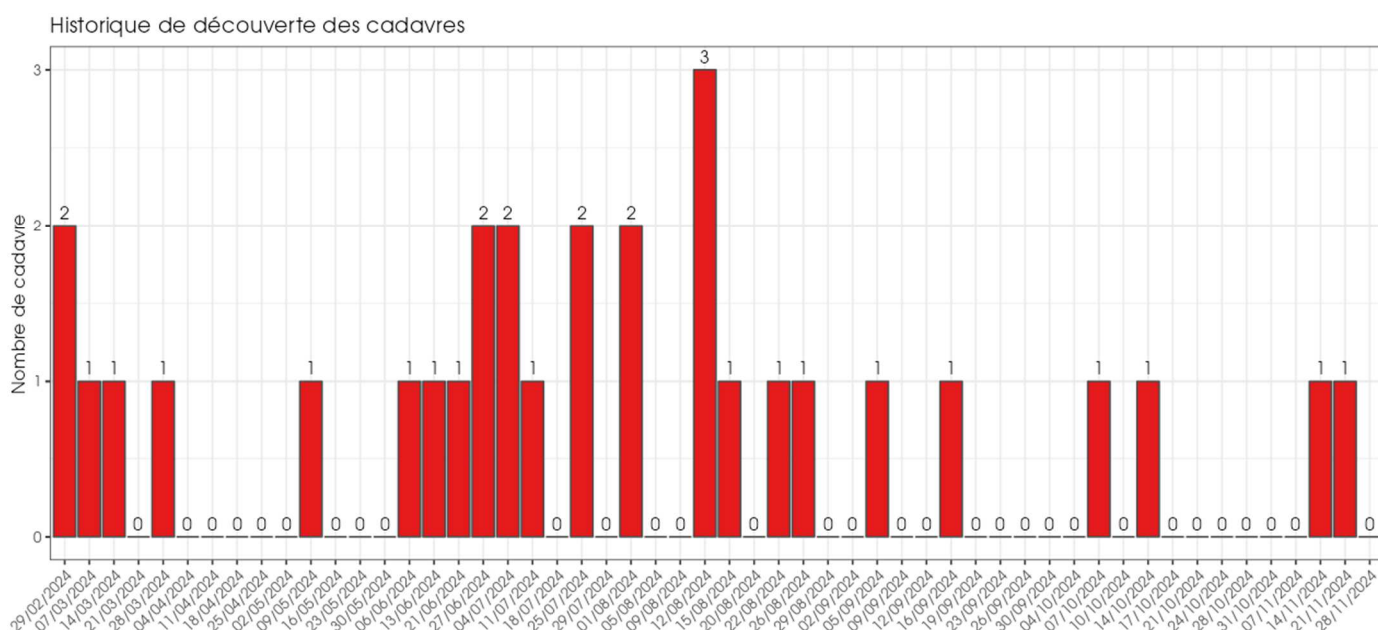


Figure 120 : Phénologie de découverte des cadavres d'oiseaux à l'échelle du parc des Pierrots en 2024

Le tableau ci-après présente la répartition de la mortalité brute observée au cours des trois des dernières années, pour les oiseaux. Les cases en vert correspondent aux passereaux et autres espèces susceptibles d'être les plus sensibles à ce type de mesure.

Tableau 51 : Liste des oiseaux impactés lors des 3 années de suivis mortalités (2022, 2023 et 2024)

	En 2022	En 2023	En 2024
Oiseaux impactés			
Alouette des champs	5 individus	10 individus	4 individus
Bergeronnette printanière	-	-	1 individu
Buse variable	4 individus	1 individu	1 individu
Bruant proyer	-	3 individus	4 individus
Corneille noire	1 individu	-	-
Etourneau sansonnet	3 individus	-	-
Faucon crécerelle	4 individus	7 individus	11 individus

	En 2022	En 2023	En 2024
Faisan de Colchide	-	-	2 individus
Grive mauvis	-	1 individu	-
Grive musicienne	-	2 individus	-
Hirondelle rustique	1 individu	-	-
Linotte mélodieuse	-	1 individu	1 individu
Martinet noir	-	1 individu	
Mésange bleue	-	-	1 individu
Mésange charbonnière	-	1 individu	-
Milan noir	1 individu	-	-
Pigeon ramier	4 individus	1 individu	1 individu
Pinson des arbres	1 individu	2 individus	-
Pipit rousseline	1 individu	-	-
Roitelet à triple bandeau	10 individus	3 individus	4 individus
Rougegorge familier	1 individu	-	-
Total - toutes espèces	36	33	30
Total - espèce potentiellement sensibles à la mesure de « cut-in-speed »	22	23	16

Il apparaît qu'en 2024, la mortalité des passereaux et autres espèces susceptibles d'être les plus sensibles au bridage « cut-in-speed » a diminué. Il est possible que ceci soit dû à la mise en place de ce bridage. Actuellement, le bridage de « cut-in-speed » ne couvre pas la période de migration pré-nuptiale des oiseaux. Lors du suivi de 2024, on peut voir que 4 passereaux ont été impactés sur les mois de mars et avril.

Il est proposé de conserver des paramètres de « cut-in-speed » différents en fonction de la période. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 52 : Bridage « cut-in-speed » mis en place sur le parc des Pierrots en 2024.

	Période n°1	Période n°2
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} mai au 30 septembre	Du 1 ^{er} octobre au 30 novembre
Période journalière	Jour	Jour et nuit
Seuil de vent : « cut-in-speed »	4 m/s	

2.4 Mesures correctives

2.4.1 Bridage éolien en fonction de l'activité chiroptérologique

Sur le parc des Pierrots, le bridage des éoliennes a été renforcé en 2024. Au regard des résultats du suivi de la mortalité et du taux de couvertures offert par les paramètres de bridage mis en place en 2024, il n'apparaît pas nécessaire de modifier les paramètres du bridage actuel. Il doit être maintenu suivant les paramètres mentionnés dans le Tableau 49.

2.4.2 Mise en place d'un bridage « cut-in-speed »

Le parc fait l'objet d'un bridage de type « cut-in-speed » de jour sur l'ensemble de ses éoliennes : 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 d'environ 3m/s pour ces éoliennes actuellement.

Ce type de mesure a été mise en place en 2024 sur le parc des Pierrots. Les résultats semblent montrer une diminution des cas de mortalité brute des passereaux et autres potentiellement sensibles à ce type de bridage.

Il est proposé de maintenir les paramètres de « cut-in-speed » différents en fonction de la période. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 53 : Bridage « cut-in-speed » pour le parc des Pierrots pour 2025.

	Période n°1	Période n°2
Période de mise en service du bridage	Du 1 ^{er} mai au 30 septembre	Du 1 ^{er} octobre au 30 novembre
Période journalière	Jour	Jour et nuit
Seuil de vent : « cut-in-speed »	4 m/s	

2.4.3 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, un entretien régulier des plateformes doit être maintenu au rythme de 3 fauches par an.

2.4.4 Suivi des populations de Faucon crécerelle

Source : Indre Nature 2025 - Suivi comportemental du Faucon crécerelle Falco tinnunculus sur le site du parc éolien des Pierrots à Saint-Georges-sur-Arnon & Migny.

Au regard de la mortalité observée sur le Faucon crécerelle au cours des trois années de suivi environnemental, il est proposé de mettre en place un suivi du comportement de cette espèce et des populations présentes au sein du parc afin de comprendre les raisons de cette mortalité.

L'objectif de cette étude sera d'identifier les comportements spécifiques (chasse, vol stationnaire, perchage, etc.) qui exposent le Faucon crécerelle au risque de collision avec des éoliennes et d'évaluer les conditions environnementales pouvant augmenter ce risque (habitats, ...)

Le protocole d'étude proposé s'appuie sur trois éléments qui sont des sessions d'observation des comportements, la cartographie des habitats favorables et un suivi des nids ou des jeunes à l'envol.

1) Recherche de données historiques du Faucon crécerelle :

« L'association Indre Nature a déjà mené plusieurs campagnes de suivis ornithologiques sur le site éolien des Pierrots, qui ont engendré de nombreuses observations de rapaces, y compris le Faucon crécerelle. A ces observations s'ajoutent toutes celles des bénévoles et autres contributeurs à la base de données. Une extraction sera effectuée afin de voir l'historique des observations de Falco tinnunculus dans la zone d'étude, et éventuellement de localiser les anciens sites de nidification utilisés par l'espèce localement. »

Ces données historiques seront croisées avec « les données brutes de mortalité concernant cette espèce depuis la première année de mise en place du suivi. Cela permettra d'identifier d'éventuelles similitudes/tendances des mortalités observées, en fonction de l'âge des individus, ou des activités agricoles locales par exemple (moissons). En somme, ces données seront aussi utiles pour connaître les secteurs / éoliennes qui ont le plus d'impact sur les Faucons Crécerelles afin de mieux répartir les points d'observation dans la zone d'étude. »

2) Recherche de Faucons crécerelles sur le terrain et évaluation de la population.

Il s'agira lors de 20 sessions d'observations de noter pour chaque individu observé « son cycle de développement (âge, sexe, reproduction, début de migration post-nuptiale) » et « les comportements observés (vol, chasse, transit, perchoir, interactions avec le paysage local ou les éoliennes) » ;

« De plus, si possible, la hauteur de vol sera estimée par rapport à la garde au sol des éoliennes environnantes. Si un individu présente un comportement reproducteur (accouplement, transport de proie ou de matériel, défense du territoire), il sera suivi à l'aide de jumelles et/ou de longue-vue afin de localiser la nichée ».

Les 20 sessions d'observations seront réparties à raison d'un passage par décade de mars à septembre.

3) Suivi des nids

« Dans le cas où des nids de *Falco tinnunculus* seraient repérés, ils seront suivis jusqu'à l'envol et l'émancipation des jeunes. En outre, ils feront l'objet d'une vérification systématique à chaque session de terrain, afin de suivre le stade d'évolution de la nichée (œufs/poussins/jeunes volants). Ce point permettra de détecter une éventuelle vulnérabilité des individus en fonction de leur âge, et de préciser la dynamique de la reproduction locale pour cette espèce (nombre de couples nicheurs, taux de réussite, nombre de jeunes à l'envol, productivité et succès reproducteur à l'échelle locale) ».

Quatre sessions d'observations seront dédiées à l'observation des comportements des jeunes à l'envol.

4) Analyse des comportements et des zones à risques

L'analyse des observations, des comportements, de la localisation des nids mis en évidence, ... devra permettre de définir les comportements à risques ainsi que de réaliser des cartes avec la « localisation des nids et des zones à risque identifiées ».

2.4.5 Etude d'un suivi agricole automatisé

De manière générale, il est souvent constaté que les activités de fauche, labour, moisson/récolte, fenaison et déchaumage (travail superficiel du sol destiné à enfouir les chaumes et restes de paille afin de favoriser leur décomposition) mettent la terre à nu ou presque, ce qui rend la prédation ou le nourrissage plus aisé pour de nombreux oiseaux dont les rapaces, et créent donc une attraction temporaire sur les parcelles concernées (Thiollet & Bretagolle, 2004 ; Jacquet, 2012).

En effet, en fonction des résultats du suivi du comportement des Faucon crécerelle, il sera peut-être nécessaire de mettre un dispositif de bridage des éoliennes prenant en compte les travaux agricoles afin de diminuer la mortalité observée sur les rapaces.

Il s'agit donc d'étudier la détection des travaux agricoles via un dispositif automatique basé sur des caméras installées sur les éoliennes.

Cette étude devra avoir lieu au cours de l'année 2025, afin de pouvoir mettre en service les détecteurs, si nécessaire en 2026. Les résultats de cette étude permettront de calibrer au mieux le paramétrage du dispositif en lien avec les caméras, afin de s'assurer d'une bonne détection des engins agricoles qui seraient éventuellement présents sur les parcelles des éoliennes.

2.4.6 Poursuivre le suivi post implantation

Au regard des résultats de la mortalité observée sur les oiseaux, il est conseillé de renouveler le suivi mortalité. Son objectif sera notamment d'évaluer l'efficacité des mesures qui seront proposées à la suite du suivi de comportement réalisé en 2025 sur le faucon crécerelle.

Ce suivi environnemental sera donc programmé en 2026 sur la période allant de début mars à fin novembre, à une fréquence de passages hebdomadaire. Ceci permettra d'évaluer la mortalité des oiseaux sur l'ensemble des périodes (migration pré-nuptiale, nuptiale et migration post-nuptiale).

2.5 Conclusions

Le protocole mis en place dans le cadre de ce suivi mortalité, comprenant 54 passages, est en cohérence avec l'arrêté d'exploitation du parc des Pierrots et le protocole national de 2018. Avec 54 passages répartis sur la période de mars à novembre, le protocole mis en œuvre va au-delà du protocole national de 2018.

Lors de l'étude d'impact de 2014, plusieurs écoutes en altitude ont été réalisées au niveau d'éoliennes appartenant à des parcs voisins (parc de Barbes d'or et parc des Tilleuls). Lors de cette étude, plusieurs espèces de chauves-souris de haut vol ont été identifiées. L'impact potentiel du parc des Pierrots sur les chiroptères a ainsi été considéré comme modéré dans l'étude d'impact.

En 2024, 35 cadavres dont 30 oiseaux (10 espèces) et 5 chauves-souris (5 espèces) ont été observés lors des 54 passages de suivi de la mortalité qui s'étendait du 29 février au 29 novembre 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 et a eu une incidence sur les coefficients correcteurs de surfaces. Ces variations sont dues au fait que le site du parc est quasi exclusivement utilisé à des fins d'agriculture. De plus, la persistance semble relativement faible sur la grande majorité des éoliennes, avec des temps moyens d'environ 0,9 à 2 jours. Pour limiter l'effet de la persistance, il est à noter que le rythme de passage a été augmenté à deux passages par semaine au cours des mois d'août, septembre et octobre. A ces coefficients correcteurs s'ajoute également le coefficient d'efficacité de recherche. Ainsi, les probabilités globales de détection calculées sont faibles et les estimations de mortalité qui intègrent ces facteurs sont importantes pour les oiseaux et les chauves-souris.

Concernant les oiseaux :

La majorité des cadavres d'oiseaux observés concernent le Faucon crécerelle (11 individus), ainsi que l'Alouette des champs, le Bruant proyer et le Roitelet à triple bandeau, espèces pour lesquelles 4 individus ont été contactés.

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 179 [65 ; 370] à 180 [67 ; 376] cas de mortalité d'oiseaux sur l'ensemble du suivi, soit au niveau du parc **d'une estimation de la mortalité comprise entre 16,27 (Erickson) et 16,36 (Huso) oiseaux/éolienne sur l'ensemble du suivi**, mais où les observations ont eu lieu sur 266 jours entre le premier cadavre trouvé et le dernier. **Avec l'estimateur GenEst, sur l'ensemble du parc éolien des Pierrots, la médiane de la mortalité de l'avifaune est d'environ 234 cadavres** [IC 5 - 95 % : 145.4 ; 388.8]. Cette estimation est réalisée sur 9 éoliennes, l'estimateur GenEst ne pouvant pas effectuer d'estimation pour les éoliennes avec aucune observation de cadavre d'oiseau.

En comparaison avec les suivis précédents, on observe que la mortalité brute semble montrer une tendance à la baisse, sur l'ensemble des trois années, pour les oiseaux avec 36 cadavres en 2022, 33 cadavres en 2023 et 30 en 2024. On peut néanmoins noter une augmentation du nombre de cadavres de Faucon crécerelle cette année. En 2024, la mortalité estimée la plus probable, selon l'estimateur Huso, est de **180 cadavres** [67 ; 376], à l'échelle du parc, ce qui représente **une estimation inférieure à 2023**, avec 308 [102 ; 843].

Au regard de l'ensemble de ces résultats (mortalité brute et estimée) sur l'ensemble du suivi en 2024, **l'impact du parc apparaît significatif pour les oiseaux**. On observe notamment une mortalité importante des Faucon crécerelles (11 cas). Il est nécessaire de mettre en place des mesures de réduction de cette mortalité. En 2024, le parc a fait l'objet de la mise en œuvre d'un bridage de type « cut-in-speed » de jour sur l'ensemble de ses éoliennes (mise en drapeau des pales des éoliennes aux vitesses de vents inférieures au démarrage de la production d'électricité par éolienne). La mesure proposant un seuil à 4 m/s sur certaines périodes de l'année sera maintenue sur 2025 et par la suite.

En 2025, une mesure de réduction par détection des engins agricoles sera également étudiée. Elle va être accompagnée d'un suivi d'activité du Faucon crécerelle, permettant d'identifier son comportement au niveau des éoliennes sur les différentes périodes de l'année, mais aussi les habitats qui lui sont favorables au niveau du parc : ainsi, l'intérêt du bridage agricole par caméras pourra être évalué, avant une éventuelle mise en œuvre en 2026.

Concernant les chauves-souris :

Pour les chauves-souris, 5 espèces ont été découvertes en 2024. Il s'agit de la Noctule de Leisler (1 individu), du Murin à oreilles échancrées (1 individu), de la Pipistrelle commune (1 individu), de la Pipistrelle de Kuhl (1 individu) et de la Pipistrelle pygmée (1 individu).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 21 [5 ; 107] à 23 [5 ; 107] cas de mortalité de chiroptères sur l'ensemble du suivi, soit au niveau du parc **d'une estimation de la mortalité comprise entre 1,91 (Erickson) et 2,09 (Huso) chiroptères/éolienne sur l'ensemble du suivi**, mais où les observations se

concentrent sur 78 jours entre le premier cadavre trouvé et le dernier. **En se basant sur les analyses de l'estimateur GenEst, la mortalité estimée des chiroptères est d'environ 19 individus** [IC 5 - 95 % : 6 ; 35.3] sur l'ensemble du parc. Cette estimation est réalisée sur 4 éoliennes, l'estimateur GenEst ne pouvant pas effectuer d'estimation pour les éoliennes avec aucune observation de cadavre de chauves-souris.

En comparaison avec les suivis précédents, on observe que la mortalité brute semble montrer une tendance à la baisse, sur l'ensemble des trois années, pour les chauves-souris avec 19 cadavres en 2022, 6 cadavres en 2023 et 5 en 2024. En 2024, la mortalité estimée la plus probable, selon l'estimateur Huso, est de **23 cadavres** [5 ; 107], à l'échelle du parc, ce qui représente **une estimation inférieure à 2023 avec 55 cas** [11 ; 466].

Le bridage mis en place en 2024 a permis de diminuer la mortalité des chauves-souris. Ce bridage montre d'ailleurs un taux de préservation important. Sur les données de 2024, il permet de couvrir 89,5% de l'activité toutes espèces confondues. Pour la Noctule de Leisler cela correspond à 89,3%, soit à 794 minutes sur 889 minutes de présence. Pour la Noctule commune, il couvre 91,3% (47 minutes non couvertes sur 541 minutes de présence). Au regard de la mortalité brute observée et estimée, **l'impact du parc apparaît non significatif en 2024 pour les chauves-souris**.

Au regard de l'analyse de cette troisième année de suivi sur le parc éolien des Pierrots, il apparaît que l'impact du parc des Pierrots apparaît non significatif en 2024 pour les chauves-souris et significatif pour les oiseaux.

Pour les chauves-souris, la mesure de bridage actuellement mise en place semble donc être efficace. Elle doit donc être reconduite avec les mêmes paramètres de fonctionnement.

Pour les oiseaux, il est recommandé de mettre en œuvre plusieurs mesures afin de comprendre les causes de la mortalité observée, notamment pour le Faucon crécerelle, et de la réduire, à travers :

- Le maintien du bridage « cut-in-speed » ;
- La réalisation d'un suivi des populations de Faucon crécerelle ;
- L'étude de la mise en place de la détection des engins agricoles par caméras.

Après échange avec RWE, il est proposé de mettre en œuvre les trois mesures indiquées ci-dessus en 2025.

Par la suite, un suivi de la mortalité sera réalisé en 2026, sur les mêmes périodes que celles menées en 2023 et 2024 (mars à novembre).

3 Bibliographie

- 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.
- 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.
- 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.
- 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. A., WOLPERT, R., STUDYVIN, J., ... & MINTZ, J. (2018). GenEst statistical models—a generalized estimator of mortality (No. 7-A2). US Geological Survey.
- 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 Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.
- ERICKSON, W.P.; JOHSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.
- 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.

- ④ GROUPE CHIROPTÈRES DE LA SFEPM, 2016. Diagnostic chiroptérologique des projets éoliens terrestres Actualisation 2016 des recommandations SFEPM, Version 2.1 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 33 pages+ annexes
- ④ HAQUART A., 2013 - Référentiel d'activité des chiroptères, éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française : Biotope, École Pratique des Hautes Études, 99 p.
- ④ HAQUART A., 2015. — ACTICHIRO, un référentiel pour l'interprétation des dénombrements de Chiroptères avec les méthodes acoustique en France. Symbiose (34-35): 1-9.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ LABROSSE, A. (2009). Determining factors affecting carcass removal and searching efficiency during the post-construction monitoring of wind farms. University of Northern British Columbia.
- ④ LAWSON M, JENNE D, THRSHER R, HOUCK D, WIMSATT J, STARW B, 2020 - An investigation into the potential for wind turbines to cause barotrauma in bats. *LoS ONE* 15(12) - <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242485>
- ④ MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- ④ MATUTINI, F. 2014. Détermination de l'effort d'échantillonnage pour la réalisation d'inventaires chiroptérologiques à différentes échelles spatiales et en fonction de l'hétérogénéité des habitats : rapport de stage. centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (cefe), Montpellier ; biotope, Mèze, 13 p.
- ④ MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, Novembre 2015, 40p.
- ④ MITCHELL-JONES A.J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFÉK B., REIJNDERS P.J.H., SPITZENBERGER F., STUBBE M., THISSEN J.B.M., VOHRALÍK V. & ZIMA J., 1999 - The atlas of European mammals, *Societas Europaea Mammalogica*, Poyser National History, 484 p.
- ④ 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.
- ④ RABIE, P., RISPER-ESPINOZA, D., STUDYVIN, J., DALTHORP, D., & HUSO, M. (2021). Performance of the GenEst mortality estimator compared to the Huso and Shoenfeld estimators. American Wind Wildlife Institute.
- ④ 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.
- ④ 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.
- ④ RUSS J., 2023. — Les chauves-souris par le son. Delachaux et Niestlé, 480 p.
- ④ 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.
- ④ SIMONIS, J., DALTHORP, D., HUSO, M., MINTZ, J., MADSEN, L., RABIE, P., and STUDYVIN, J., 2018, GenEst user guide—Software for a generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. C19, 72 p., <https://doi.org/10.3133/tm7C19>

- 🔍 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'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES & OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, 2017 - La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine. Paris, France, 15 p.

Sites Internet

- 🔍 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'ETUDE ET LA PROTECTION DES MAMMIFÈRES - <http://www.sfepm.org>.
- 🔍 ECOLOGIE ACOUSTIQUE DES CHIROPTERES - <http://ecologieacoustique.fr/>

4 Annexes



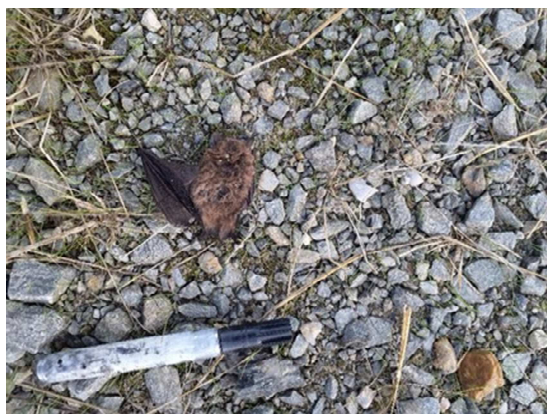
Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
29/02/2024	E10	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	55
29/02/2024	E07	Alauda arvensis Linnaeus, 1758	Alouette des champs	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	25
07/03/2024	E02	Emberiza calandra Linnaeus, 1758	Bruant proyer	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	10
14/03/2024	E10	Emberiza calandra Linnaeus, 1758	Bruant proyer	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	1
28/03/2024	E10	Regulus ignicapilla (Temminck, 1820)	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	59
09/05/2024	E11	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Indéterminé	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	55
06/06/2024	E08	Phasianus colchicus Linnaeus, 1758	Faisan de Colchide	Plumée	Adulte	Femelle probable	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	54
13/06/2024	E03	Emberiza calandra Linnaeus, 1758	Bruant proyer	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	12
21/06/2024	E09	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	10
27/06/2024	E02	Alauda arvensis Linnaeus, 1758	Alouette des champs	Autre	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	24
27/06/2024	E09	Phasianus colchicus Linnaeus, 1758	Faisan de Colchide	Plumée	Adulte	Femelle probable	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	11
04/07/2024	E08	Motacilla flava Linnaeus, 1758	Bergeronnette printanière	Plumée	Adulte	Indéterminé	Prédation ou charonnage cadavre post-collision	19

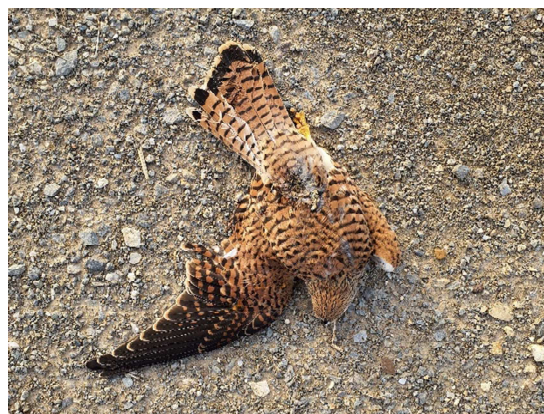
04/07/2024	E06	Buteo buteo (Linnaeus, 1758)	Buse variable	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	16
11/07/2024	E08	Columba palumbus Linnaeus, 1758	Pigeon ramier	Sec	Adulte	Indéterminé	Prédation ou charronnage cadavre post- collision	51
25/07/2024	E11	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	50
25/07/2024	E11	Alauda arvensis Linnaeus, 1758	Alouette des champs	Sec	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	43
29/07/2024	E06	Pipistrellus pygmaeus (Leach, 1825)	Pipistrelle pygmée	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	45
01/08/2024	E08	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	45
01/08/2024	E11	Emberiza calandra Linnaeus, 1758	Bruant proyer	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	45
12/08/2024	E01	Pipistrellus kuhlii (Natterer in Kuhl, 1817)	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	28
12/08/2024	E04	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	25
12/08/2024	E02	Cyanistes caeruleus (Linnaeus, 1758)	Mésange bleue	Frais	Immature	Indéterminé	Collision avec pale	20
12/08/2024	E04	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Sec	Indéterminé	Indéterminé	Collision avec pale	1
15/08/2024	E04	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	50
22/08/2024	E10	Linaria cannabina (Linnaeus, 1758)	Linotte mélodieuse	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	25
26/08/2024	E08	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Frais	Immature	Indéterminé	Collision avec pale	59
29/08/2024	E08	Nyctalus leisleri (Kuhl, 1817)	Noctule de Leisler	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	43
05/09/2024	E04	Alauda arvensis Linnaeus, 1758	Alouette des champs	Sec	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	51
16/09/2024	E05	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charronnage cadavre post- collision	50
16/09/2024	E06	Myotis emarginatus (E. Geoffroy Saint- Hilaire, 1806)	Murin à oreilles échancrées	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	25
07/10/2024	E04	Regulus ignicapilla (Temminck, 1820)	Roitelet à triple bandeau	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	45

14/10/2024	E04	Regulus ignicapilla (Temminck, 1820)	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	59
14/10/2024	E11	Pipistrellus pipistrellus (Schreber, 1774)	Pipistrelle commune	Frais	Indéterminé	Mâle	Barotraumatisme	40
14/11/2024	E03	Regulus ignicapilla (Temminck, 1820)	Roitelet à triple bandeau	Sec	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	21
21/11/2024	E10	Falco tinnunculus Linnaeus, 1758	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	25

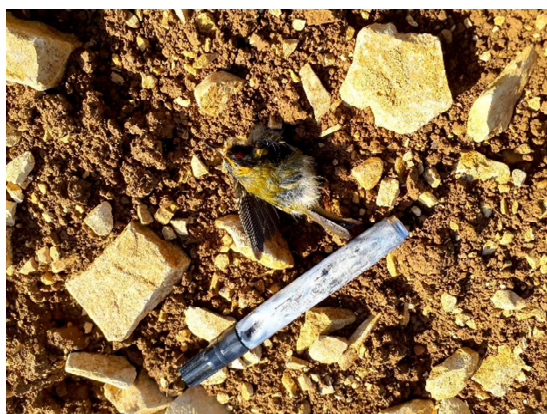
Annexe II : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts sur le parc des Pierrots en 2024



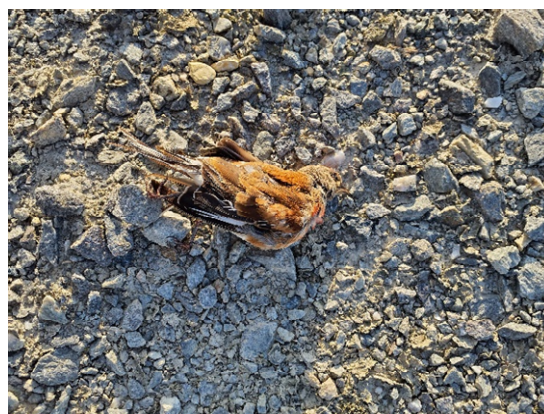
Murin à oreilles échancrées



Faucon crécerelle



Roitelet à triple bandeau



Linotte mélodieuse



Bruant proyer



Pipistrelle de Kuhl

Figure 121 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts sur le parc des Pierrots - © BIOTOPE

Annexe III : 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 IV : 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 122 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

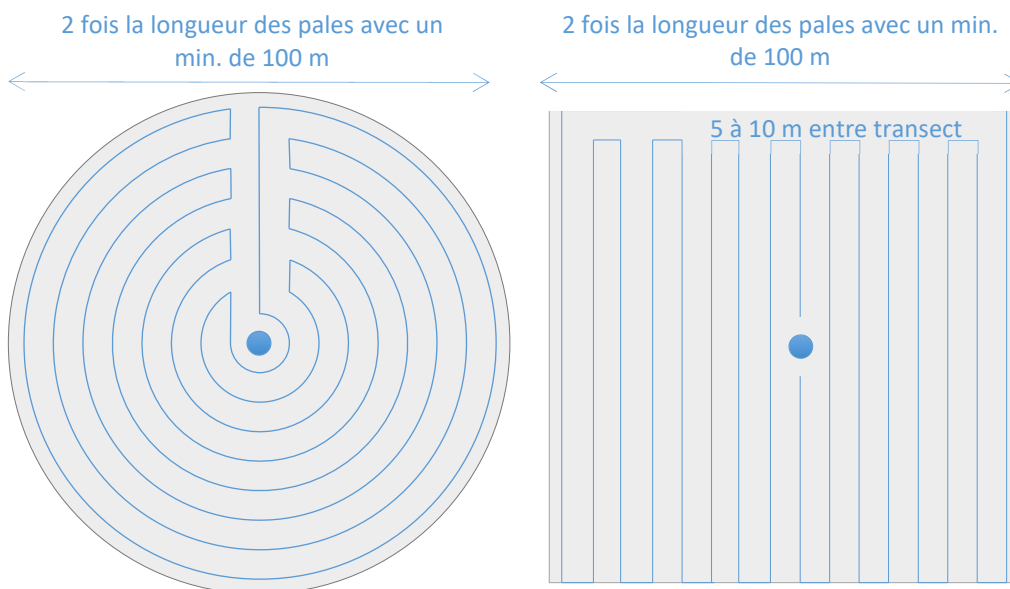


Figure 123 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

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

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

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

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

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien 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 prédation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédation pour chaque éolienne, voir même à l'échelle du parc. Ainsi, suivant les situations, cela peut remettre en cause cette demande spécifique du protocole national. Cela peut même engendrer l'incapacité de répondre au protocole national dans son ensemble si l'estimation de mortalité devient impossible. D'autre part, le nombre important de rats déposés (concentration), ainsi que leur taille et leur couleur peuvent générer des phénomènes d'attraction/saturation sur les prédateurs. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les souris/rats blancs mais cela est rarement possible en raison du manque de production de rongeurs gris. Ainsi, les rongeurs doivent correspondre le plus possible en taille à des chiroptères, en l'absence d'alternative satisfaisante (répétabilité des tests notamment).

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

Annexe VI : Utilisation de la mortalité par GenEst

VI.1 Utilisation du DWP : « Density Weighted Proportion »

Une des particularités de cet estimateur est l'utilisation des « Density Weighted Proportion » (ou DWP). Ils correspondent à la fraction de la mortalité totale tombée dans la zone de prospection. En effet, la densité des cadavres n'est pas la même à toutes les distances d'une éolienne, mais elle augmente généralement sur une courte distance avant de diminuer jusqu'à 0 (Dalthorp et al. 2018). Une prise en compte minutieuse de ce facteur pourrait permettre à la fois d'assimiler la proportion de la surface échantillonnée mais également la proportion de cadavres tombés hors de la zone d'étude (cripping loss).

Ne pouvant pas obtenir une valeur précise et fiable des « crippling loss », nous avons seulement pris en considération la surface prospectée par éolienne (qui équivaut à une prise en compte du coefficient correcteur de surface), en fixant bien la valeur de « *Fraction of Facility Surveyed* » à 1, pour ne pas avoir de double prise en compte de la surface échantillonnée. Ce coefficient correspond à la fraction de la surface échantillonnée par éolienne, et s'obtient en faisant le ratio de la surface échantillonnée par la surface totale (échantillonnée + non échantillonnée), le tout par éolienne.

VI.2 Efficacité de recherche (f)

L'efficacité de recherche aborde la question de la détection imparfaite des cadavres par les observateurs, pouvant varier en fonction de différents facteurs. GenEst intègre notamment un paramètre k qui décrit comment l'efficacité de recherche évolue à travers plusieurs recherches successives (soit la probabilité d'observer un même leurre lors d'un second passage). Dans le cas où des données de recherche multiples sont disponibles, GenEst utilise une procédure de maximum de vraisemblance pour estimer simultanément p et k . En cas de données de recherche unique (méthode du protocole national), l'estimation de p se réduit à une régression logistique. Dans la présente étude, la valeur k a été fixée à 0 dans le but d'obtenir une estimation

pessimiste de la probabilité de détection. Cette approche de modélisation est préconisée et utilisée par Huso (Huso-censored estimator ; Rabie et al., 2021).

L'estimateur GenEst postule également une efficacité du chercheur égale à $1 - 1 / (2 * n)$ lorsque toutes les leurres sont découverts (par exemple, si les 10 leurres déposés sont toutes détectés, $p = 19/20$). Si aucun leurre n'est trouvé, GenEst postule que l'efficacité de recherche est égale à $1 / (2 * n)$.

Ces hypothèses introduisent un biais inconnu dans l'estimateur, mais généralement, elle sera moins biaisée que l'hypothèse simpliste selon laquelle $p = [0 | 1]$. Elle offre ainsi une évaluation plus réaliste de l'incertitude dans l'estimation de p (et de la mortalité totale) lorsque l'efficacité de recherche est parfaite ou imparfaite.

Pour affiner l'estimation de l'efficacité de recherche, des covariables ont été intégrées à la sélection de modèle : l'occupation du sol (OCS), la hauteur de végétation, la couverture végétale, la saison du test, la visibilité (variable prenant en compte la valeur la hauteur de végétation et le recouvrement et définie en 3 classes : faible, moyenne et forte) ainsi que l'identifiant de turbine. Toutes les covariables utilisées dans GenEst sont traitées sous format catégoriel. La sélection de modèles se réalise par le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc).

VI.3 Persistance des cadavres (s)

Une des autres particularités de l'estimateur GenEst, est l'obligation de fournir des informations supplémentaires sur les dates d'observations et de disparitions des cadavres à partir des colonnes « LastPresent » et « FirstAbsent ». La colonne « LastPresent » correspond au temps entre la pose du cadavre et le moment où il a été vu pour la dernière fois. La colonne « FirstAbsent » réfère au nombre de jours entre la pose du cadavre et la première fois il n'a plus été observé.

GenEst quantifie la persistance des cadavres au moyen de modèles de survie, évaluant diverses lois de distribution (« exponentiel », « weibull », « lognormal » et « loglogistic ») ainsi que différentes combinaisons de covariables. La sélection de modèles se réalise par le critère d'information d'Akaike corrigé (AICc).

VI.4 Estimation de la mortalité

D'une manière similaire aux estimateurs classiques demandés dans le protocole, GenEst calcule la mortalité à partir d'une probabilité globale de détection, composée d'une estimation de la persistance, de la probabilité d'efficacité de recherche puis par une correction, par l'utilisation du DWP. Pour estimer la probabilité de détection globale, GenEst utilise un « calendrier de passage » (ou search schedule). Il permet de croiser les dates de prospection à chacun des passages sur les éoliennes et ainsi connaître et prendre en compte les irrégularités de passage lors du suivi. Il peut être important de prendre en considération ce biais, des recherches plus fréquentes dans le temps étant associées à des probabilités de détection plus élevées (Simonis et al., 2018). Une autre différence majeure de l'utilisation de GenEst réside dans le calcul des incertitudes. En effet, GenEst utilise une procédure de bootstraps paramétriques pour obtenir l'incertitude de la probabilité de détection et du nombre de cadavres (bootstraps non paramétriques pour Huso).

Il est important de notifier que certaines études ont observé une estimation de la probabilité de détection « globale » (g) légèrement supérieure à l'estimateur d'Huso (Rabie et al., 2021). De plus, par son fonctionnement, il n'est pas possible d'estimer la mortalité sur certaines éoliennes lorsque le nombre de cadavre est égal à 0, sans utilisation d'un logiciel annexe à GenEst (Evidence of Absence, l'estimation de la mortalité totale reste néanmoins attribuée à l'ensemble du parc).

VI.5 Paramètres utilisés lors des analyses de données dans le logiciel GenEst

GENEST ANALYSIS	MODEL INPUT FOR ANALYSIS	VALUE
GENERAL INPUT	Number of iteration	1000
	Confidence level	0,95
	Carcass Class Column	/
SEARCHER EFFICIENCY	Observations	Search01
	Predictor Variables	Landcover, VegHeight, VegCover, Turbine, Visibility
	Fixed k	0

	Selected model	p ~ Turbine + Visibility
CARCASS PERSISTENCE	Last Time Present	LastPresent
	First Time Absent	FirstAbsent
	Predictor Variables	Turbine
	Distributions	exp ; weibull ; lognormal ; loglogistic
MORTALITY ESTIMATION	Selected Distribution	loglogistic
	Selected Location	l ~ Turbine
	Selected Scale	s ~ constant
	Carcass ID Column	carclD
	Fraction of Facility Surveyed	1
	Density Weighted Proportion	Proportion de la surface échantillonnée par éolienne (voir 1.1.2 Utilisation du DWP : « Density Weighted Proportion »)
	Date Found	DateFound
	Search Schedule (SS) Variable	/
	Carcass Observation (CO) Variable	Turbine

Annexe VII : 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.

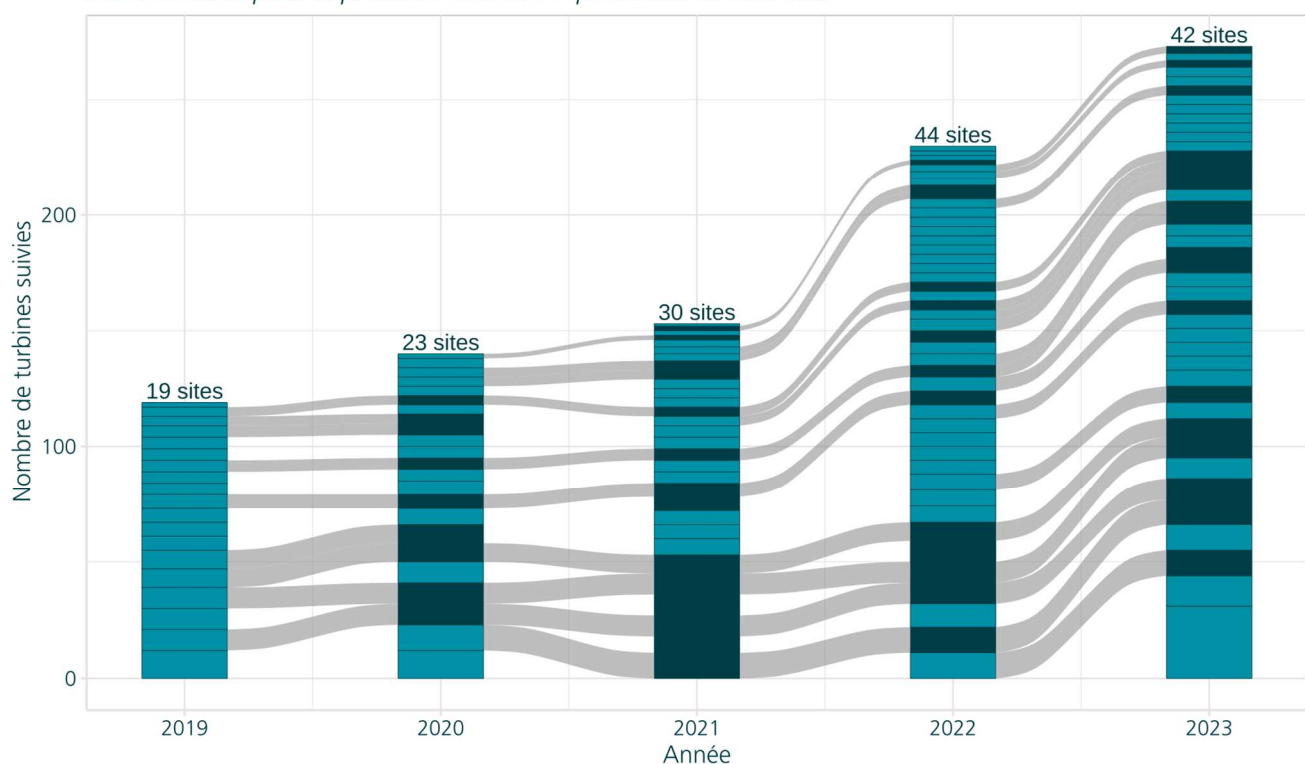
Annexe VIII : Détails sur la méthodologie, les résultats et les biais concernant les référentiels mortalité Biotope

Répartition des données du référentiel selon les années

Les 'alluviums' mettent en évidence la continuité du suivi d'un site sur des années consécutives.

Chaque année, les sites sont empilés par ordre décroissant du nombre de turbines suivies.

Les sites suivis pour la première fois sont représentés en bleu clair



Données & réalisation : Bureau d'études Biotope

Figure 124 : Répartition des données du référentiel selon les années

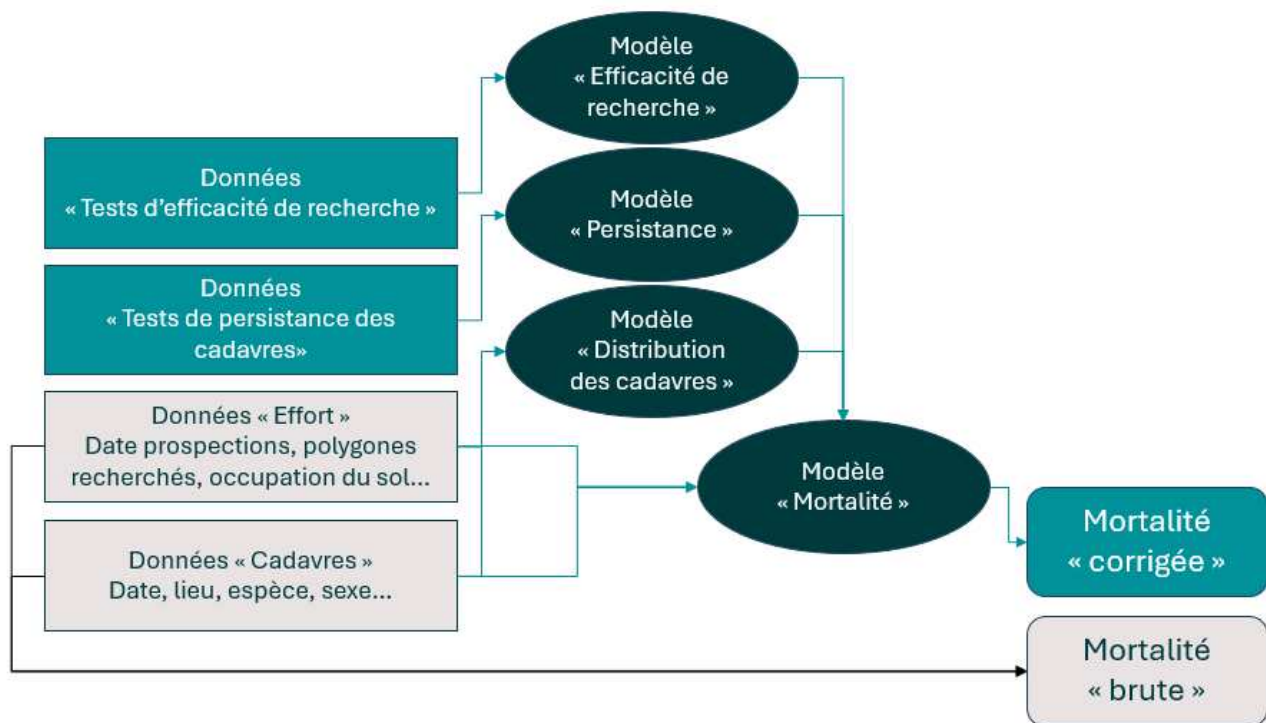


Figure 125 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée

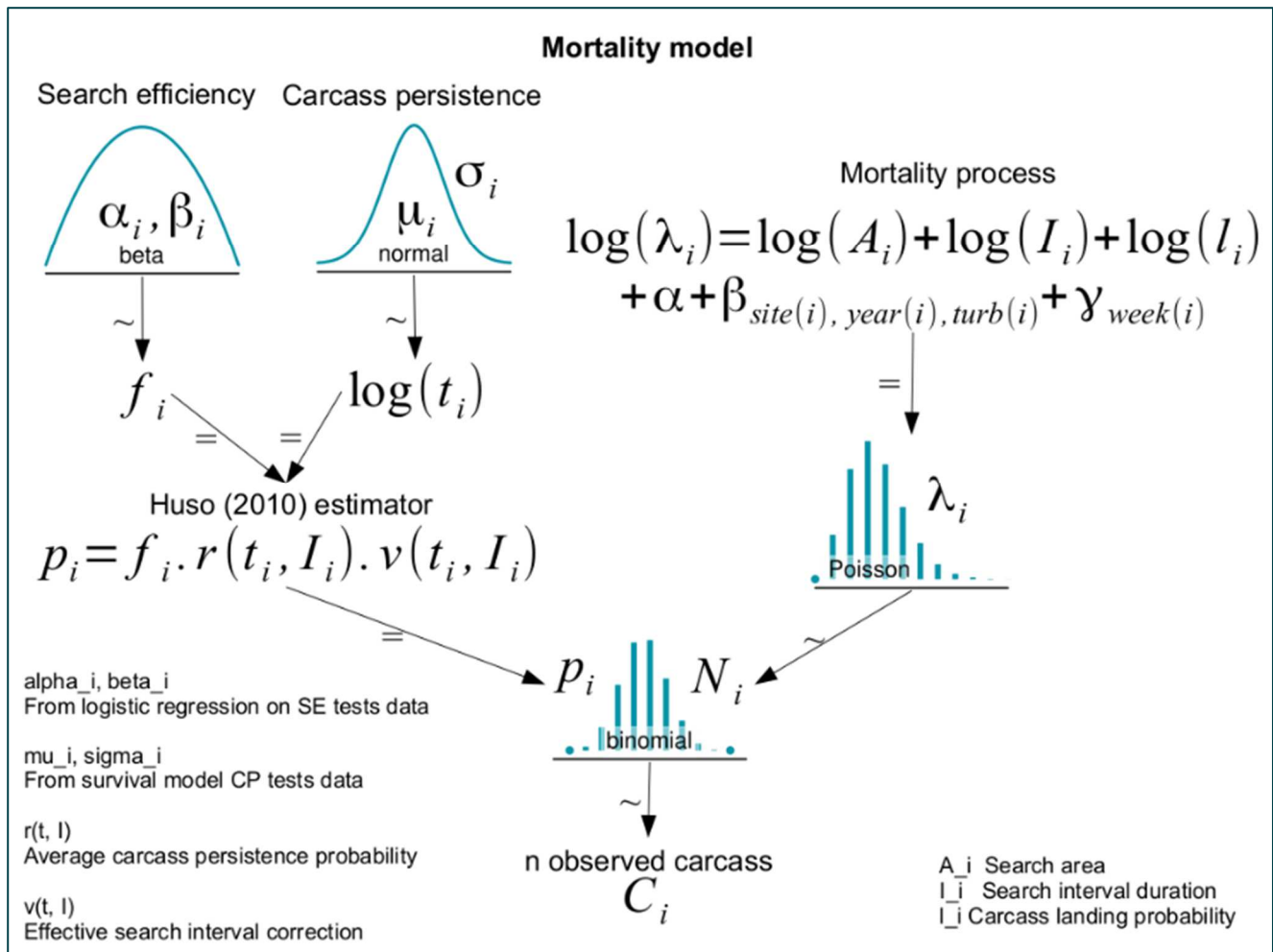


Figure 126 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée

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

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

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

Annexe IX : Répartition des contacts en fonction de la vitesse du vent pour les années 2022 et 2023.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistré sur les éoliennes E03 et E11 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 98 m) et durant les 275 nuits de l'étude réalisé en 2024.

1) Eolienne E03 en 2022 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E03 ont collecté la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0 à plus de 19 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,03 m/s et la médiane est à 4,7 m/s.

L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 9 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

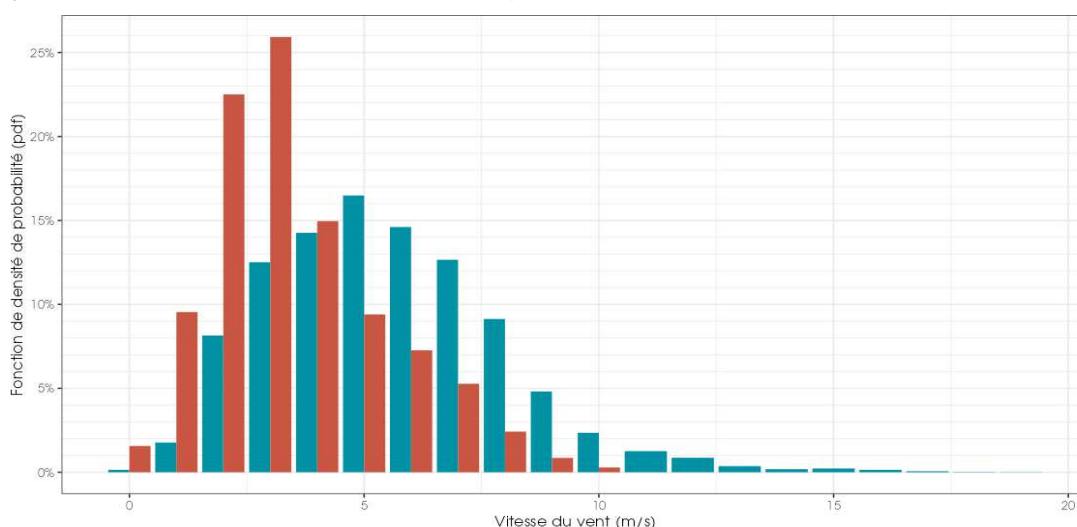


Figure 127 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots 2 en 2022.

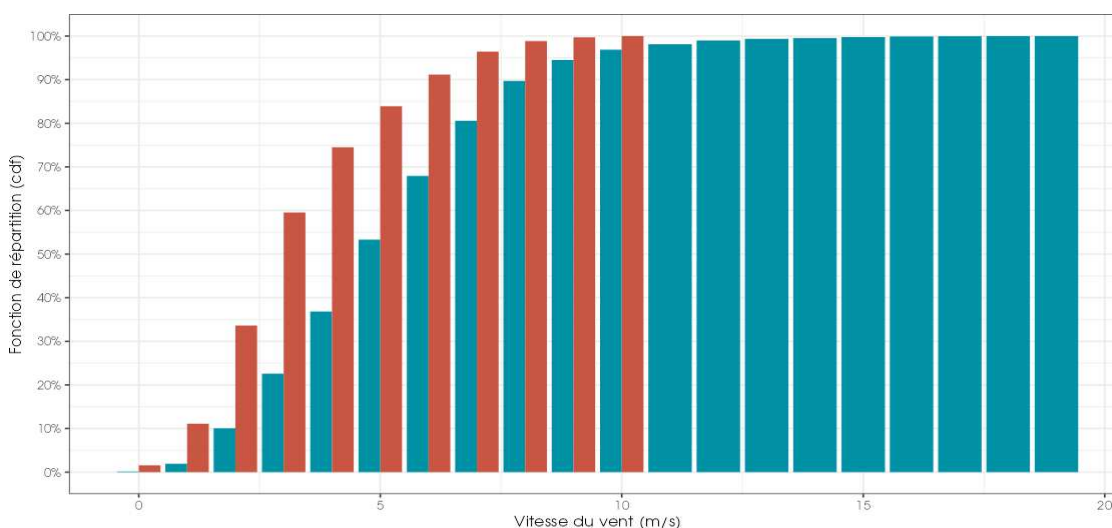


Figure 128 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).

2) Eolienne E03 en 2023 :

Au cours du suivi en 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle de l'éolienne E03 ont collecté la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0 à plus de 20 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,8 m/s et la médiane est à 5,4 m/s.

L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 10 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

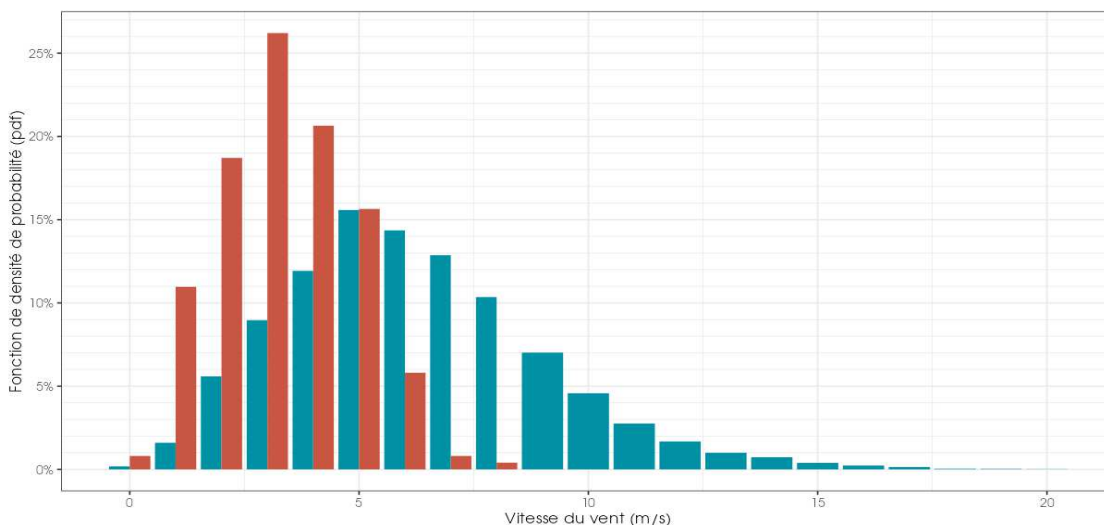


Figure 129 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023.

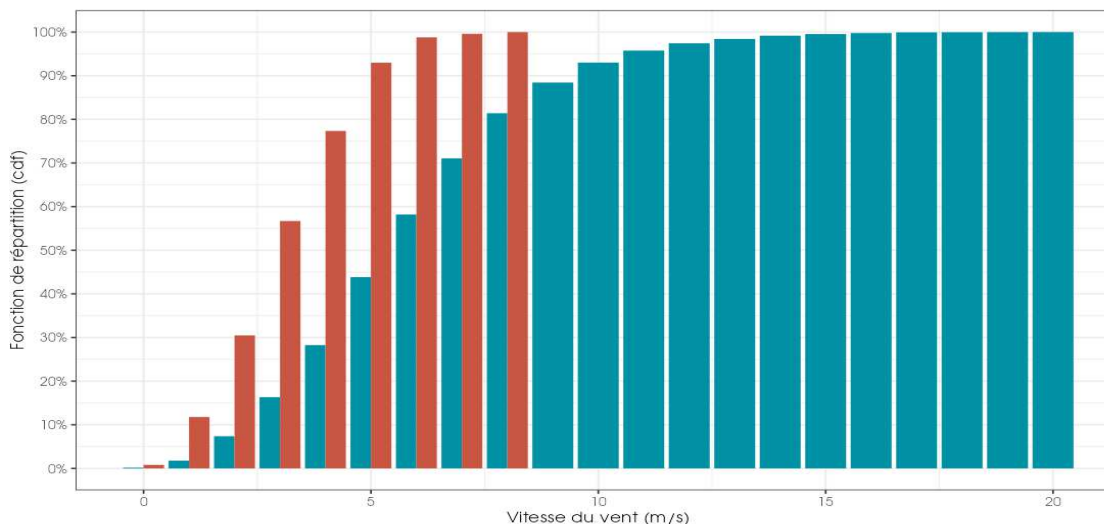


Figure 130 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).

3) Eolienne E11 en 2022 :

Au niveau de cette éolienne, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0 à 19 m/s. La moyenne des vents observée est de 5,2 m/s et la médiane est à 5,07 m/s. L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 9 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

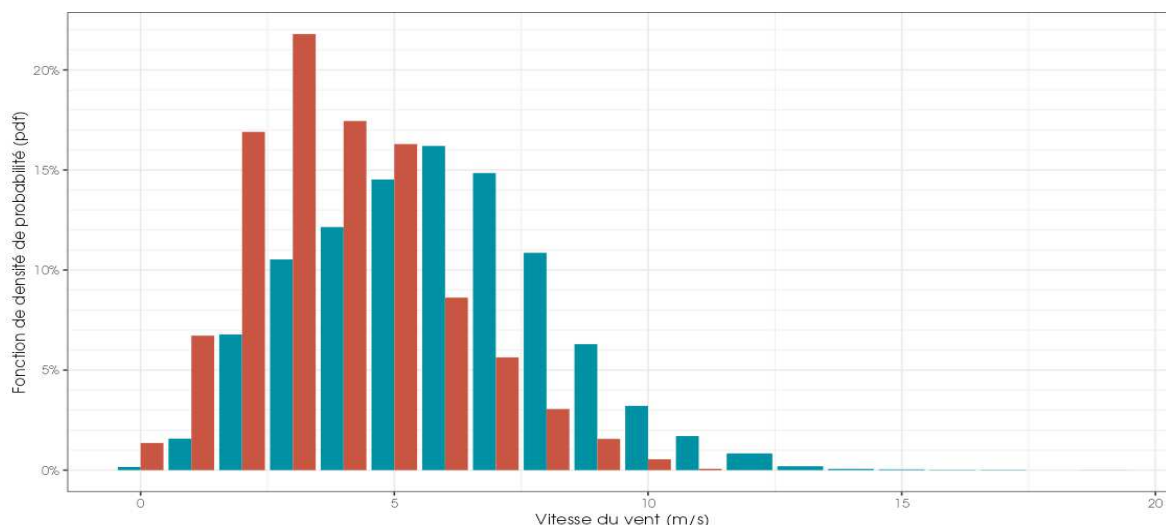


Figure 131 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

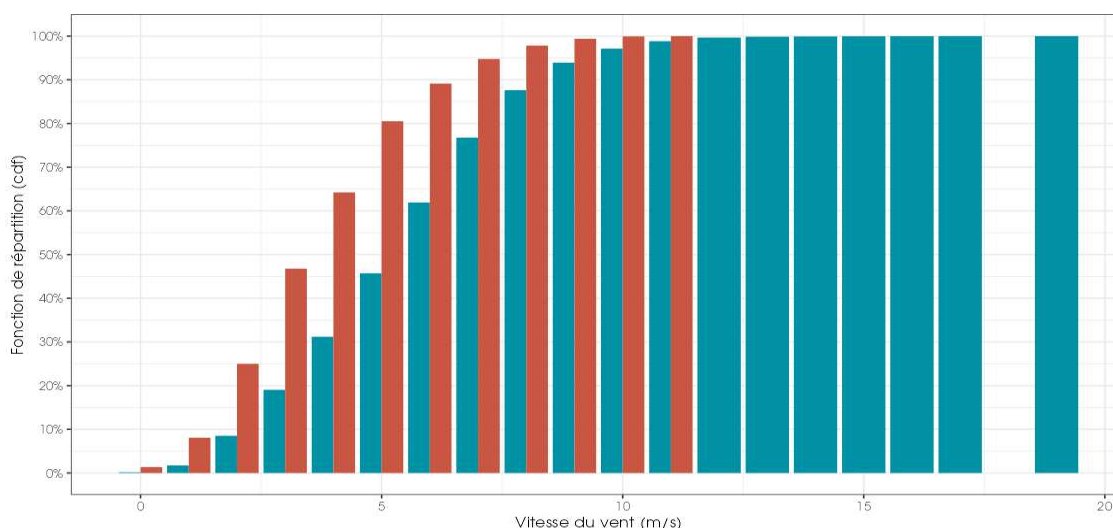


Figure 132 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).

4) Eolienne E11 en 2023 :

Au niveau de cette éolienne en 2023, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté la nuit toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de vent allant de 0 à 20 m/s. La moyenne des vents observée est de 6 m/s et la médiane est à 5,8 m/s. L'échantillonnage est significatif pour les vitesses de vent comprises entre 2 et 10 m/s. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

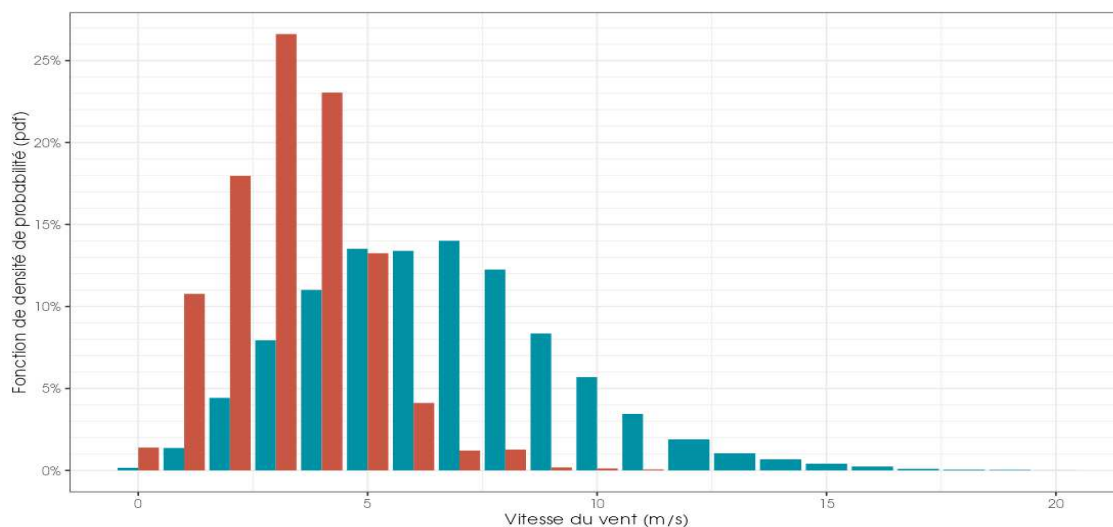


Figure 133 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023.

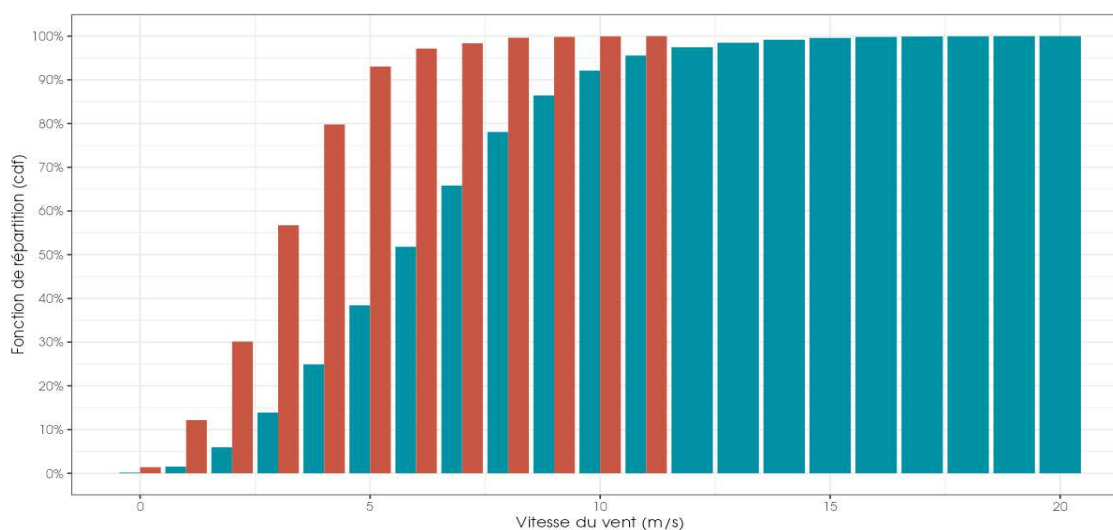


Figure 134 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).

Annexe X : Répartition des contacts en fonction de la température pour les années 2022 et 2023.

Les graphiques suivants présentent la répartition des contacts de chiroptères, toutes espèces confondues (= **conditions utilisées**), en fonction de la vitesse du vent enregistré sur les éoliennes E03 et E11 (= **conditions disponibles**) obtenue à hauteur de nacelle 98 m) et durant les 275 nuits de l'étude réalisé en 2024.

1) Eolienne E03 en 2022 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de 0,3 à 39,8°C, la médiane des températures observées est à 16,4°C.

L'échantillonnage est globalement significatif pour les températures supérieures à 8°C et inférieures à 26°C. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

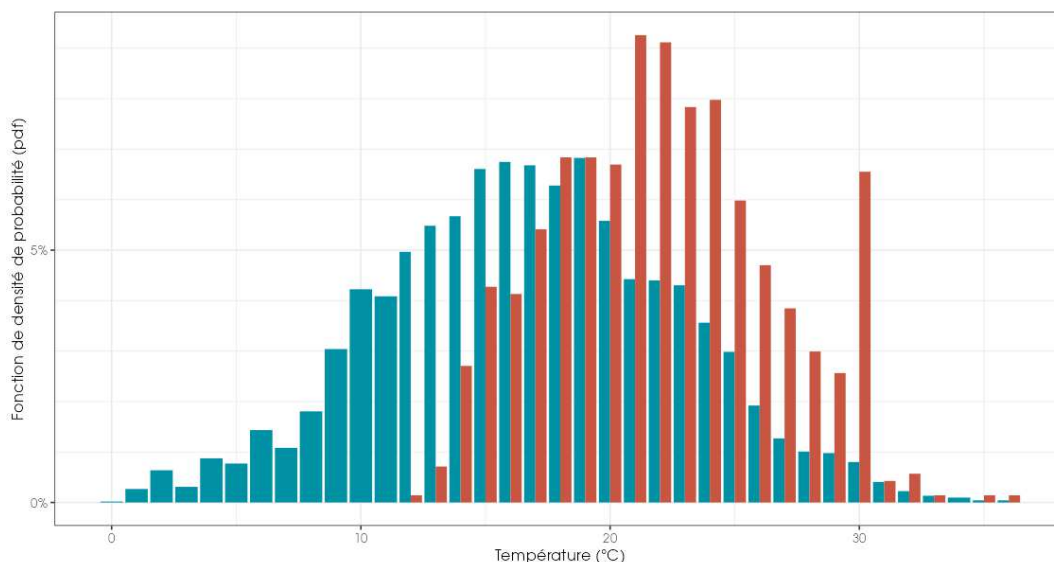


Figure 135 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2022.

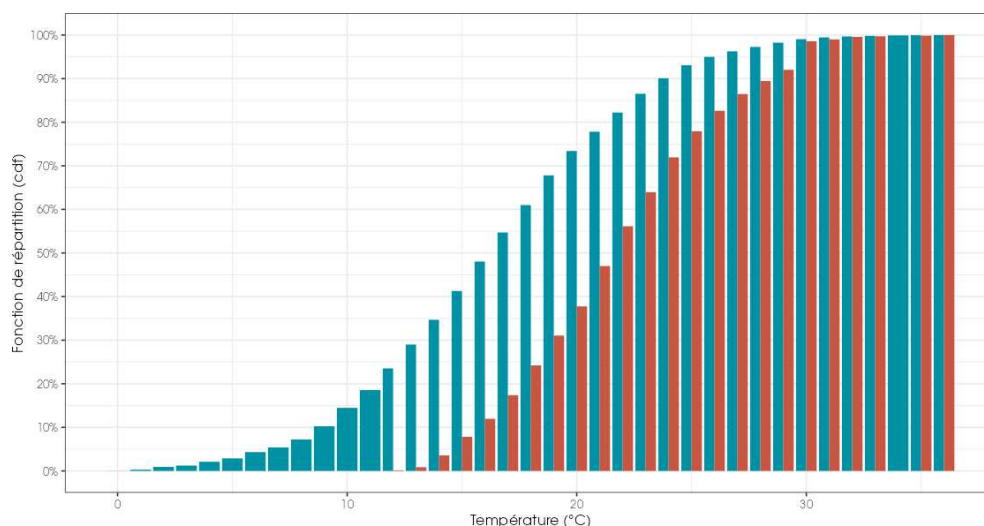


Figure 136 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).

2) Eolienne E03 en 2023

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de -1,7 à 38,6°C, la médiane des températures observées est à 16,8°C. L'échantillonnage est globalement significatif pour les températures supérieures à 6°C et inférieures à 25°C. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

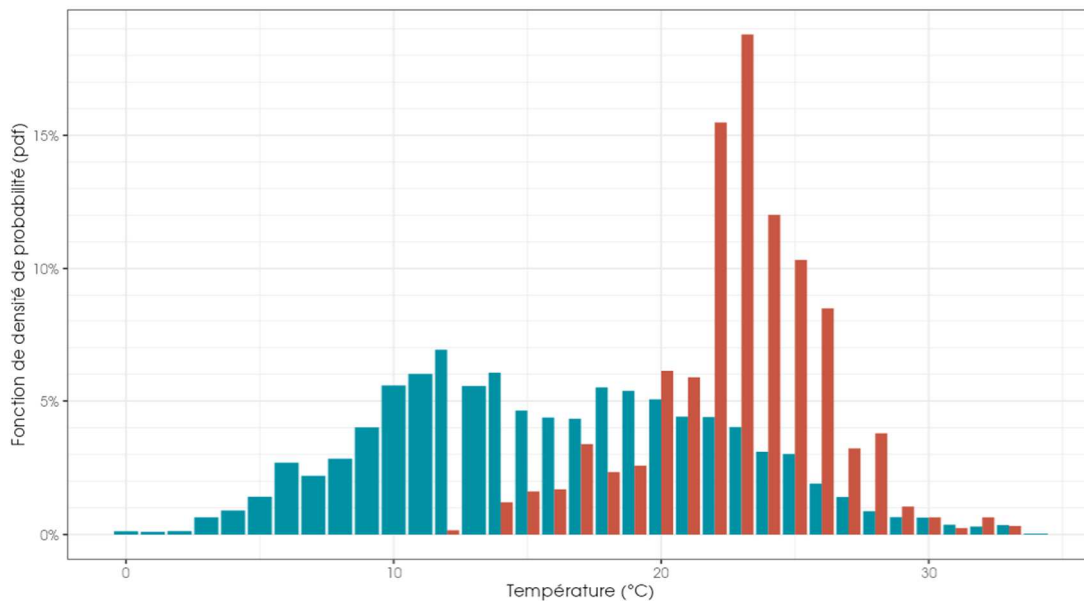


Figure 137 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023.

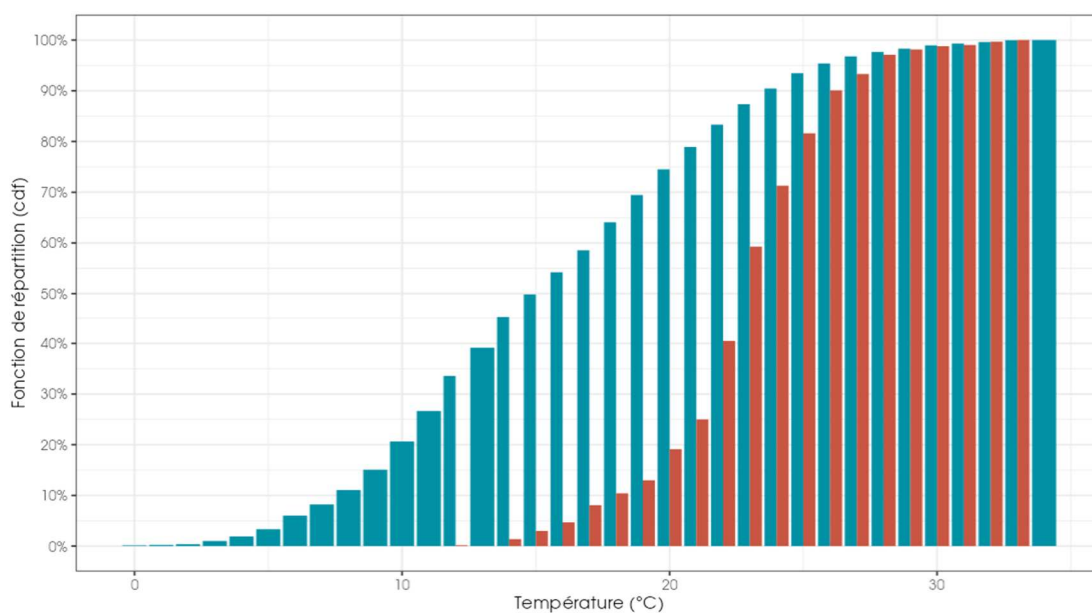


Figure 138 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).

3) Eolienne E11 en 2022 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de 0,2 à 40°C, avec une médiane à 17°C. L'échantillonnage est globalement significatif pour les températures supérieures à 8°C et inférieures à 24°C. Au-delà de ces bornes, les enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

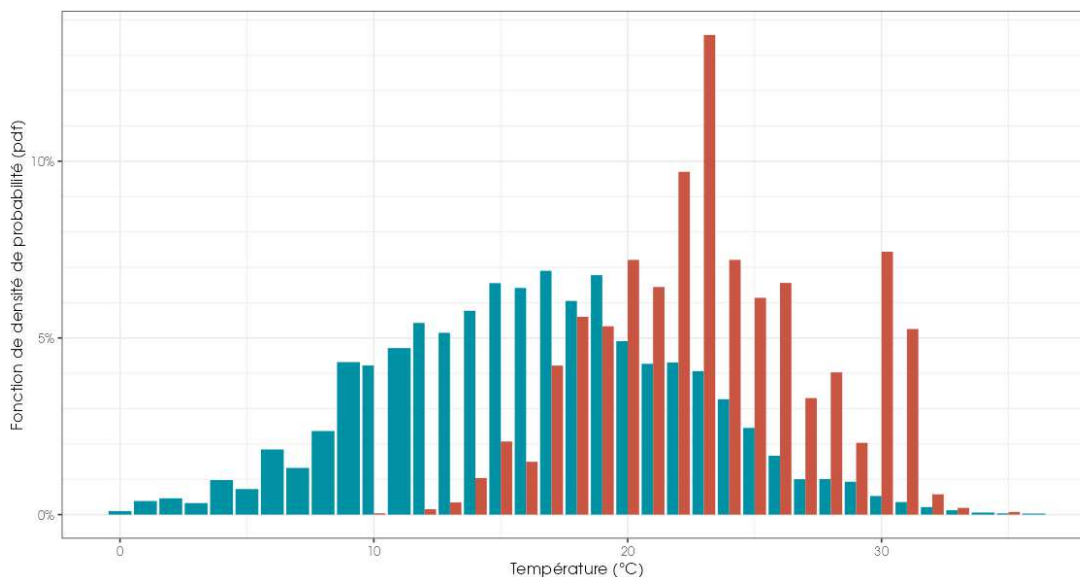


Figure 139 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.

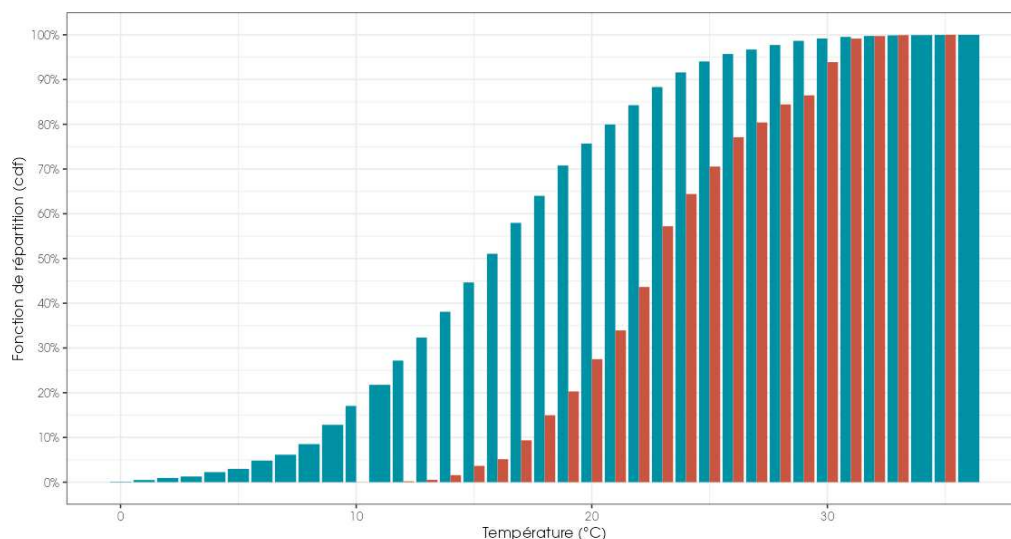


Figure 140 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).

4) Eolienne E11 en 2023 :

Au cours du suivi, les instruments de mesure installés sur la nacelle ont collecté toutes les 10 minutes des données correspondant à des plages moyennes de température allant de -2 à 39°C, avec une médiane à 16,4°C. L'échantillonnage est globalement significatif pour les températures supérieures à 6°C et inférieures à 26°C. Au-delà de ces bornes, les

enregistrements concernent moins de données, affaiblissant la fiabilité des analyses pour ces classes (marge d'erreur plus importante du fait du faible nombre d'échantillons).

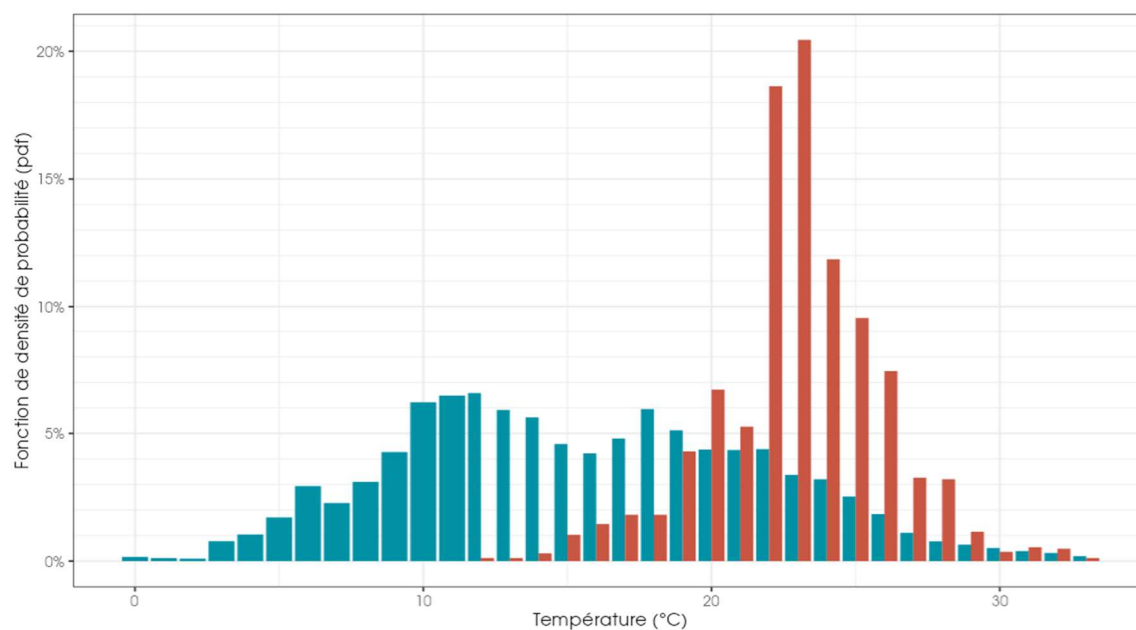


Figure 141 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023.

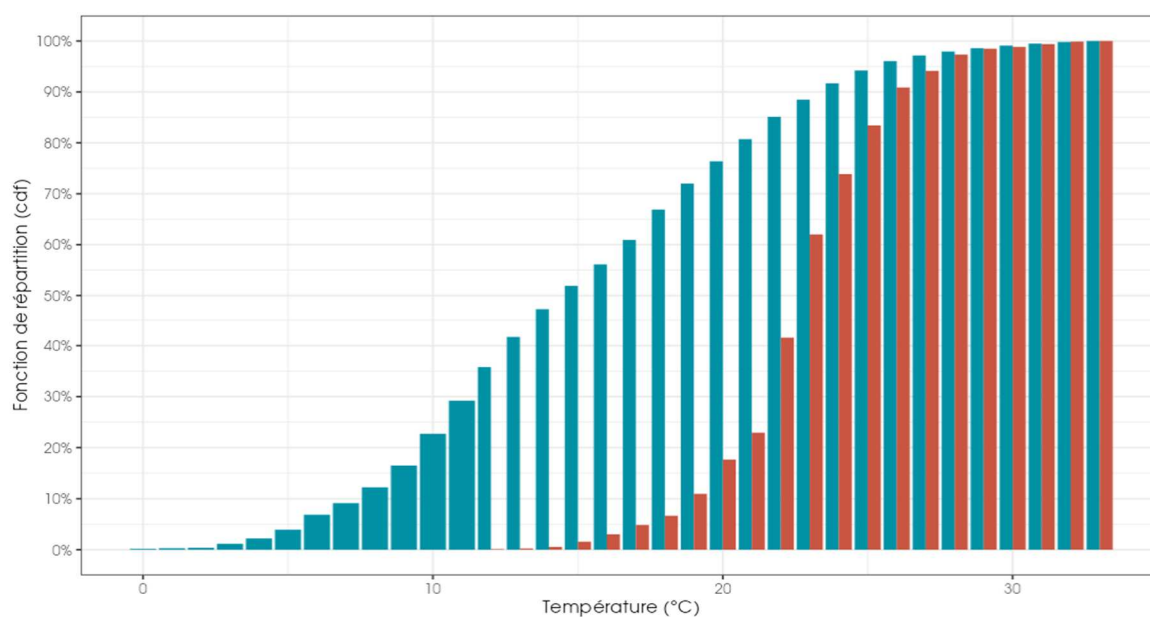


Figure 142 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).

5 Index des tableaux, cartes et figures

Index des tableaux

Tableau 1 : Historique des suivis ICPE réalisés sur le parc des Pierrots depuis sa mise en service (août 2021)	10
Tableau 2 : Paramétrage des enregistreurs en hauteur	16
Tableau 3 : Synthèse du nombre de nuits d'enregistrement exploitées par mois sur l'ensemble de la période pour chacune des éoliennes	17
Tableau 4 : Identification des espèces de chiroptères	20
Tableau 5 : Référentiel ActiChiro-Altitude utilisé pour le suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc des Pierrots	22
Tableau 6 : Prospections de terrain et informations météorologiques	27
Tableau 7 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 4 tests).	31
Tableau 8 : Équipe de travail	32
Tableau 9 : Statuts de protection et de conservation des espèces de chiroptères recensées en hauteur sur le parc des Pierrots en 2024.	34
Tableau 10 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E03	35
Tableau 11 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E11	36
Tableau 12 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période printanière	38
Tableau 13 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période de mise-bas	39
Tableau 14 : Synthèse de l'activité des chiroptères en altitude en période de migration automnale	40
Tableau 15 : Proportions des contacts obtenus en altitude en fonction de la durée après le coucher du soleil en 2024	62
Tableau 16 : Croisement des informations sur l'évaluation de l'activité en altitude issues des trois années de suivi.	63
Tableau 17 : Proportions des contacts obtenus en hauteur (98 m) en fonction de la vitesse du vent	67
Tableau 18 : Proportions des contacts obtenus au-dessus de la médiane en fonction de la température	73
Tableau 19 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürre (mis à jour le 16/07/2024 ; Dürre, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotopie (mis à jour en 08/2024) pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.	88
Tableau 20 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien des Pierrots	89
Tableau 21 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürre (mis à jour le 16/07/2024 ; Dürre, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotopie (mis à jour en 08/2024) pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.	90
Tableau 22 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc des Pierrots	91
Tableau 23 : Bilan de l'occupation du sol pour les onze 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 (54 passages).	93

Tableau 24 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 54 passages	100
Tableau 25 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des onze éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	102
Tableau 26 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (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.	102
Tableau 27 : Calcul de la proportion de surface prospectée par éolienne	104
Tableau 28 : Estimation de la détection médiane et des intervalles de confiance (95%) associées.	105
Tableau 29 : Estimation des persistances médianes et des intervalles de confiances associés (95%)	107
Tableau 30 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	109
Tableau 31 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc des Pierrots sur la période du suivi	110
Tableau 32 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc des Pierrots sur la période du suivi	111
Tableau 33 : Estimation de la mortalité totale (tout groupe confondu) sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	113
Tableau 34 : Estimation de la mortalité de l'avifaune sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	114
Tableau 35 : Estimation de la mortalité des chiroptères sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	115
Tableau 36 : Projection de la mortalité estimée par éolienne sur les quantiles de mortalité du référentiel mortalité Biotope	116
Tableau 37 : Evolution du coefficient correcteur surfacique entre 2022 et 2024 pour le parc des Pierrots	117
Tableau 38 : Comparaison des estimations de la persistance moyenne par année sur le parc des Pierrots	118
Tableau 39 : Résultats des estimations de la détections des cadavres pour chaque éolienne pour les 3 années de suivis.	119
Tableau 40 : Bilan des probabilités globales de détection par année et par éolienne en utilisant l'estimateur de Huso (2010).	119
Tableau 41 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des oiseaux au sein du parc des Pierrots entre 2022 et 2024	120
Tableau 42 : Mortalité brute et estimation de la mortalité la plus probable (et IC95%) des chiroptères au sein du parc des Pierrots entre 2022 et 2024	122
Tableau 43 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	125
Tableau 44 : Croisement des informations sur les espèces impactées lors des 3 années de suivis mortalités (2022, 2023 et 2024)	126
Tableau 45 : Croisement des informations sur l'estimation de la mortalité issues des trois années de suivis mortalité (2022, 2023 et 2024)	128
Tableau 46 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E03.	132
Tableau 47 : Nombre de contacts obtenus pour chaque espèce/groupe d'espèces à 98 m au niveau de l'éolienne E11.	132
Tableau 48 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	135
Tableau 49 : Bridage spécifique des éoliennes pour le parc des Pierrots pour 2024.	136
Tableau 50 : Simulation de couverture du bridage avec les paramètres utilisés en 2024.	137
Tableau 51 : Liste des oiseaux impactées lors des 3 années de suivis mortalités (2022, 2023 et 2024)	138
Tableau 52 : Bridage « cut-in-speed » mis en place sur le parc des Pierrots en 2024.	139

Tableau 53 : Bridage « cut-in-speed » pour le parc des Pierrots pour 2025.

140

Index des figures

Figure 1 : Eoliennes 1 à 11 du parc des Pierrots (de gauche à droite et de haut en bas) - ©. BIOTOPE	7
Figure 2 : Localisation des points d'écoute « Chiroptères » réalisés dans le cadre de l'étude d'impact.	9
Figure 3 : Carte des déplacements des Chiroptères définie dans l'étude d'impact.	9
Figure 4 : Localisation de l'implantation du microphone en nacelle. © Biotope.	16
Figure 5 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E03 du parc éolien des Pierrots en 2024.	18
Figure 6 : Courbe d'accumulation des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage du suivi en altitude au niveau de l'éolienne E11 du parc éolien des Pierrots en 2024.	18
Figure 7 : Illustration du processus de validation des enregistrements ultrasonores © Biotope	19
Figure 8 : Répartition spatiale des points-nuits pour le référentiel altitude	21
Figure 9 : Exemple de distribution des niveaux d'activité issue du référentiel dédié pour l'étude	25
Figure 10. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E03 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024	25
Figure 11. Schéma temporel de la température à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E03 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024	26
Figure 12. Schéma temporel de la vitesse du vent à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E11 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024	26
Figure 13. Schéma temporel de la température à 98 m sur l'ensemble du suivi mené depuis le l'éolienne E11 du parc des Pierrots, entre mars 2024 et novembre 2024	27
Figure 14 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	30
Figure 15 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2022	41
Figure 16 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022	42
Figure 17 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2023	42
Figure 18 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2023	43
Figure 19 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024	43
Figure 20 : Activité journalière moyenne par heure, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024	44
Figure 21 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2022	44
Figure 22 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 de mars à novembre 2022	45
Figure 23 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2023	45
Figure 24 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 de mars à novembre 2023	46
Figure 25 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03 de mars à novembre 2024	46

Figure 26 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, enregistré en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11 de mars à novembre 2024	47
Figure 27 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2022.	48
Figure 28 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022.	48
Figure 29 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2023.	49
Figure 30 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2023.	49
Figure 31 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024.	50
Figure 32 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les noctules et sérotines, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024.	50
Figure 33 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2022.	51
Figure 34 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2022.	52
Figure 35 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2023.	52
Figure 36 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2023.	53
Figure 37 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024.	54
Figure 38 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure nuit, pour les pipistrelles, sur l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024.	54
Figure 39 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2022.	55
Figure 40 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2022.	55
Figure 41 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2023.	56
Figure 42 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2023.	56
Figure 43 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2024.	56
Figure 44 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2024.	56
Figure 45 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2022.	57
Figure 46 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2022.	57
Figure 47 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2023.	57
Figure 48 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2023.	57
Figure 49 : Eolienne E03 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues en 2024.	58
Figure 50 : Eolienne E11 - Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues sur la période d'août à octobre 2024.	58

Figure 51 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E03 en 2022.	59
Figure 52 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 en 2022.	59
Figure 53 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E03 en 2023.	60
Figure 54 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 en 2023.	60
Figure 55 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E03 en 2024.	61
Figure 56 : Répartition des contacts par nuit et par tranche horaire, toutes espèces confondues, sur l'éolienne E11 en 2024.	61
Figure 57 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024	65
Figure 58 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024	65
Figure 59 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024	66
Figure 60 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de vitesse de vent (m/s) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024	66
Figure 61 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 en 2022	67
Figure 62 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 en 2022	68
Figure 63 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 en 2023	68
Figure 64 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 en 2023	69
Figure 65 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots en 2024	69
Figure 66 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de vitesse de vent nocturne sur le site, pour les contacts en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots en 2024	70
Figure 67 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024	71
Figure 68 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E03 du parc des Pierrots, en 2024	71
Figure 69 : Densité des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024	72
Figure 70 : Répartition des contacts de chauves-souris par classe de température nocturne température (°C) en hauteur (98 m) au niveau de l'éolienne E11 du parc des Pierrots, en 2024	72
Figure 71 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03, en 2022	73
Figure 72 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11, en 2022	74
Figure 73 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03, en 2023	74
Figure 74 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11, en 2023	75
Figure 75 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E03, en 2024	75

Figure 76 : Affinité des chiroptères pour les différentes classes de température nocturne sur le site, pour les contacts enregistrés en altitude (98 m) au niveau de l'éolienne E11, en 2024	76
Figure 77 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E03, en 2022.	77
Figure 78 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E03 en 2022. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	77
Figure 79 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2022.	77
Figure 80 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E11 en 2022. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	78
Figure 81 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E03, en 2023.	78
Figure 82 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E03 en 2023. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	78
Figure 83 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2023.	79
Figure 84 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E11 en 2023. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	79
Figure 85 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E03, en 2024.	80
Figure 86 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E03 en 2024. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	80
Figure 87 : Bilan des conditions météorologiques sélectionnées par les chauves-souris sur le site (2 variables : vitesse du vent et température) en altitude à 98 m au niveau de l'éolienne E11, en 2024.	81
Figure 88 : Météorologie enregistrée sur les capteurs, à gauche - Conditions météorologiques utilisées par les chauves-souris, à droite, pour l'éolienne E11 en 2024. L'enveloppe délimite une proportion de 90% des conditions	81
Figure 89 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien des Pierrots	84
Figure 90 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Pierrots	85
Figure 91 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	85
Figure 92 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc des Pierrots. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	86
Figure 93 : 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.	86
Figure 94 : 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).	92
Figure 95 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur les mois de mars à juillet	94
Figure 96 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur les mois d'août à septembre	95
Figure 97 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur les mois d'octobre à novembre	96
Figure 98 : Occupation du sol pour les 11 éoliennes du parc le 07 mars 2024 (2 ^{ème} passage en haut) et le 31 octobre 2024 (50 ^{ème} passage en bas).	98
Figure 99 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, en bas (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).	99
Figure 100 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation	101
Figure 101 : Courbe d'évolution des temps de persistance par éolienne (courbes de Kaplan-Meier)	106
Figure 102 : Estimation de la probabilité de détection (g) par unité retenue lors de la modélisation (Turbine et Visibilité)	108
Figure 103 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien des Pierrots au cours du suivi de 2024 sur 273 jours	111
Figure 104 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien des Pierrots au cours du suivi de 2024 sur 273 jours	112
Figure 105 : Densité de probabilité de la mortalité totale et par éolienne sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	113
Figure 106 : Densité de probabilité de la mortalité de l'avifaune sur le parc et par éolienne sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	114
Figure 107 : Densité de probabilité de la mortalité des chiroptères sur le parc et par éolienne sur le parc de Les Pierrots en 2024 (avec les intervalles de confiance à 95%)	115
Figure 108 : Projection de la mortalité estimée par turbine issue du parc des Pierrots sur la répartition empirique des estimations de mortalité du référentiel mortalité estimée de Biotope.	117
Figure 109 : Evolution de la mortalité estimée de l'avifaune selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les trois années de suivis.	121
Figure 110 : Evolution de la mortalité estimée des chiroptères selon les trois estimateurs entre chaque éolienne et les trois années de suivis.	122
Figure 111 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc des Pierrots en 2024	129
Figure 112 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité	129
Figure 113 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E11 sur la période de réalisation du suivi mortalité	130
Figure 114 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E03 des Pierrots sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.	130
Figure 115 : Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, toutes espèces confondues, en altitude sur l'éolienne E11 des Pierrots sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2024.	131
Figure 116 : Eolienne E03 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.	133
Figure 117 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.	134
Figure 118 : Eolienne E03 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour les Noctules et Sérotines en 2024.	134
Figure 119 : Eolienne E11 - Nombre moyen de minutes positives mensuelles par heure de nuit, pour la Pipistrelle commune et le groupe Pipistrelle de Kuhl / P. de Nathusius en 2024.	135
Figure 120 : Phénologie de découverte des cadavres d'oiseaux à l'échelle du parc des Pierrots en 2024	138
Figure 121 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts sur le parc des Pierrots - © BIOTOPE	150
Figure 122 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	151
Figure 123 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	151
Figure 124 : Répartition des données du référentiel selon les années	156
Figure 125 : Méthodologie simplifiée pour l'obtention des référentiels mortalités brute et corrigée	157
Figure 126 : Méthodologie détaillée de la modélisation du référentiel mortalité corrigée	158

Figure 127 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots 2 en 2022.	159
Figure 128 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).	160
Figure 129 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023.	160
Figure 130 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).	160
Figure 131 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	161
Figure 132 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).	161
Figure 133 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023.	162
Figure 134 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction du vent (m/s) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).	162
Figure 135 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2022.	163
Figure 136 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).	164
Figure 137 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023.	164
Figure 138 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E03 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).	165
Figure 139 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022.	165
Figure 140 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2022 (pourcentage d'observation cumulée).	165
Figure 141 : Densité des observations de chauves-souris par classe de valeur de température (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023.	166
Figure 142 : Répartition des observations de contacts de chauves-souris, en fonction des températures (°C) sur l'éolienne E11 des Pierrots en 2023 (pourcentage d'observation cumulée).	166

Index des cartes

Carte 1 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien des Pierrots	6
Carte 2 : Localisation des éoliennes équipées d'un dispositif de suivi de l'activité des chauves-souris sur le parc éolien des Pierrots	15



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

