

RAPPORT DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL POST-IMPLANTATION

SUIVI ENVIRONNEMENTAL 2024 PARC EOLIEN DE SAINT-MORAND ILLE-ET-VILAINE (35), BRETAGNE

Référence du document : Rapport_Enviro_2024_SOL_Saint-Morand_Energiequelle_2025.05.19



 energiequelle
ENERGIE D'AVENIR.

Client : Energiequelle SAS
+33 02 99 36 65 43
jleon@energiequelle.fr

Préambule : Ce rapport est la propriété de Sens Of Life jusqu'à validation finale des deux parties. Toute information contenue dans ce document ne peut être transmise à des tiers sans autorisation écrite de Sens Of Life.

Rédaction
Tristan BOURHIS
Chargé(e) d'études naturalistes
tristan.bourhis@sensoflife.com

Validation
Caroline COSNARD
Directrice Inter-Agences
+33 (0)7 69 18 46 56
caroline.cosnard@sensoflife.com

Approbation
Caroline COSNARD
Directrice Inter-Agences
+33 (0)7 69 18 46 56
caroline.cosnard@sensoflife.com

Version	Date	Rédaction	Approbation	Commentaires
V1	28/04/2025	Tristan Bourhis	Caroline Cosnard	Rédaction initiale du rapport
V2	29/04/2025	Tristan Bourhis	Caroline Cosnard	Intégration des commentaires SOL
V3	05/05/2025	Tristan Bourhis	Caroline Cosnard	Intégration des commentaires client
V4	19/05/2025	Tristan Bourhis	Caroline Cosnard	Intégration des commentaires client

SOMMAIRE

1 Cadre général de l'étude.....	6
1.1 Contexte réglementaire applicable aux parcs éoliens.....	6
1.2 Caractéristiques du parc éolien	6
1.3 Photographies du parc étudié	8
2 Rappel des enjeux identifiés sur le site	10
2.1 Zonages d'inventaires et réglementaires	10
2.2 Etude d'impact initiale réalisée en 2017	10
2.3 Suivi environnemental post-implantation réalisé en 2023.....	11
3 Suivi de la mortalité au sol.....	13
3.1 Protocole.....	13
3.2 Mortalité brute constatée au pied des éoliennes	14
3.3 Occupation du sol et surface prospectée	18
3.4 Test du biais de prédition	25
3.5 Test du biais de détection.....	29
3.6 Estimation de la mortalité réelle	30
3.7 Vulnérabilité des espèces retrouvées.....	32
4 Suivi de l'activité acoustique des chiroptères	34
4.1 Matériel et méthodes	34
4.2 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique	37
4.3 Patrimonialité des espèces de chiroptères.....	51
5 Discussion	54
5.1 Synthèse du suivi de la mortalité aviaire	54
5.2 Synthèse du suivi acoustique et de la mortalité des chiroptères.....	54
6 Conclusion et préconisations pour la suite de l'exploitation du parc.....	57
7 Annexes	58
7.1 Fiches d'identification des cadavres retrouvés sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	58
7.2 Détail du calcul de la note de risque (vulnérabilité) des espèces d'oiseaux recensées sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	61
7.3 Détail du calcul de la note de risque (vulnérabilité) des espèces de chiroptères recensées sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	61
7.4 Valeurs d'activités des espèces de chiroptères en nacelles des éoliennes E2 et E4	62
7.5 Sensibilité des oiseaux à l'éolien	64
7.6 Sensibilité des chiroptères à l'éolien	70
7.7 Bibliographie	77

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Carte 1 : Implantation du parc éolien de Saint-Morand (35).....	7
Carte 2 : Zones naturelles d'intérêt recensées dans un rayon de 20 kilomètres autour du parc éolien de Saint-Morand (35)	12
Carte 3 : Localisation des cadavres trouvés sous les éoliennes du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	15
Carte 4 : Surfaces théoriques prospectables au maximum et assolements, sous les quatre éoliennes du parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	20
Carte 5 : Emplacement des leurres utilisés pour le premier test de prédatation effectué le 05/06/24 sur E1 et le 28/08/24 sur E3 et E4 sur le parc éolien de Saint-Morand dans le cadre du suivi environnemental en 2024.....	27
Carte 6 : Emplacement des leurres utilisés pour le second test de prédatation effectué le 09/10/2024 sur le parc éolien de Saint-Morand dans le cadre du suivi environnemental en 2024	28
Carte 7 : Carte de répartition et de migration de la Pipistrelle de Natusius (Kurvits et al., 2011)	72
 Figure 1 : Éoliennes E1 (premier plan) et E2 (arrière-plan) du parc éolien de Saint-Morand.....	8
Figure 2 : Éoliennes E4 (premier plan) et E3 (arrière-plan) du parc éolien de Saint-Morand.....	9
Figure 3 : Éolienne E2 et boisement se trouvant à proximité (premier plan et éolienne E1 (arrière-plan) du parc éolien de Saint-Morand.....	9
Figure 4 : Représentation du trajet de prospection réalisé pour la recherche de cadavres sous une éolienne.	13
Figure 5 : Comparaison de la dentition pour identification de la Noctule de Leisler.....	14
Figure 6 : Statut de conservation national des cadavres d'oiseaux retrouvés lors du suivi de la mortalité effectué en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand	14
Figure 7 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E1 du parc éolien de Saint-Morand en mars (à gauche), juin (au centre) et septembre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024.....	21
Figure 8 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand en mars (à gauche), juillet (au centre) et octobre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024.....	22
Figure 9 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E3 du parc éolien de Saint-Morand en juin (à gauche), août (au centre) et octobre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024	23
Figure 10 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand en mai (à gauche), août (au centre) et octobre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024.....	24
Figure 11 : Photographie d'un poussin utilisé dans le cadre des tests de prédatation des oiseaux en 2024.....	25
Figure 12 : Photographie d'une souris utilisée dans le cadre des tests de prédatation des chiroptères en 2024	25
Figure 13 : Différences de visibilité des chiroptères selon les surfaces prospectées	29
Figure 14 : Leurre de chauve-souris utilisé dans le cadre des tests de détection en 2024.....	29
Figure 15 : Leurre d'oiseau utilisé dans le cadre des tests de détection en 2024.	29
Figure 16 : Faucon crécerelle (©Sens Of Life).....	33
Figure 17 : Etourneau sansonnet (Domaine public CCO).....	33
Figure 18 : Gallinule poule-d'eau (Domaine public CCO).....	33
Figure 19 : Exemple de fichier son collecté sur le système d'enregistrement TrackBat.....	34
Figure 20 : Boîtier TrackBat (à gauche) et microphone déporté (à droite), mobilisés pour les études en altitude en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand	34
Figure 21 : Représentation des volumes de détection en fonction des groupes d'espèces	35
Figure 22 : Distance de détection des espèces de chauves-souris en fonction de leur fréquence d'émission	36
Figure 23 : Cycle biologique des chiroptères, LPO Touraine.....	36
Figure 24 : Roitelet à triple bandeau.....	67
Figure 25 : Différentes méthodes de mise en évidence des éoliennes pour augmenter leur visibilité par les oiseaux	68
Figure 26 : Aigle royal.....	69
Figure 27 : Stratégie de franchissement d'un parc éolien sur le littoral audois (source : LPO Aude, 2001).....	70
Figure 28 : Description du phénomène de barotraumatisme.....	71

Figure 29 : Pipistrelle commune. CCO domaine public.....	71
Figure 30 : Sonogramme de cris émis par une Pipistrelle commune	72
Figure 31 : Pipistrelle de Natusius. CCO domaine public.	72
Figure 32 : Sonogramme des cris de Pipistrelle de Natusius/Kuhl	73
Figure 33 : Pipistrelle de Kuhl. CCO domaine public.	73
Figure 34 : Noctule commune. CCO domaine public.	73
Figure 35 : Sonogramme de cris émis par une Noctule commune.....	74
Figure 36 : Noctule de Leisler. CCO domaine public.	74
Figure 37 : Sonogramme de cris émis par une Noctule de Leisler.....	74
Figure 38 : Sérotine commune. CCO domaine public.	74
Figure 39 : Sonogramme de cris émis par une Sérotine commune.....	75
 Graphique 1 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de l'éolienne.	16
Graphique 2 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de la distance au mât de l'éolienne la plus proche.	16
Graphique 3 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de leur orientation par rapport au mât le plus proche.	16
Graphique 4 : Répartition des cadavres en fonction de l'assolement et de sa hauteur, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.	17
Graphique 5 : Répartition des cadavres en fonction de la distance des mâts aux éléments boisés les plus proches, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.	17
Graphique 6 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de la date.	17
Graphique 7 : Conditions météorologiques caractérisant les mortalités constatées en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand	18
Graphique 8 : Surface moyenne prospectée sous chaque éolienne du parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.....	18
Graphique 9 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	37
Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand en 2024.	38
Graphique 11 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand.	39
Graphique 12 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand.	40
Graphique 13 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent ($m.s^{-1}$), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	41
Graphique 14 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024	41
Graphique 15 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc de Saint-Morand en 2024	41
Graphique 16 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^{\circ}C$), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	42
Graphique 17 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024	42
Graphique 18 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024	42
Graphique 19 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	44
Graphique 20 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand en 2024.	45

Graphique 21 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand.....	46
Graphique 22 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand.....	48
Graphique 23 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent ($m.s^{-1}$), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	49
Graphique 24 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	49
Graphique 25 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc de Saint-Morand en 2024.....	49
Graphique 26 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^{\circ}C$), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.....	50
Graphique 27 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024	50
Graphique 28 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	50
Graphique 29 : Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes en France et leur statut de conservation (Dürr, 2023)	67
Graphique 30 : Corrélation entre le nombre de rapaces avec un comportement à risque et la mortalité, pendant 3 ans sur 13 parcs éoliens au nord de l'Espagne (Lekuona & Ursua, 2006).....	67

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des éoliennes de Saint-Morand.....	6
Tableau 2 : Caractéristiques du parc éolien de Saint-Morand.....	8
Tableau 3 : Conditions météorologiques observées lors des suivis de mortalité sur le parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.	13
Tableau 4 : Liste des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalité effectués en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand.....	14
Tableau 5 : Caractéristiques météorologiques des trois jours précédant les mortalités d'oiseaux constatées sur le parc de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.	18
Tableau 6 : Couvert végétal et surface prospectée pour chaque éolienne du parc éolien de Saint-Morand en 2024.	19
Tableau 7 : Évaluation du biais de prédation des oiseaux sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	26
Tableau 8 : Évaluation du biais de prédation des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.	26
Tableau 9 : Évaluation du taux de détection des cadavres de chiroptères sous chaque éolienne du parc éolien Saint-Morand en 2024.	30
Tableau 10 : Évaluation du taux de détection des cadavres d'oiseaux sous chaque éolienne du parc éolien Saint-Morand en 2024.	30
Tableau 11 : Synthèse des variables utilisées dans les différentes formules de calcul de la mortalité estimée, et leur valeur lors du suivi environnemental du parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	30
Tableau 12 : Mortalité réelle estimée des chiroptères, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	31
Tableau 13 : Mortalité réelle estimée des oiseaux, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	32
Tableau 14 : Calcul de la note de risque d'une espèce à l'éolien, en fonction de sa sensibilité et de son statut de conservation à l'échelle nationale.....	32
Tableau 15 : Vulnérabilité de chaque espèce retrouvée lors des suivis de mortalité au sol effectués sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.....	33
Tableau 16 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores.	35
Tableau 17 : Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes, M. Barataud, 2020.....	36

Tableau 18 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.	37
Tableau 19 : Activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le parc de Saint-Morand en 2024.	39
Tableau 20 : Activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc de Saint-Morand en 2024.	39
Tableau 21 : Activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le parc de Saint-Morand en 2024.	39
Tableau 22 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^{\circ}C$) et de la vitesse du vent ($m.s^{-1}$) combinées en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.	43
Tableau 23 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.	44
Tableau 24 : Activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le parc de Saint-Morand en 2024.	46
Tableau 25 : Activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc de Saint-Morand en 2024.	46
Tableau 26 : Activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le parc de Saint-Morand en 2024.	46
Tableau 27 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^{\circ}C$) et de la vitesse du vent ($m.s^{-1}$) combinées en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.	51
Tableau 28 : Synthèse des valeurs patrimoniales (statuts de protection et de conservation) de chaque espèce de chiroptère recensée sur le parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.	51
Tableau 29 : Données d'activité cumulée de la Pipistrelle commune sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024	52
Tableau 30 : Données d'activité cumulée de la Pipistrelle de Nathusius sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024	52
Tableau 31 : Données d'activité cumulée de la Pipistrelle de Kuhl sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024	52
Tableau 32 : Données d'activité cumulée de la Noctule commune sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024	52
Tableau 33 : Données d'activité cumulée de la Noctule de Leisler sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024	52
Tableau 34 : Données d'activité cumulée de la Sérotine commune sur les éoliennes E2 et E4 (absente) de Saint-Morand en 2024	52
Tableau 35 : Comparaison des oiseaux recensés sur le parc éolien de Saint-Morand lors de l'étude d'impact en 2017 et lors des suivis de la mortalité en 2023 et 2024.	54
Tableau 36 : Comparaison du cortège d'espèces de chiroptères en nacelle des éoliennes du parc éolien de Saint-Morand en 2018 (E1/E2), en 2020 (E1/E3) et 2024 (E1/E3) avec les suivis de la mortalité au sol correspondants.	56
Tableau 37 : Aide décisionnelle sur les préconisations de mesures de réduction et/ou de compensation selon les impacts globaux et spécifiques établis pour le parc éolien de Saint-Morand.	57
Tableau 38 : Détail du calcul de la note de risque des oiseaux observés sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024	61
Tableau 39 : Détail du calcul de la note de risque des chiroptères observés sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024	61
Tableau 40 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024.....	62
Tableau 41 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024.....	62
Tableau 42 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024.....	62
Tableau 43 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024.....	62
Tableau 44 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024.....	62
Tableau 45 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024.....	62
Tableau 46 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024	62
Tableau 47 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024	62
Tableau 48 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024	63
Tableau 49 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024	63
Tableau 50 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024	63
Tableau 51 : Comparaison indicative des différentes causes de mortalité anthropique de l'avifaune en France (en haut, LPO, AMBE - 2010) et aux Etats-Unis (en bas, Erickson et al., 2005)	64

Tableau 52 : Récapitulatif des données de mortalité des oiseaux, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023)	66
Tableau 53 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023).....	75
Tableau 54 : Vulnérabilité à l'éolien par espèce (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016)	75

1 CADRE GENERAL DE L'ETUDE

Les parcs éoliens peuvent avoir une incidence sur certaines espèces protégées, dont certains oiseaux et les chiroptères. Les impacts potentiels peuvent être classés en trois catégories :

- Une mortalité directe, accidentelle :
 - o Par collision avec les pales en mouvement,
 - o Par barotraumatisme à proximité de l'extrados des pales en mouvement,
 - o De manière plus anecdotique par collision contre le mât.
- Une perte d'habitat, temporaire en phase travaux ou permanente après construction, liée à la destruction d'espace de vie, de chasse ou de reproduction ;
- Un effet épouvantail, à nouveau temporaire et/ou permanent lié aux bruits, aux vibrations, à l'éclairage par exemple, perturbant les animaux résidents ou présentant un effet barrière aux migrateurs. Ces dérangements peuvent aussi bien éloigner les animaux (bruit, phobie des structures verticales et autres) que les attirer (chaleur des machines attirant les insectes, proies des chauves-souris par exemple).

Ces impacts peuvent être très faibles à critiques suivant les configurations des parcs éoliens. Ils dépendent du site, de son utilisation par les chauves-souris et les oiseaux et de la sensibilité des espèces présentes. Ils dépendent également du type d'éoliennes, de leur organisation, de leur fonctionnement, de la configuration du parc éolien, de son environnement et des conditions météorologiques. Les exploitants de parcs doivent donc s'assurer que la construction et l'exploitation de chaque parc ne dégradent pas l'état de conservation des espèces et des habitats.

1.1 Contexte réglementaire applicable aux parcs éoliens

Selon l'arrêté ICPE du 26 août 2011 modifié par arrêté du 10 décembre 2021, relatifs aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, l'exploitant d'une installation soumise à autorisation ou bien à déclaration¹ au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, doit réaliser un suivi environnemental dans les 12 mois qui suivent la mise en service du parc éolien puis une fois tous les dix ans.

L'article 12 de cet arrêté stipule que :

- « *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.*

Ce rapport présente le suivi environnemental réalisé par Sens Of Life en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand, soit la seconde année suivant la mise en service du parc éolien. Il inclut les résultats des inventaires sur le terrain, ainsi que les impacts et les mesures à adopter sur ce parc, au besoin, pour réduire l'incidence sur les oiseaux et les chauves-souris.

1.2 Caractéristiques du parc éolien

Energiequelle SAS est l'exploitant technique du parc éolien de Saint-Morand, composé de quatre éoliennes.

Le parc éolien de Saint-Morand est situé sur les communes d'Éancé (35640) et de Martigné-Ferchaud (35640) dans le département de l'Ille-et-Vilaine, en région Bretagne. Le parc est composé de quatre éoliennes Enercon E103 d'une puissance unitaire de 2,35 MW. Ces éoliennes sont équipées d'un rotor de 103 mètres de diamètre et d'une tour de 108,4 mètres de hauteur, le bas de pale est donc à 56,9 mètres de hauteur. Le Tableau 1 indique les caractéristiques techniques des éoliennes du parc éolien de Saint-Morand et la Carte 1 l'emplacement géographique de celles-ci.

Eolienne	Hauteur de mât	Hauteur en bout de pale	Diamètre du rotor	Hauteur de garde
E1	108,4 m	159,9 m	103 m	56,9 m
E2	108,4 m	159,9 m	103 m	56,9 m
E3	108,4 m	159,9 m	103 m	56,9 m
E4	108,4 m	159,9 m	103 m	56,9 m

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des éoliennes de Saint-Morand.

Le parc éolien de Saint-Morand est implanté sur une plaine dont l'aire d'étude immédiate culmine à 96 mètres d'altitude. Le paysage bocager est dominé par des parcelles agricoles exploitées de manière intensive, dont les cultures sont principalement des poacées (blé, orge, maïs) ou des prairies de pâtures. Une mare se trouve à 210 mètres en bout de pales au nord de l'éolienne E2 identifiée lors de l'étude d'impact, toujours présente et en eaux en 2024.

¹ Point 3.7 de l'annexe I de l'arrêté du 26 août 2011 et article 9 de l'arrêté du 22 juin 2020.

Approche scalaire du site d'implantation Parc éolien de Saint-Morand Ille-et-Vilaine (35), Bretagne



Carte 1 : Implantation du parc éolien de Saint-Morand (35).

Les informations générales relatives au parc sont présentées ci-dessous.

Nom du parc éolien	Saint-Morand
Exploitant	Energiequelle SAS
Région	Bretagne
Département	Ille-et-Vilaine
Commune(s)	Éancé (35640), Martigné-Ferchaud (35640)
Date de mise en service	Mars 2023
Nombre et modèle d'éoliennes	4 éoliennes Enercon E103
Date de réalisation de l'état initial pré-implantation	2017
Précédents suivis environnementaux	Premier suivi environnemental post-implantation par AEPE Gingko en 2023 et Sens Of Life pour le suivi d'activité chiroptérologique en altitude
Mesures environnementales en place (réduction ou compensation)	Sur toutes les éoliennes, bridage nocturne en faveur des chiroptères entre 30 min avant le coucher du soleil et 30 min après le lever du soleil : <ul style="list-style-type: none"> • Bridage dynamique ProBat du 12/06/2024 au 31/10/2024 ; • Bridage sur seuils selon les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - Du 15/03/2024 au 12/06/2024, - Pour des vents inférieurs à 7m.s^{-1}, - Pour des températures supérieures à 10°C. • Bridage sur seuils selon les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - Du 12/06/2024 au 31/10/2024, - Pour des vents inférieurs à 5 m.s^{-1}, - Pour des températures supérieures à 10°C.
Objet du suivi réalisé en 2024	Suivi de la 2 ^{ème} année d'exploitation du parc
Nature du suivi réalisé en 2024	Suivi acoustique des chiroptères en nacelle Suivi de mortalité
Protocole de référence	Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres 2018, approuvé par le Ministère
Information complémentaire	...

Tableau 2 : Caractéristiques du parc éolien de Saint-Morand.

1.3 Photographies du parc étudié



Figure 1 : Éoliennes E1 (premier plan) et E2 (arrière-plan) du parc éolien de Saint-Morand



Figure 2 : Éoliennes E4 (premier plan) et E3 (arrière-plan) du parc éolien de Saint-Morand



Figure 3 : Éolienne E2 et boisement se trouvant à proximité (premier plan et éolienne E1 (arrière-plan) du parc éolien de Saint-Morand

2 RAPPEL DES ENJEUX IDENTIFIES SUR LE SITE

L'objectif de cette partie est de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact réalisée par le bureau d'étude AEPE Gingko en 2017 et lors de la première année de suivi post-implantation par AEPE Gingko et Sens Of Life en 2023, afin de les comparer avec les résultats de ce suivi post-implantation en 2024.

2.1 Zonages d'inventaires et réglementaires

Dans l'aire d'étude rapprochée (6 km autour du parc éolien), 6 zones naturelles d'intérêt ont été recensées :

- 4 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type I (ZNIEFF I),
- 2 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type II (ZNIEFF II).

Dans l'aire d'étude éloignée (20 km autour du parc éolien), 28 autres zones naturelles d'intérêt ont été recensées :

- 21 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type I (ZNIEFF I),
- 7 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type II (ZNIEFF II).

La Carte 2 permet de visualiser ces zones naturelles par rapport au parc éolien de Saint-Morand

Aucune zone Natura 2000 n'est identifiée dans l'aire d'étude rapprochée ou l'aire d'étude éloignée.

2.2 Etude d'impact initiale réalisée en 2017

2.2.1 Flore et habitats

La zone d'implantation était caractérisée par de grandes zones de « cultures avec marges de végétation spontanée » avec pour culture le blé, l'orge, le maïs ou le colza, la flore y était donc peu diversifiée. Une peupleraie se trouvait à proximité immédiate de l'éolienne E2, comprenant une zone humide ne présentant pas « d'enjeux écologiques mais seulement hydrauliques ». Les autres habitats présents correspondaient à des haies à fruticées et des alignements d'arbres. De façon générale, les habitats inventoriés sur zone étaient communs et ne présentaient pas d'enjeu et/ou de correspondance Natura 2000.

Concernant la flore, les enjeux étaient « très limités », aucune espèce protégée n'ayant été identifiée sur zone. Deux espèces inscrites sur la liste rouge régionale, classées « En Danger » pour la **Renoncule des champs** et « Quasi-menacée » pour le **Bleuet**, considérées respectivement assez rare et rare en Ille-et-Vilaine, avaient été recensées sur le site d'étude. Les zones d'observation ces deux espèces représentaient les seules zones à enjeux modérés de l'ensemble du périmètre d'inventaire.

2.2.2 Avifaune

AEGE Gingko avait pris en charge l'étude de l'avifaune lors de neuf passages entre septembre 2014 et juin 2015. Au total, 46 espèces d'oiseaux avaient été répertoriées, représentant une faible diversité spécifique. Trente-deux de ces espèces étaient protégées au niveau national.

Au niveau de l'avifaune nicheuse, le **Bruant jaune**, la **Linotte mélodieuse** et le **Verdier d'Europe** présentaient une forte valeur patrimoniale, étant tous classés nicheurs « Vulnérables » (VU) à l'échelle nationale. Le **Faucon crécerelle**, la **Fauvette des jardins**, l'**Hirondelle rustique**, le **Martinet noir** et le **Tarier pâtre** présentaient également une valeur patrimoniale, classés « Quasi-menacés » (NT) à l'échelle nationale.

L'**Oie cendrée** et le **Grand Cormoran** étaient considérés comme migrateurs sur zone.

Deux autres espèces, classées nicheuses « Vulnérables », que sont le **Pipit farlouse** et le **Vanneau huppé** avaient également été inventoriées, mais seulement en période d'hivernage.

Ainsi, seules les zones favorables à la nidification du **Bruant jaune**, classé « Vulnérable » à l'échelle nationale et « Quasi-menacé » à l'échelle régionale, présentaient un enjeu modéré.

2.2.3 Chiroptères

En 2015, huit espèces de chiroptères avaient été répertoriées au sol : la **Barbastelle d'Europe**, le **Murin à oreilles échancrées**, le **Murin de Bechstein**, le groupe des **Oreillard**s, la **Pipistrelle commune** (espèce la plus fréquemment contactée), la **Pipistrelle de Kuhl**, la **Pipistrelle de Nathusius** et la **Sérotine commune**. Le groupe indifférencié **Pipistrelle de Kuhl/Nathusius** avait également été comptabilisé.

Les zones à proximité de haies et de boisements, en particulier à proximité de la peupleraie, avaient montré les plus fortes activités, à l'inverse des inventaires en milieu ouvert, au sein des cultures, où l'activité y était très faible.

Aucune écoute en altitude n'avait été réalisée.

2.2.4 Entomofaune

L'inventaire de l'entomofaune avait permis de répertorier trente-trois espèces dont une seule protégée, au niveau national et européen, le **Grand Capricorne**, dont des trous d'émergence avaient été relevés sur plusieurs arbres, cependant aucun individu n'avait pu être observé. Parmi ces trente-trois espèces, neuf appartenaient au groupe des Odonates, dix-sept aux Lépidoptères et deux aux Orthoptères. Toutes ces espèces étaient communes et présentaient un enjeu faible.

2.2.5 Herpétofaune

Au sein de la zone d'étude, une seule espèce d'amphibien avait été observée, appartenant au « complexe des **Grenouilles vertes** ». Plusieurs individus avaient été observés au niveau de la peupleraie et entendus au niveau de l'étang se trouvant au nord de l'éolienne E2, au lieu-dit « la Métairie neuve », habitat favorable à leur reproduction.

Une seule espèce de reptiles avait été recensée : le **Lézard des murailles**. Cette espèce très commune était considérée comme présente sur l'ensemble de la zone.

2.2.6 Mammifères terrestres

Quatre espèces de mammifères avaient été recensées sur la zone d'étude : le **Chevreuil d'Europe**, le **Lièvre d'Europe**, la **Fouine** et le **Hérisson d'Europe**.

2.3 Suivi environnemental post-implantation réalisé en 2023

2.3.1 Suivi acoustique des chiroptères (Sens Of Life)

Le suivi acoustique des chiroptères avait été effectué grâce à un enregistreur ultrasonore TrackBat mis en place de mi-mars à fin octobre 2023 en nacelle des éoliennes E2 et E4. Cependant à la suite d'un défaut d'archivage des données, seules celles du TrackBat situé sur l'éolienne E4 avaient pu être analysées du 11/08/2023 au 31/10/2023.

Au cours de cette étude, neuf espèces de chiroptères avaient été identifiées en altitude :

- La **Pipistrelle de Kuhl** représentait 68,0% des contacts ;
- La **Pipistrelle commune** représentait 13,6% des contacts ;
- La **Noctule commune** représentait 5,4% des contacts ;
- La **Sérotine commune** représentait 4,1% des contacts ;
- Le **Petit Rhinolophe** représentait 2,7% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** représentait 2,5% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** représentait 2,2% des contacts ;
- Le **Grand Murin** représentait 0,7% des contacts ;
- L'**Oreillard roux** représentait 0,7% des contacts.

En moyenne, en 2023, sur le parc éolien de Saint-Morand, la majorité de l'activité des chiroptères avait eu lieu pour des vitesses de vent autour de 3 m. s⁻¹, et pour des températures supérieures à 18 °C.

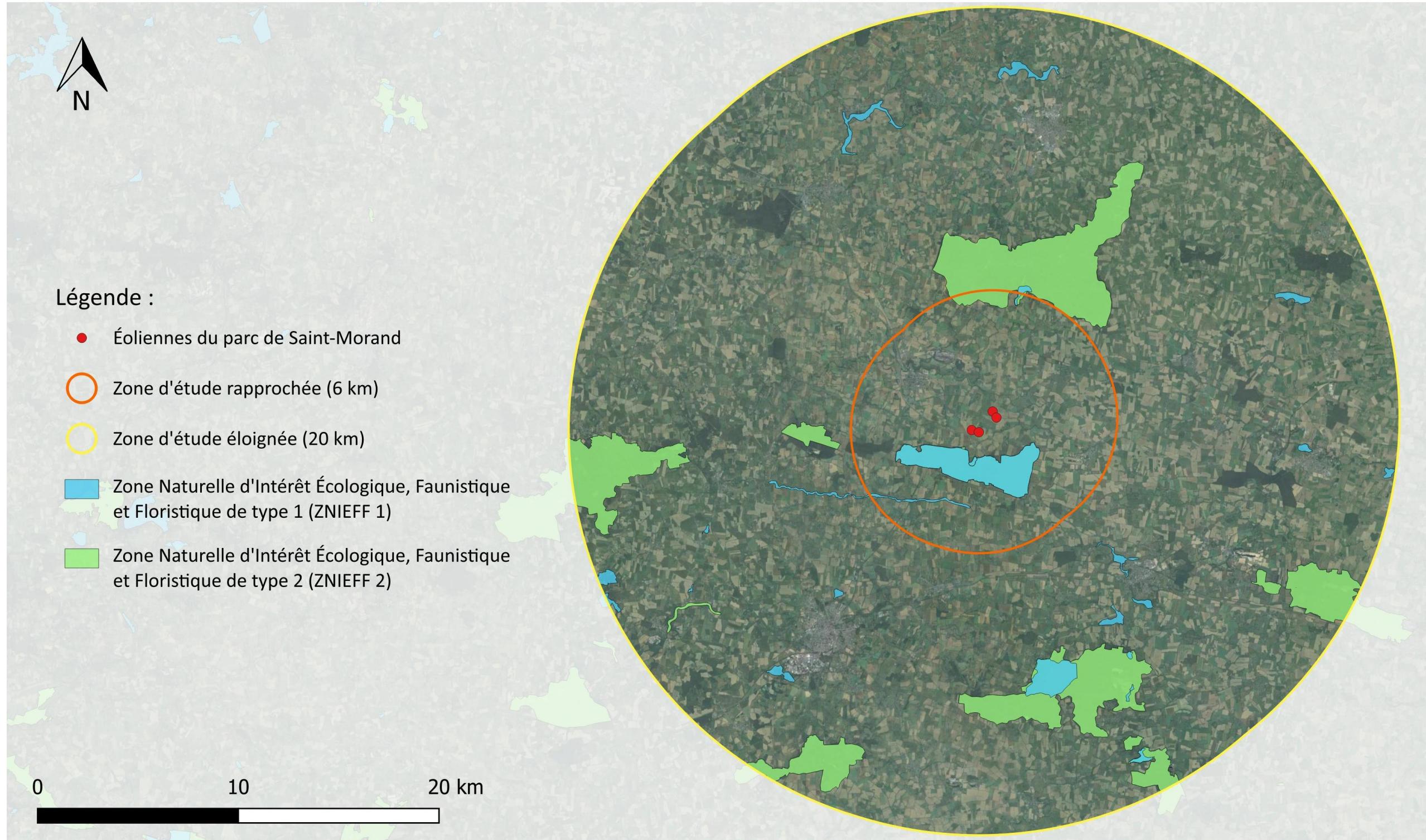
2.3.2 Suivi de la mortalité au sol (AEPE Gingko)

Entre fin mars et fin octobre 2023, trente-trois suivis de la mortalité au sol avaient été effectués, au cours desquels un cadavre d'oiseau et six cadavres de chiroptères avaient été retrouvés :

- Un **Roitelet** indéterminé,
- Une **Pipistrelle commune**,
- Deux **Noctules communes**,
- Trois **Pipistrelles** indéterminées.

La mortalité réelle estimée variait entre 3,7 et 5,1 oiseaux tués par éolienne et entre 18,07 et 25,4 chauves-souris tuées par éolienne sur le parc éolien de Saint-Morand, de mars à octobre 2023. Cette mortalité était supérieure aux chiffres indiqués dans la bibliographie pour les chiroptères, il avait donc été préconisé des mesures de réduction d'impact.

Espaces naturels recensés dans un périmètre de 20 km
Parc éolien de Saint-Morand
Ille-et-Vilaine (35), Bretagne



Sens Of Life 2024. Fond de carte : Google satellite.

Carte 2 : Zones naturelles d'intérêt recensées dans un rayon de 20 kilomètres autour du parc éolien de Saint-Morand (35).

3 SUIVI DE LA MORTALITE AU SOL

Cette étude a été réalisée dans le but de caractériser la mortalité induite par le fonctionnement des éoliennes étudiées sur les chiroptères et les oiseaux et d'évaluer ainsi l'impact du parc éolien de Saint-Morand sur ces deux taxons, mais également de vérifier l'efficacité de la mesure de réduction d'impact mise en place en année 2024, consistant en la mise place d'un bridage combiné en faveur des chiroptères selon les conditions suivantes :

- Sur l'ensemble des éoliennes,
- Entre 30 minutes avant le coucher du soleil et 30 minutes après le lever du soleil,
- Bridage dynamique ProBat du 12/06/2024 au 31/10/2024,
- Bridage sur seuils selon les conditions suivantes :
 - Du 15/03/2024 au 12/06/2024,
 - Pour des vents inférieurs à 7 m.s^{-1} ,
 - Pour des températures supérieures à 10°C .
- Bridage sur seuils selon les conditions suivantes :
 - Du 12/06/2024 au 31/10/2024,
 - Pour des vents inférieurs à 5 m.s^{-1} ,
 - Pour des températures supérieures à 10°C .

3.1 Protocole

Le suivi de la mortalité est conforme au protocole ministériel publié en 2018. Il s'est déroulé sur 33 prospections, réparties entre les semaines 12 et 44.

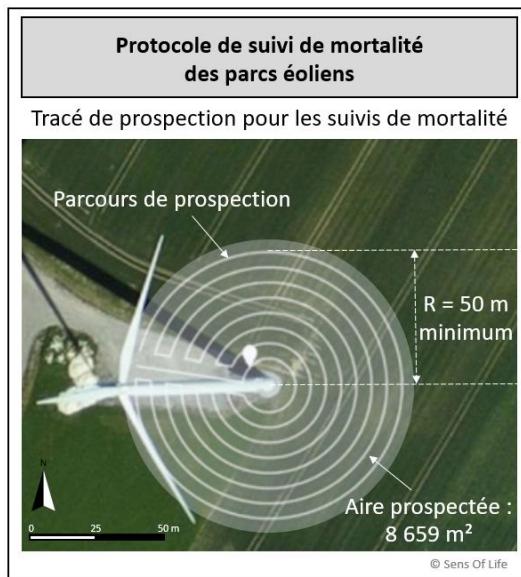


Figure 4 : Représentation du trajet de prospection réalisé pour la recherche de cadavres sous une éolienne.

Ce protocole consiste à prospecter la surface sous l'éolienne en se guidant à l'aide d'une corde qui est raccourcie à chaque retour sur la piste d'accès à l'éolienne. Au premier passage, toute la longueur de la corde fixée à l'éolienne est déroulée (60 mètres, soit 8,5 mètres de plus que la longueur des pales). L'observateur part de la plateforme en parcourant un cercle autour de l'éolienne et en recherchant les cadavres d'oiseaux et de chauves-souris de chaque côté de son passage (2,5 mètres de chaque côté). De retour sur la piste d'accès, 5 mètres de corde sont rembobinés et l'observateur décrit, en sens inverse, un autre cercle autour de l'éolienne. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'observateur se trouve au pied de l'éolienne. Ainsi, pour chaque éolienne, l'observateur parcourt 12 cercles (60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 et 5 mètres) soit 2 450 mètres de transect, à une vitesse approximative de 3 km/h (Figure 4). L'opération nécessite 50

minutes de parcours, auxquelles s'ajoutent 10 minutes de relevés de cadavres. La surface prospectée maximale est de $12\ 272\text{ m}^2$ ($S = \pi \cdot R^2$, avec $R = 62,5$ mètres, dont 60 mètres de corde et 2,5 mètres de prospection).

Le nombre de cadavres retrouvés sous les éoliennes est directement lié au nombre de prospections réalisées (Marx, 2017) et leur détectabilité dépend de :

- La nature des individus (taille et poids) ;
- Du protocole de recherche implémenté, avec une détectabilité maximale avec des prospections au-delà de 50 mètres de rayon ;
- De la visibilité du terrain prospecté (couverture végétale, relief...) ;
- De la durée des suivis (moyenne de 25 semaines/an en France) ;
- De la fréquence de prospection (taux de prédatation des cadavres) ;
- De la longueur des pales (cadavres au-delà du rayon de recherche).

Les conditions météorologiques observées lors des suivis de mortalité sur le parc de Saint-Morand pouvant influencer la détectabilité ont été détaillées dans le tableau suivant :

N° de suivi	Date du suivi	Météo	Température (°C)	Vitesse du vent (km/h)	Pluie	Intervenant(e)
1	21/03/2024	Ensoleillé	19 °C	7	Non	TBO
2	26/03/2024	Nuageux - Pluvieux	10 °C	10	Oui	TBO
3	03/04/2024	Nuageux - Eclaircies	14 °C	24	Non	TBO
4	09/04/2024	Nuageux	11 °C	15	Non	LTO
5	18/04/2024	Ensoleillé	11 °C	16	Non	TBO
6	25/04/2024	Ensoleillé	12 °C	3	Non	TBO
7	30/04/2024	Ensoleillé	15 °C	23	Non	TBO
8	07/05/2024	Nuageux	14 °C	13	Non	TBO
9	15/05/2024	Nuageux	15 °C	19	Non	TBO
10	22/05/2024	Nuageux - Eclaircies	16 °C	18	Non	TBO
11	30/05/2024	Nuageux - Averses	16 °C	20	Oui	TBO
12	06/06/2024	Ensoleillé	17 °C	11	Non	TBO
13	11/06/2024	Nuageux	19 °C	16	Non	TBO
14	17/06/2024	Nuageux - Pluvieux	18 °C	16	Oui	TBO
15	28/06/2024	Ensoleillé	19 °C	11	Non	TBO
16	02/07/2024	Nuageux - Averses	20 °C	15	Oui	TBO
17	10/07/2024	Ensoleillé	22 °C	20	Non	TBO
18	19/07/2024	Ensoleillé	25 °C	8	Non	TBO
19	23/07/2024	Nuageux	22 °C	15	Non	TBO
20	30/07/2024	Ensoleillé	27 °C	7	Non	TBO
21	08/08/2024	Ensoleillé	21 °C	13	Non	TBO
22	14/08/2024	Nuageux	22 °C	11	Non	TBO
23	20/08/2024	Pluvieux	20 °C	16	Oui	AGU
24	29/08/2024	Nuageux	21 °C	8	Non	TBO
25	03/09/2024	Nuageux	20 °C	15	Non	TBO
26	12/09/2024	Ensoleillé	14 °C	14	Non	TBO
27	18/09/2024	Ensoleillé	21 °C	28	Non	TBO
28	25/09/2024	Pluvieux	16 °C	22	Oui	TBO
29	04/10/2024	Ensoleillé	11 °C	12	Non	TBO
30	10/10/2024	Ensoleillé	16 °C	19	Non	TBO
31	18/10/2024	Brouillard	12 °C	15	Non	TBO
32	22/10/2024	Brouillard - Nuageux	11 °C	4	Non	TBO
33	31/10/2024	Nuageux - Pluvieux	11 °C	17	Oui	AGU

Tableau 3 : Conditions météorologiques observées lors des suivis de mortalité sur le parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.

Les cadavres ont été systématiquement retirés du site, que l'identification sur place soit possible ou non. L'identification des chauves-souris a été réalisée par analyse morphologique de la dentition des cadavres, après qu'ils ont été conservés congelés (Figure 5). L'ouvrage d'Arthur & Lemaire, 2009 a été utilisé comme référence.

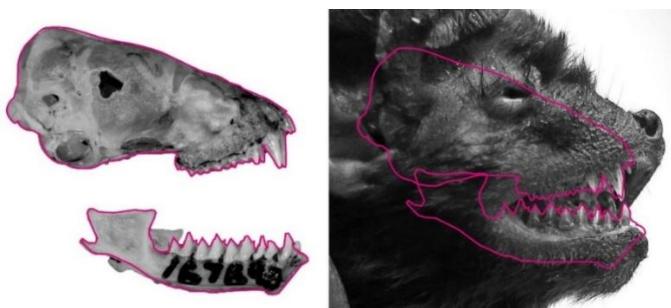


Figure 5 : Comparaison de la dentition pour identification de la Noctule de Leisler.

L'identification des oiseaux a été réalisée à partir du plumage, de la taille du squelette et de la forme des pattes et du bec, en se référant aux ouvrages de Svensson *et al.* (2015), de Cieślak et Dul (2006) et aux sites Internet :

- <https://www.skullsite.com/>
- <https://sketchfab.com/laboratorinatura/collections/aves?cursor=48>
- <https://www.featherbase.info/fr/home>

3.2 Mortalité brute constatée au pied des éoliennes

Le suivi de mortalité du parc éolien de Saint-Morand est basé sur un passage hebdomadaire entre mars et octobre 2024, soit une pression d'échantillonnage relativement importante.

Au total, trois cadavres d'oiseaux ont été retrouvés au cours des suivis de mortalité, mais aucun cadavre de chiroptère. 100% de ces mortalités sont directement imputables aux éoliennes car il a été déterminé que les individus ont été victimes d'un barotraumatisme et/ou d'une collision avec les pales ou le mât, sans preuve évidente d'une cause tierce. Un tas de plumes important ou retrouvé avec de la chair et des os est considéré comme un cas de mortalité, prédaté suite à une collision, et sera donc noté dans ce rapport comme cadavre. En revanche, dans le cas où seulement quelques plumes ont été retrouvées sans os ni chair, le cas n'est pas considéré comme une mortalité et donc non répertorié dans ce rapport.

Le Tableau 4 indique les caractéristiques générales des mortalités constatées sur le parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024. L'état du cadavre est également précisé afin d'estimer la date de la mortalité : frais (0 à 1 jour avant la découverte), avancé (2 à 3 jours avant la découverte), décomposé (4 à 5 jours avant la découverte) ou sec (6 à 7 jours avant la découverte). Il est à noter que l'état du cadavre est dépendant du temps passé au sol mais également des conditions météorologiques pouvant fausser l'estimation de la date de la mortalité (détail de ces dates en annexe 7.1).

La Carte 3 permet la visualisation de la répartition spatiale de ces cadavres sous les éoliennes du parc. Toutes les fiches d'identification des cadavres sont disponibles en annexe 7.1.

Date	Espèce	Nom latin	Type	LR France	LR Région	Sexe	Age	Latitude	Longitude	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Etat du cadavre
21/03/2024	Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	Oiseau	LC	LC	-	-	47.808319	-1.281068	E1	59 m	Nord-est (039°)	Sec
18/04/2024	Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	Oiseau	LC	LC	Femelle	Adulte	47.807993	-1.281549	E1	1 m	Nord (011°)	Avancé
23/07/2024	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	Oiseau	NT	LC	Femelle	Adulte	47.807469	-1.276913	E2	58 m	Nord (340°)	Avancé

Tableau 4 : Liste des cadavres retrouvés lors des suivis de mortalité effectués en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand.

Statut de conservation national des cadavres d'oiseaux retrouvés lors du suivi de la mortalité effectué en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand

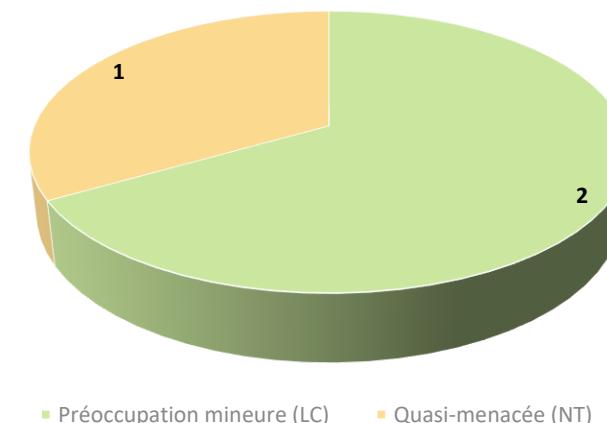
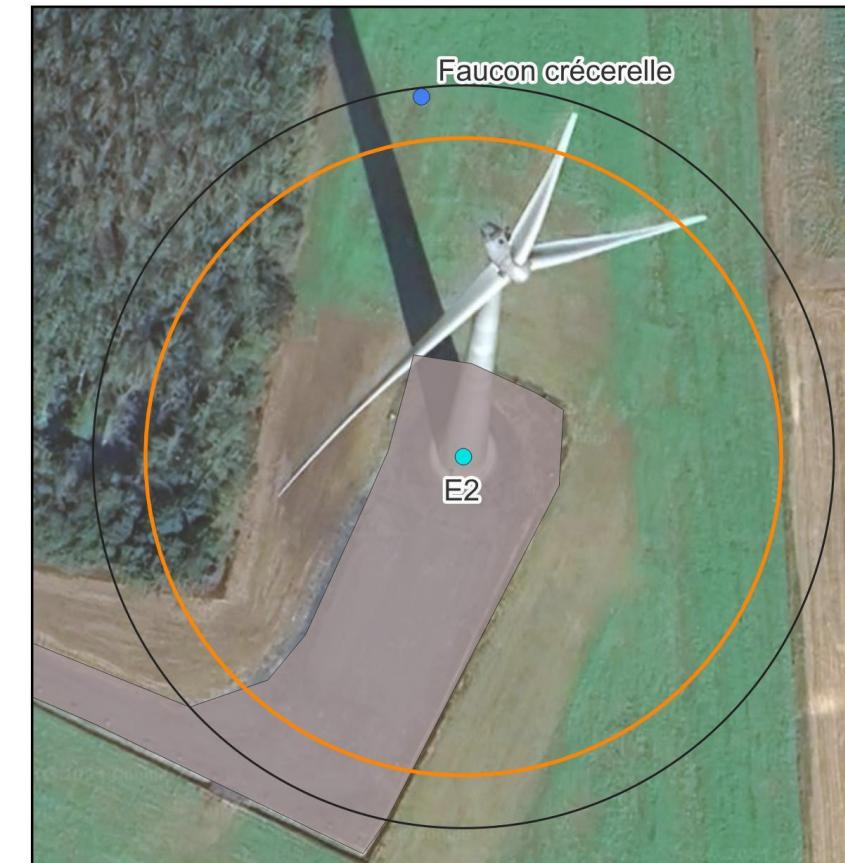
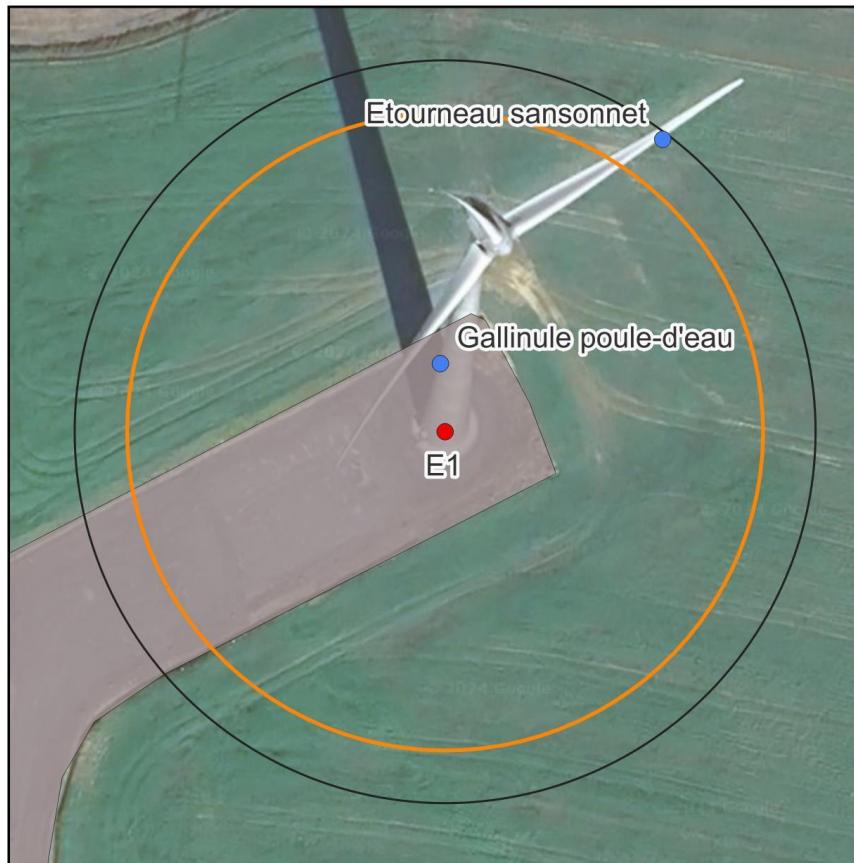


Figure 6 : Statut de conservation national des cadavres d'oiseaux retrouvés lors du suivi de la mortalité effectué en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand

Localisation des cadavres retrouvés en 2024 sous les éoliennes

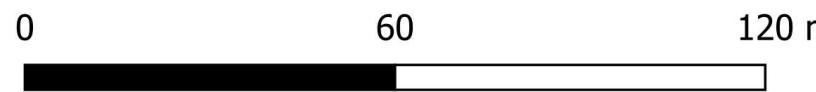
Parc éolien de Saint-Morand Ille-et-Vilaine (35), Bretagne



Légende :

- E1 N° d'éolienne
- Éolienne sans TrackBat
- Éolienne avec TrackBat
- Zone de prospection (r=60m)
- Aire de survol des pales (r=51,5m)
- Plateforme et voies d'accès
- Cadavre d'oiseau

*Aucun cadavre n'a été découvert sous les éoliennes qui ne figurent pas sur cette carte.



Sens Of Life 2024. Fond de carte : Google satellite.

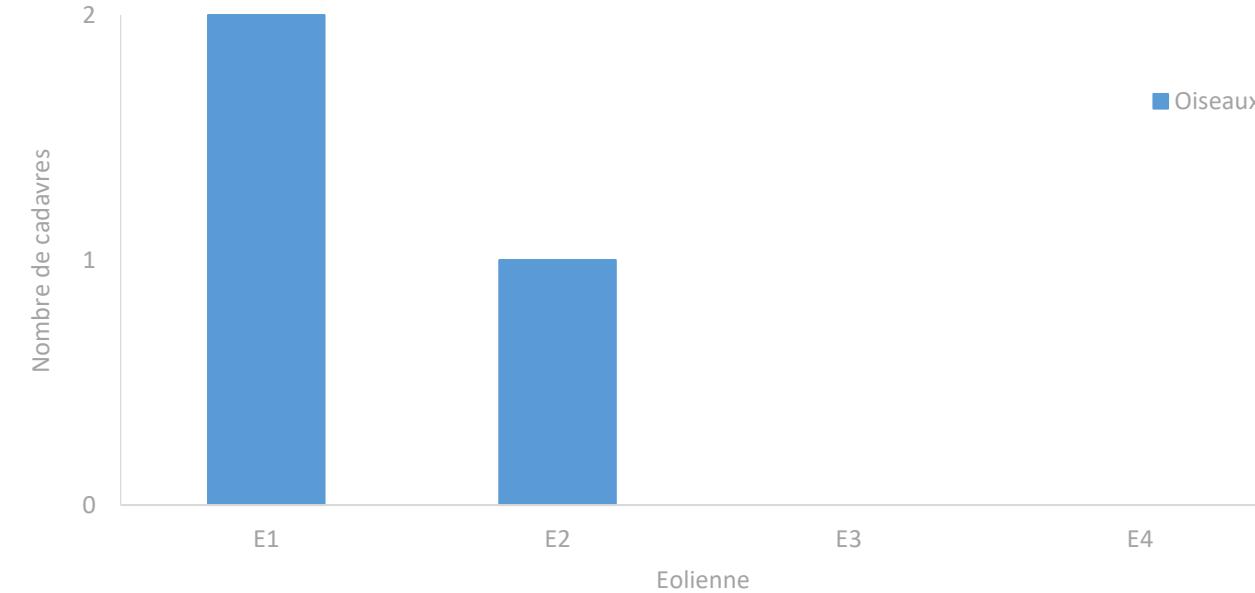
Carte 3 : Localisation des cadavres trouvés sous les éoliennes du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

3.2.1 Description spatiale des mortalités sur le parc éolien

Le Graphique 1 permet d'analyser la répartition géographique des cadavres retrouvés sur l'ensemble du parc éolien de Saint-Morand. Deux oiseaux ont été retrouvés sous l'éolienne E1 (la plus impactante) et un oiseau a été retrouvé sous l'éolienne E2. Les éoliennes E3 et E4 ne présentent aucun cas de mortalité.

Le cas de mortalité concernant l'**Etourneau sansonnet** retrouvé en début de saison sous l'éolienne E1 pourrait s'expliquer par la présence de troupes d'Etourneaux sansonnets en hivernage au niveau des champs et fermes alentours. Concernant la **Gallinule poule-d'eau**, il se trouve qu'en raison de l'hiver 2023-2024 très pluvieux, des parties du champs entourant l'éolienne E1 était en eaux et enherbés, ce milieu favorable à cette espèce aurait pu favoriser sa proximité à l'éolienne et un impact avec le mât après un envol (le cadavre ayant été retrouvé à 1 mètre du mât). Enfin, le cas de mortalité du **Faon crécerelle** retrouvé sous l'éolienne E2 pourrait être dû à la proximité immédiate du boisement servant de perchoir pour l'oiseau et/ou de zone de chasse, les bordures de lisière étant favorables à la présence de proies (rongeurs, reptiles...), le cadavre ayant été trouvé en lisière de boisement.

Répartition des mortalités constatées en 2024 en fonction des éoliennes du parc éolien de Saint-Morand



Graphique 1 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de l'éolienne.

En ce qui concerne la distance des cadavres au mât de l'éolienne (Graphique 2), un oiseau a été retrouvé à moins de 10 mètres du mât des éoliennes, et deux oiseaux entre 51 et 60 mètres d'un mât. Dans notre cas, il ne semble pas y avoir de corrélation positive entre la taille des espèces et la distance au mât.

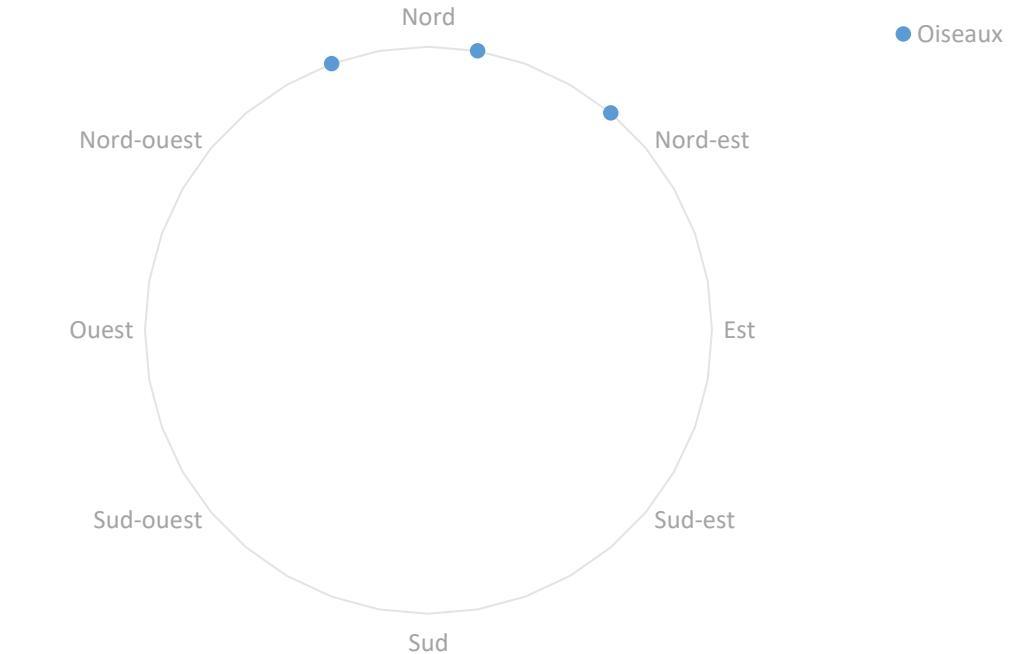
Distance des cadavres trouvés en 2024 au mât de l'éolienne la plus proche, sur le parc éolien de Saint-Morand



Graphique 2 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de la distance au mât de l'éolienne la plus proche.

Enfin, la répartition des cadavres a été analysée en fonction de leur orientation par rapport au mât de l'éolienne la plus proche (Graphique 3). Tous les cadavres d'oiseaux se répartissent entre le nord et le nord-est des mâts, cependant le peu de cadavres retrouvés sur le parc ne permet pas d'établir une corrélation fiable en lien avec l'orientation des mâts.

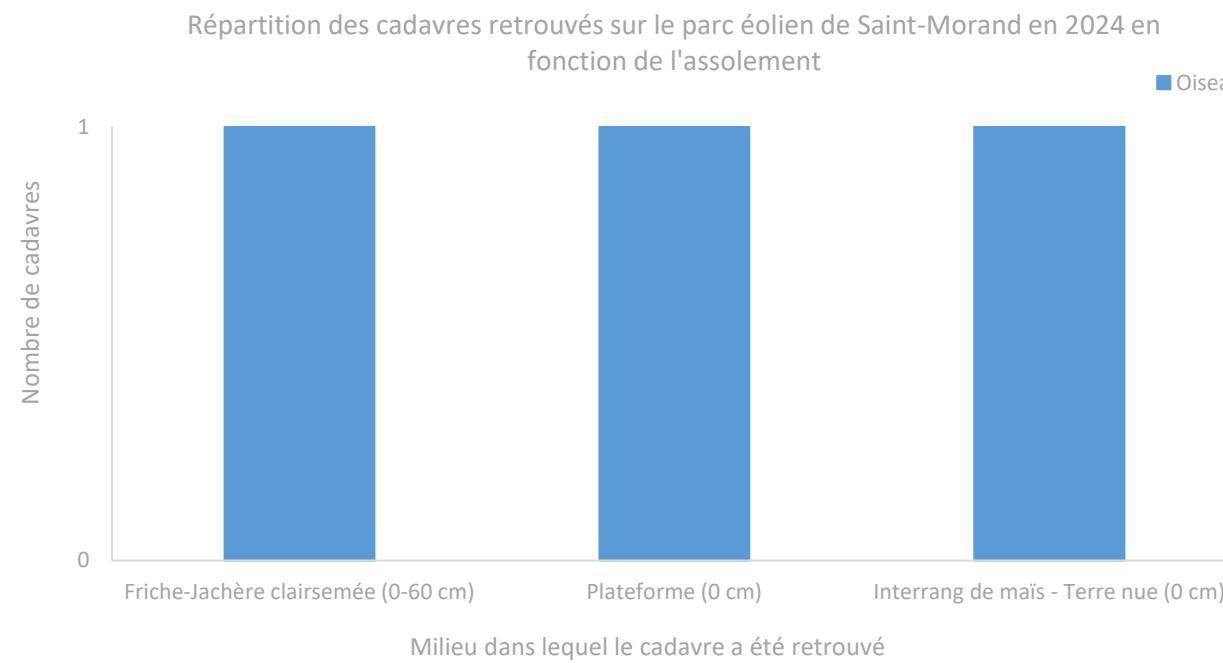
Répartition des cadavres en fonction de l'orientation par rapport au mât, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024



Graphique 3 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de leur orientation par rapport au mât le plus proche.

3.2.2 Description des mortalités en fonction du milieu sur le parc éolien

Les végétations/cultures dont la hauteur ou la densité est élevée ne permettent pas de prospecter efficacement. Par conséquent, les hauteurs de végétation/cultures sur lesquelles sont trouvés les cadavres sont logiquement plutôt faibles. Sur le parc éolien de Saint-Morand, cela se confirme puisque la totalité des cadavres d'oiseaux ont été retrouvés au niveau des plateformes ou sur des zones à très faible densité de végétation, indiquant plutôt une plus grande facilité à trouver les cadavres sur ce type d'assoulement qu'une réelle attractivité de ceux-ci (Graphique 4).



Graphique 4 : Répartition des cadavres en fonction de l'assoulement et de sa hauteur, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Les boisements et haies arborées sont particulièrement favorables à l'activité des oiseaux et chiroptères. Sur le parc éolien de Saint-Morand, tous les oiseaux ont été retrouvés sous les éoliennes situées à moins de 100 mètres des boisements. Il pourrait y avoir un lien entre la mortalité sous les éoliennes et la distance aux éléments boisés les plus proches, tout particulièrement pour le cas de mortalité du Faucon crécerelle (Graphique 5).

Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand selon la distance de l'éolienne aux boisements

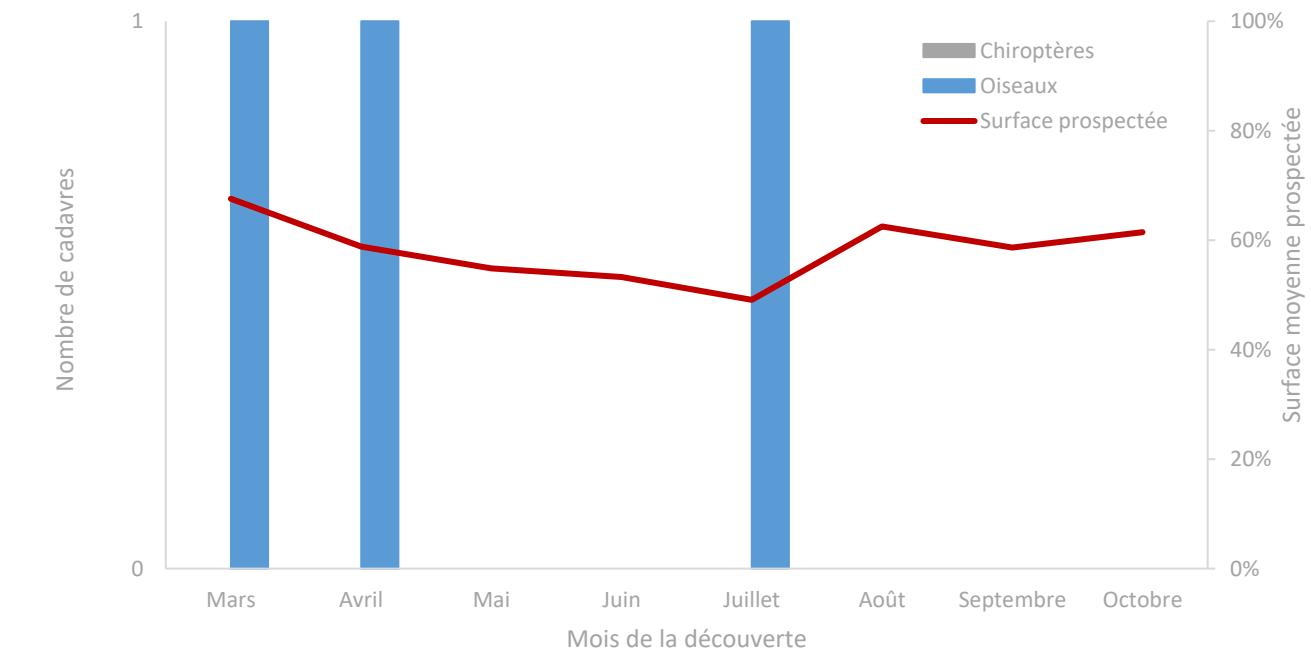


Graphique 5 : Répartition des cadavres en fonction de la distance des mâts aux éléments boisés les plus proches, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.

3.2.3 Description temporelle des mortalités sur le parc éolien

Le Graphique 6 permet d'analyser la mortalité constatée sur le parc éolien Saint-Morand en fonction de la période biologique. Un oiseau a été retrouvé en mars, puis un oiseau en avril, correspondant aux périodes de migration printanière. En juillet, un oiseau a été retrouvé, correspondant à la période de nourrissage et d'envol des jeunes mais également à la période de plus faible surface prospectée sous les éoliennes. Les mortalités de mars et d'avril pourraient être dû à des mouvements locaux d'oiseaux en hivernage et/ou en migration printanière.

Nombre de cadavres découverts sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024 en fonction de la date

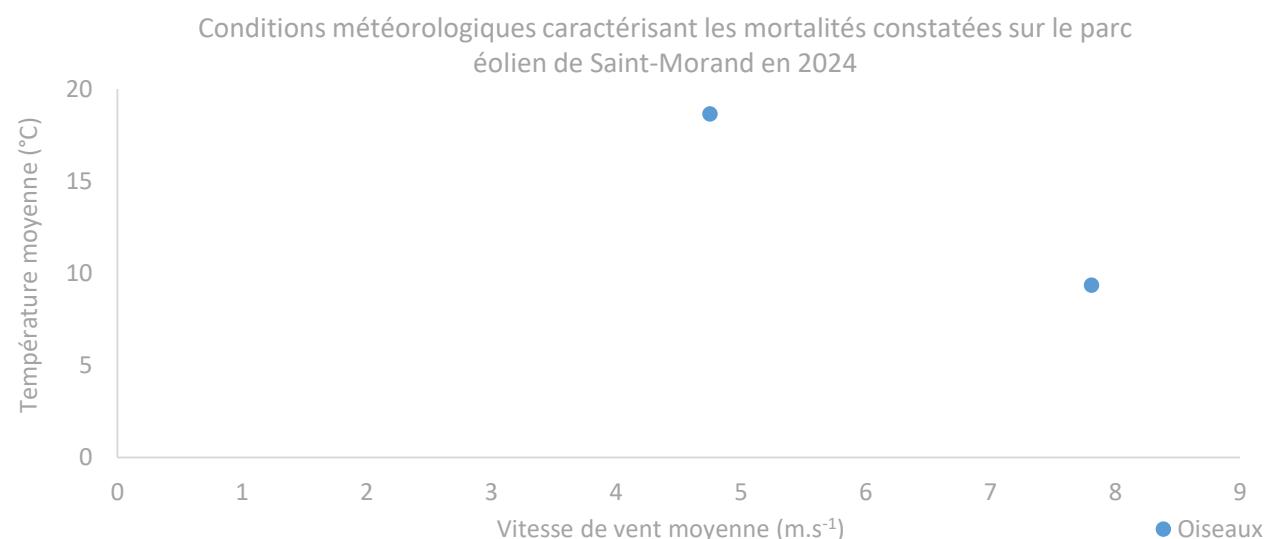


Graphique 6 : Répartition des cadavres retrouvés en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand en fonction de la date.

3.2.4 Contexte météorologique des mortalités sur le parc éolien

Les données météorologiques récoltées sur le parc éolien de Saint-Morand permettent d'analyser les conditions de vent et de température pouvant expliquer les mortalités constatées en 2024. Une fois la date de la mortalité estimée en fonction de l'avancement de la décomposition du cadavre, les moyennes de vitesses de vent et de températures ont été calculées sur les trois jours (ou nuits) entourant cette date estimée, de 07h00 à 21h00. Si la date de la mortalité est certaine (cadavre très frais ou mortalité observée en direct), ce sont les conditions météorologiques de cette journée (ou nuit) seule qui ont été recueillies.

Les données concernant les précipitations n'ont pas été recueillies, toutefois, l'absence de précipitation combinée à de faibles vitesses de vent et des températures plutôt hautes pourrait expliquer une activité importante des chiroptères et ainsi accroître leur risque de mortalité. A l'inverse, de fortes précipitations ou de fortes rafales de vent pourraient diminuer la visibilité des oiseaux au cours de leur déplacement et également augmenter le risque de mortalité.



Graphique 7 : Conditions météorologiques caractérisant les mortalités constatées en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand

En ce qui concerne les jours entourant les dates estimées des mortalités des oiseaux diurnes, les conditions météorologiques sont caractérisées par des vitesses de vent moyennes comprises entre 4,7 et 7,8 m.s⁻¹ et des températures moyennes comprises entre 9,4°C et 18,6°C (Tableau 5). Des rafales de vent pouvant aller jusqu'à 12,7 m.s⁻¹ pourraient expliquer certaines mortalités.

Espèce	Date à laquelle la mortalité a été constatée	Date estimée de la mortalité	Vitesse moyenne du vent le jour (m.s⁻¹)	Vitesse maximale du vent le jour (m.s⁻¹)	Moyenne des températures le jour (°C)
Etourneau sansonnet	21/03/2024	Indéterminée	-	-	-
Gallinule poule-d'eau	18/04/2024	15/04/2024	7,8	12,7	9,4
Faucon crécerelle	23/07/2024	20/07/2024	4,7	7,4	18,6

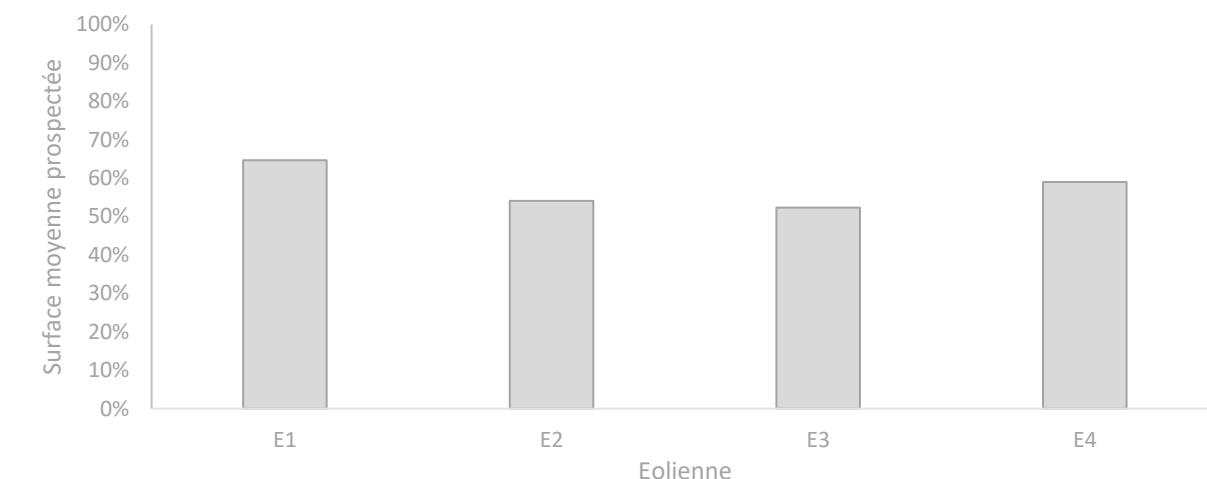
Tableau 5 : Caractéristiques météorologiques des trois jours précédant les mortalités d'oiseaux constatées sur le parc de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.

Ces données doivent être interprétées avec précaution car les dates estimées des mortalités sont souvent imprécises. Ces conclusions ne peuvent pas servir à l'élaboration de mesure de réduction d'impact sans une remise en contexte plus globale des conditions météorologiques.

3.3 Occupation du sol et surface prospectée

La couverture végétale au moment des recherches de cadavres, ainsi que la surface réellement prospectée, sont relevées à chaque passage. Cette surface réellement prospectée peut en effet être inférieure à la surface théorique maximale, à cause des obstacles comme des haies, des grillages... ou par un souci de préserver l'intégralité des cultures en place. Dans la mesure du possible, les dates des suivis sont programmées lorsque la plupart des cultures ont déjà été moissonnées. La Carte 4 montre un aperçu des zones maximales prospectables au sein des surfaces délimitées pour la recherche de cadavres sur le parc éolien.

Surface moyenne prospectée sous les éoliennes du parc éolien de Saint-Morand en 2024



Graphique 8 : Surface moyenne prospectée sous chaque éolienne du parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.

Jusqu'à fin juillet, les cultures sous les éoliennes E3 et E4 étaient trop hautes pour être prospectées avec efficacité et sans être abîmées donc certaines surfaces n'ont pas pu être prospectées entièrement. A l'inverse, à partir de cette période, les cultures de maïs sous les éoliennes E1 et E2 étaient trop hautes et denses pour une prospection efficace, et ce, jusqu'à mi-octobre pour l'éolienne E2. De plus, des épandages phytosanitaires/travaux agricoles ont respectivement eu lieu le 25/04/2024 sous l'éolienne E2 et le 18/09/2024 sous l'éolienne E3, empêchant la prospection sous les éoliennes concernées. Il s'agit alors d'un droit de retrait par mesure de sécurité pour les chargé(e)s d'études en intervention.

La couverture végétale sous les éoliennes de Saint-Morand étant très variable, la surface moyenne prospectée a été calculée sur l'année de recherche pour estimer ce biais (Tableau 6). Les éoliennes ont été prospectées entre 52% (éolienne E3 sous laquelle était cultivé du blé) et 65% (éolienne E1 sous laquelle était cultivé du maïs), soit en moyenne 57,5% sur l'ensemble du suivi de mortalité du parc éolien de Saint-Morand. D'après le retour d'expérience de Sens Of Life, ce biais est considéré comme fort si la surface prospectée moyenne est inférieure à 50%, modéré si elle est comprise entre 50% et 70%, et faible si elle est supérieure à 70%. Sur le parc éolien de Saint-Morand, le biais de surface prospectée est donc considéré comme modéré.

Pour le calcul du coefficient de correction surfacique A, Arnett *et al.* proposent en 2005 de considérer le nombre de cadavres découverts dans chaque cercle concentrique espacé de 10 mètres prospecté autour de l'éolienne et la surface réellement prospectée de chacun de ces cercles. La LPO Drôme a ensuite simplifié cette formule en 2010 en éliminant la variabilité de la détectabilité des cadavres par cercle concentrique.

La formule utilisée dans ce rapport est donc la suivante : $A = \frac{\sum_1^6 C_x / S_x}{\sum_1^6 C_x}$

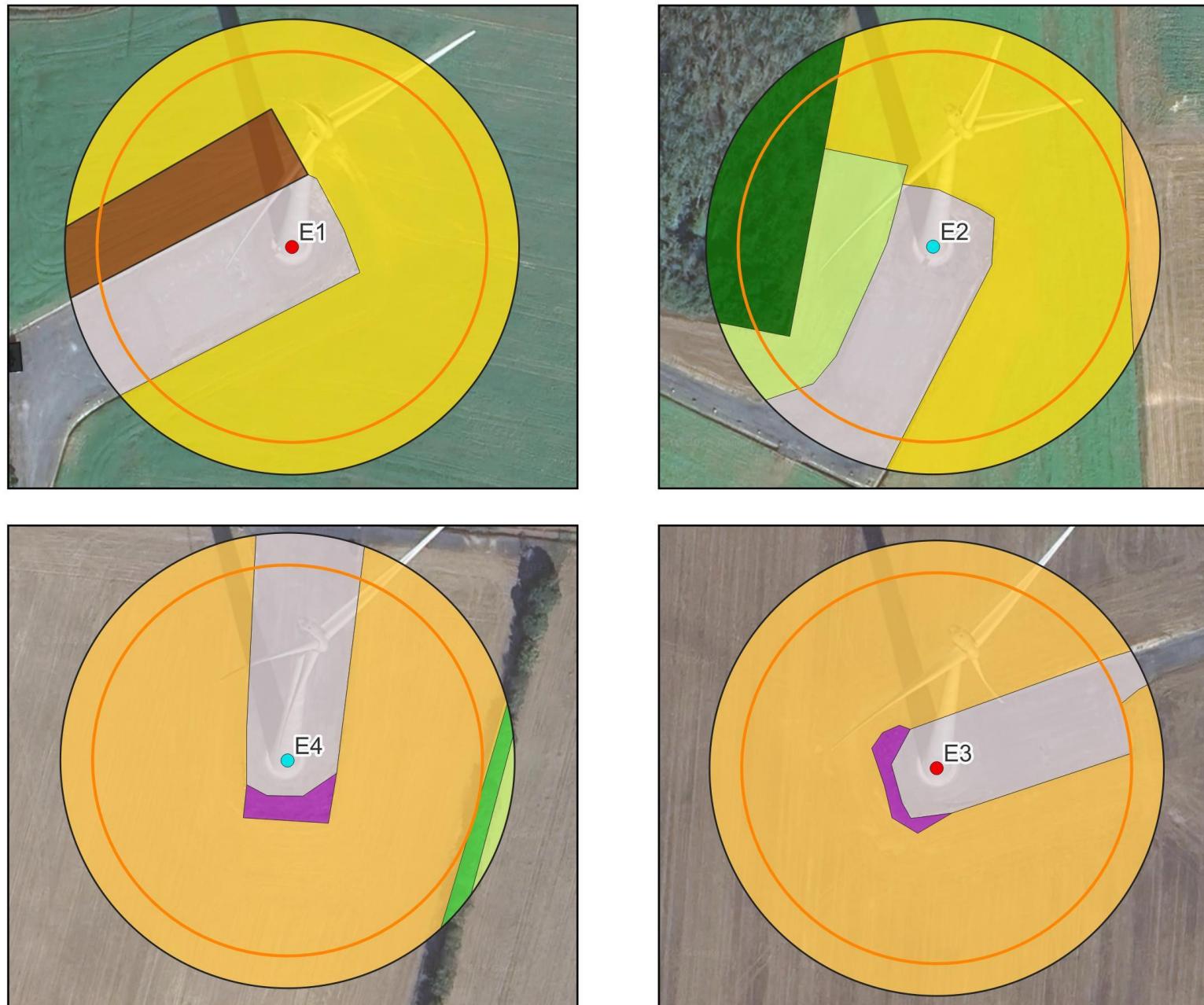
avec C_x le nombre de cadavres recensés dans le cercle concentrique x ,
 S_x la proportion de surface réellement prospectée du cercle concentrique x .

Eolienne et assolement		E1		E2		E3		E4	
Date de prospection	Total cadavres	Maïs	Cadavres retrouvés	Maïs / Blé / Prairie / Boisement	Cadavres retrouvés	Blé	Cadavres retrouvés	Blé	Cadavres retrouvés
21/03/2024	1	75%	1	55%	-	45%	-	98%	-
26/03/2024	-	75%	-	55%	-	40%	-	98%	-
03/04/2024	-	80%	-	70%	-	40%	-	65%	-
09/04/2024	-	80%	-	70%	-	40%	-	50%	-
18/04/2024	1	80%	1	70%	-	35%	-	45%	-
25/04/2024	-	100%	-	50%	-	20%	-	40%	-
30/04/2024	-	100%	-	82%	-	20%	-	40%	-
07/05/2024	-	100%	-	82%	-	20%	-	40%	-
15/05/2024	-	100%	-	70%	-	15%	-	35%	-
22/05/2024	-	100%	-	70%	-	15%	-	30%	-
30/05/2024	-	100%	-	70%	-	15%	-	16%	-
06/06/2024	-	100%	-	82%	-	15%	-	16%	-
11/06/2024	-	100%	-	82%	-	15%	-	16%	-
17/06/2024	-	100%	-	82%	-	15%	-	16%	-
28/06/2024	-	100%	-	82%	-	15%	-	16%	-
02/07/2024	-	100%	-	82%	-	15%	-	17%	-
10/07/2024	-	95%	-	75%	-	16%	-	17%	-
19/07/2024	-	60%	-	60%	-	16%	-	17%	-
23/07/2024	1	50%	-	50%	1	16%	-	17%	-
30/07/2024	-	45%	-	35%	-	100%	-	99%	-
08/08/2024	-	35%	-	25%	-	100%	-	99%	-
14/08/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
20/08/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
29/08/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
03/09/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
12/09/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
18/09/2024	-	30%	-	18%	-	50%	-	99%	-
25/09/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
04/10/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
10/10/2024	-	30%	-	18%	-	100%	-	99%	-
18/10/2024	-	30%	-	75%	-	90%	-	60%	-
22/10/2024	-	30%	-	75%	-	80%	-	60%	-
31/10/2024	-	30%	-	75%	-	80%	-	50%	-
Somme des cadavres / Surface moyenne prospectée	3	64,7%	2	54,1%	1	52,4%	0	59,0%	0
Coefficient A		1,55		1,85		1,91		1,69	

Tableau 6 : Couvert végétal et surface prospectée pour chaque éolienne du parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Surfaces prospectées sous les éoliennes

Parc éolien de Saint-Morand Ille-et-Vilaine (35), Bretagne



Légende :

- Éolienne sans TrackBat
- Éolienne avec TrackBat
- Aire de survol des pales ($r = 51,5$ m)
- Zone de prospection ($r = 60$ m)
- Plateforme et voies d'accès



Surfaces non prospectables

- Boisement
- Haie arborée
- Point de livraison

Surfaces prospectables

- Culture de blé
- Culture de maïs
- Friche
- Prairie
- Terre nue

0 60 120 m



Sens Of Life 2024. Fond de carte : Google satellite.

Carte 4 : Surfaces théoriques prospectables au maximum et assolements, sous les quatre éoliennes du parc éolien de Saint-Morand en 2024.



Figure 7 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E1 du parc éolien de Saint-Morand en mars (à gauche), juin (au centre) et septembre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024



Figure 8 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand en mars (à gauche), juillet (au centre) et octobre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024



Figure 9 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E3 du parc éolien de Saint-Morand en juin (à gauche), août (au centre) et octobre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024



Figure 10 : Photographies de l'évolution de la couverture végétale sous l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand en mai (à gauche), août (au centre) et octobre (à droite) lors du suivi environnemental en 2024

3.4 Test du biais de préddation

Les cadavres des oiseaux et chauves-souris tombés au sol sont consommés par divers prédateurs, tels que des renards, corneilles, sangliers, guêpes... Leur disparition est susceptible d'affecter l'évaluation de la mortalité induite par les éoliennes. Le taux de préddation dépend de la couverture au sol et de la proximité des éoliennes à des éléments du réseau écologique attirant potentiellement des prédateurs. Pour évaluer ce biais, le taux de préddation des cadavres doit être évalué sous la moitié des éoliennes du parc minimum, selon le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres défini par le Ministère de la transition écologique et solidaire (DREAL, 2015 ; DREAL, 2018).

Dans le cadre de ce suivi environnemental en 2024, trois cadavres (souris blanches et poussins) ont été déposés sous les éoliennes E1 (le 05/06/24), E3 et E4 (le 28/08/24) (Carte 5) et une deuxième série de test a été réalisée sous les éoliennes E1, E3 et E4 le 09/10/2024 (Carte 6). Les souris sont utilisées pour tester le biais de préddation des chiroptères, les poussins sont utilisés pour tester le biais de préddation des oiseaux.



Figure 11 : Photographie d'un poussin utilisé dans le cadre des tests de préddation des oiseaux en 2024



Figure 12 : Photographie d'une souris utilisée dans le cadre des tests de préddation des chiroptères en 2024

Leur recherche a été menée le lendemain (J+1), puis à J+2, J+6, J+9 et J+12, donc pendant deux semaines s'il y avait persistance. La disparition a été considérée complète au moment où l'observateur estimait que les restes ne permettaient pas de repérer les individus en-dehors d'une connaissance précise de leur localisation.

A partir de ces données, différents paramètres ont été calculés :

- Le temps de séjour moyen d'un cadavre : $t_m = \frac{\sum_i^n t_i}{n}$
 t_m = temps de séjour moyen d'un cadavre
 t_i = temps de persistance d'un cadavre (exemple : 0,5 jour pour un cadavre disparu entre J0 et J1, 4 jours pour un cadavre disparu entre J2 et J6, etc.)
 n = nombre de cadavres utilisés
- Le taux de persistance des cadavres : $S = \frac{n_{nuit}}{n}$
 S = taux de persistance des cadavres
 n_{nuit} = nombre de cadavres persistant après un passage
 n = nombre de cadavres utilisés

	Eoliennes	J0	J+1	J+2	J+6	J+9	J+12	Temps de séjour moyen	Taux de persistance moyen à J6
								Par éolienne	
Test n°1 J0 le 05/06/24 et le 28/08/24 (E3/E4)	E1	1	1	0	0	0	0	1,5	0%
	E3	2	0	0	0	0	0	0,5	
	E4	1	1	1	0	0	0	4,0	
Test n°2 J0 le 09/10/24	E1	2	1	0	0	0	0	1,0	0%
	E3	1	1	0	0	0	0	1,5	
	E4	2	2	2	0	0	0	4,0	
Moyenne des tests								2,1	0%

Tableau 7 : Évaluation du biais de prédatation des oiseaux sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Sur le parc éolien de Saint-Morand, le temps de séjour moyen d'un cadavre d'oiseau est estimé à 2,1 jours et le taux de persistance au sixième jour est estimé à 0% (Tableau 7).

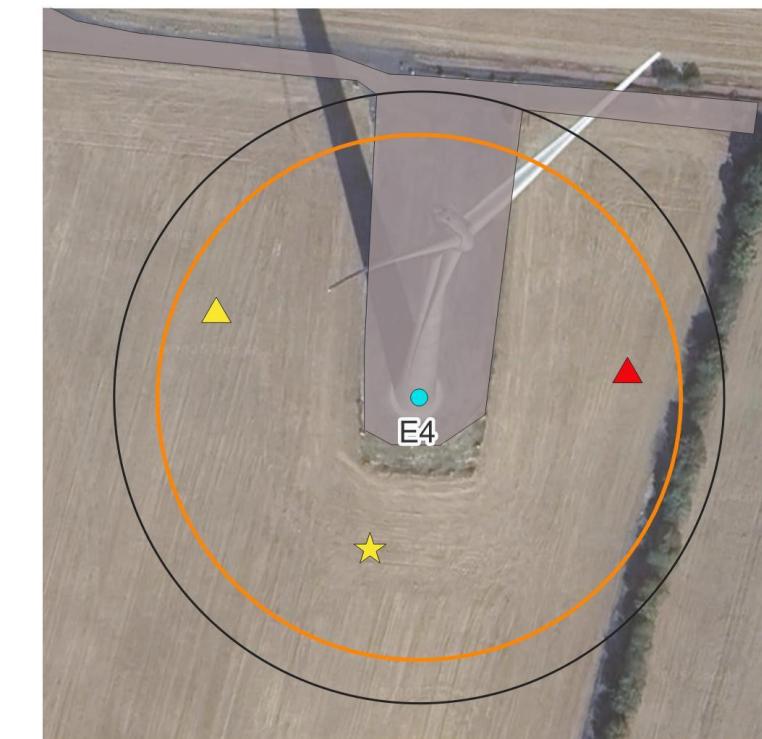
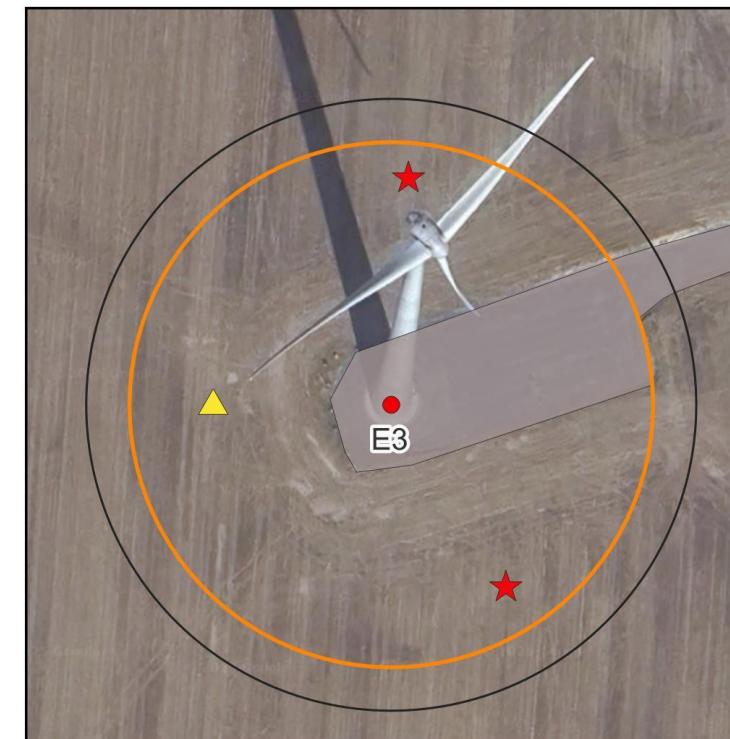
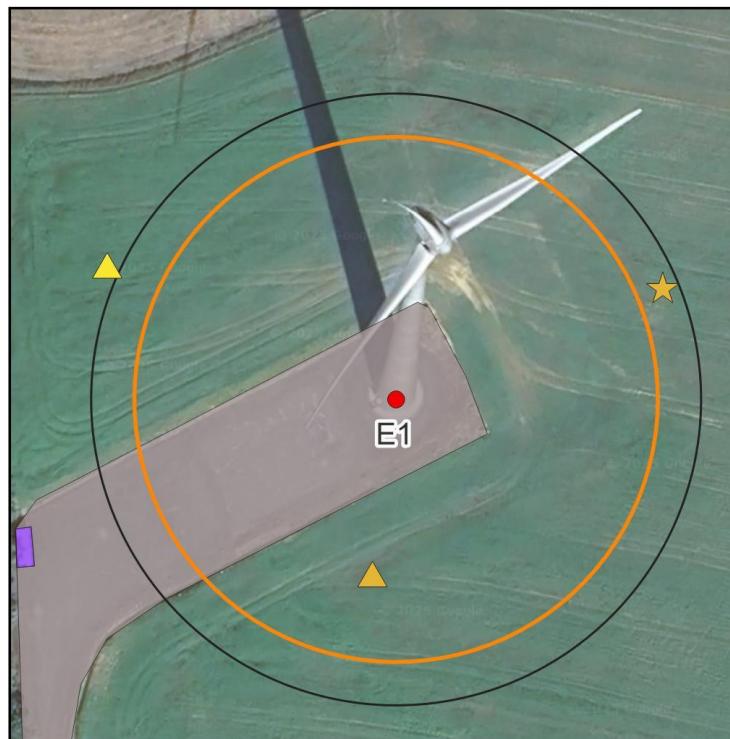
	Eoliennes	J0	J+1	J+2	J+6	J+9	J+12	Temps de séjour moyen	Taux de persistance moyen à J6
								Par éolienne	
Test n°1 J0 le 05/06/24 et le 28/08/24 (E3/E4)	E1	2	2	1	0	0	0	2,8	0%
	E3	1	1	1	0	0	0	4,0	
	E4	2	1	1	0	0	0	2,3	
Test n°2 J0 le 09/10/24	E1	1	1	0	0	0	0	1,5	25%
	E3	2	1	1	1	0	0	4,0	
	E4	1	0	0	0	0	0	0,5	
Moyenne des tests								2,5	13%

Tableau 8 : Évaluation du biais de prédatation des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Sur le parc éolien de Saint-Morand, le temps de séjour moyen d'un cadavre de chiroptère est estimé à 2,5 jours et le taux de persistance au sixième jour est estimé à 13% (Tableau 8).

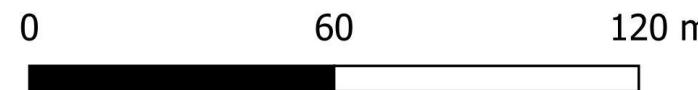
D'après le retour d'expérience de Sens Of Life, ce biais est considéré comme fort si le taux de persistance est inférieur à 25%, modéré s'il est compris entre 25% et 50%, et faible s'il est supérieur à 50%. **Sur le parc éolien de Saint-Morand, le biais de prédatation est donc considéré comme fort pour les chiroptères et pour les oiseaux.**

Localisation des leurres utilisés pour le test prédatation du 05/06/2024 (E1) et du 28/08/2024 (E3 et E4) Parc éolien de Saint-Morand Ille-et-Vilaine (35), Bretagne



Légende :

*Aucun autreurre n'a été déposé sous les éoliennes ne figurant pas sur cette carte pour le second test prédatation



Sens Of Life 2025. Fond de carte : Google satellite.

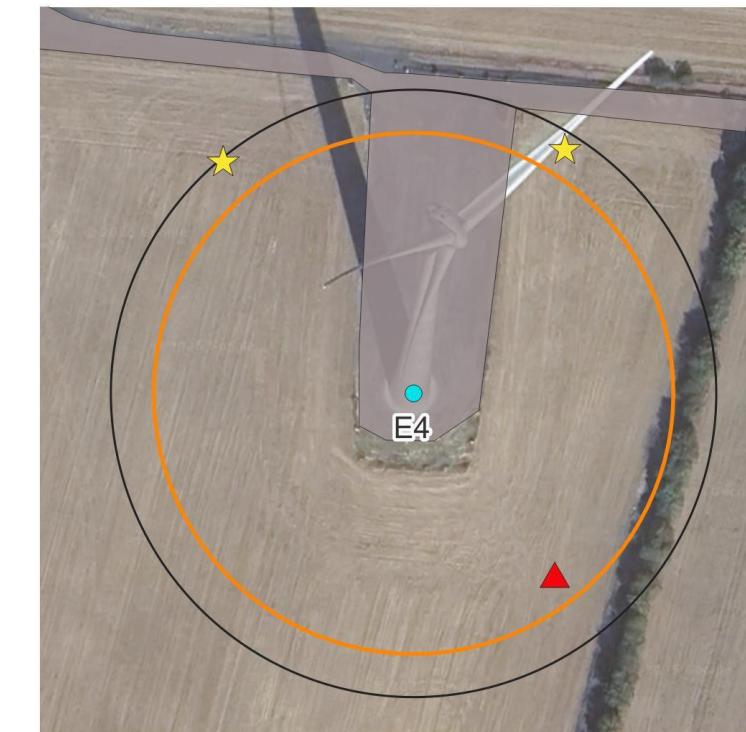
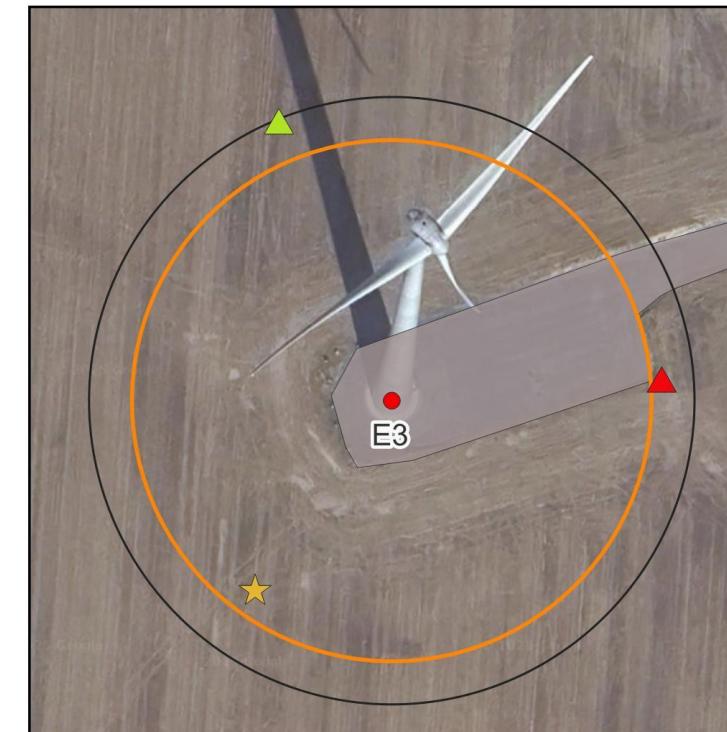
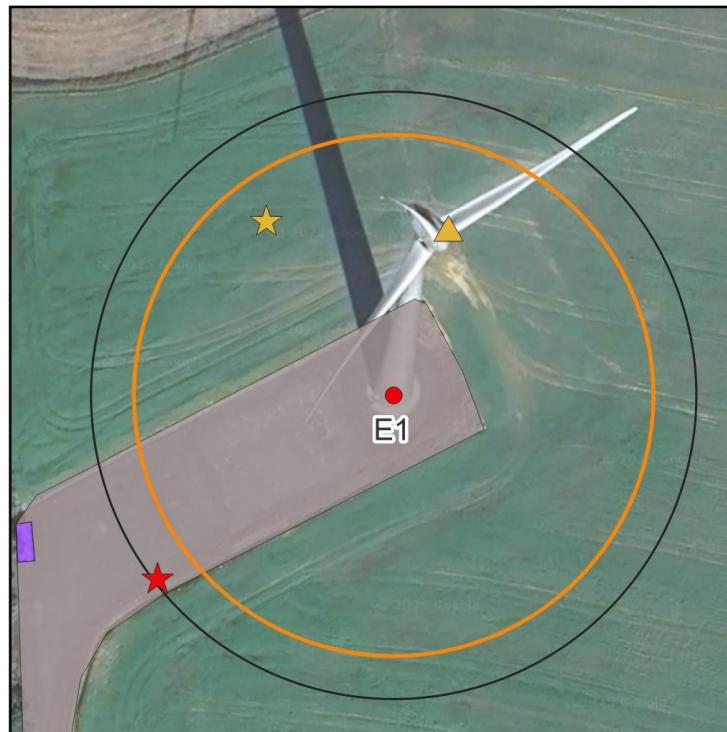
E1 N° d'éolienne	Type deurre	Jour de disparition après le Jour 0 (J0)
● Éolienne sans TrackBat	★ Leurre poussin	■ J+1
● Éolienne avec TrackBat	△ Leurre souris	■ J+2
○ Aire de survol (r=51,5m)		■ J+6
○ Zone de prospection (r=60m)		
■ Plateforme et voies d'accès		
■ Poste de livraison		



Carte 5 : Emplacement des leurres utilisés pour le premier test de prédatation effectué le 05/06/24 sur E1 et le 28/08/24 sur E3 et E4 sur le parc éolien de Saint-Morand dans le cadre du suivi environnemental en 2024

Localisation des leurres utilisés pour le test prédatation du 09/10/2024

Parc éolien de Saint-Morand
Ille-et-Vilaine (35), Bretagne



Légende :

E1 N° d'éolienne	Type deurre	Jour de disparition après le Jour 0 (J0)
● Éolienne sans TrackBat	☆ Leurre poussin	■ J+1
● Éolienne avec TrackBat	△ Leurre souris	■ J+2
○ Aire de survol (r=51,5m)		■ J+6
○ Zone de prospection (r=60m)		■ J+9
■ Plateforme et voies d'accès		
■ Poste de livraison		

*Aucun autre leurre n'a été déposé sous les éoliennes ne figurant pas sur cette carte pour le second test prédatation

0 60 120 m

Sens Of Life 2025. Fond de carte : Google satellite.



Carte 6 : Emplacement des leurres utilisés pour le second test de prédatation effectué le 09/10/2024 sur le parc éolien de Saint-Morand dans le cadre du suivi environnemental en 2024

3.5 Test du biais de détection

L'efficacité de l'observateur à retrouver des cadavres de chauves-souris et d'oiseaux au sol, parmi la végétation et divers artefacts (bouses et crottins, cailloux, fragments végétaux...), doit être testée pour évaluer le ratio entre le nombre de cadavres réellement présents et ceux qui sont effectivement retrouvés, selon le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres défini par le Ministère de la transition écologique et solidaire (document révisé en 2018). Le choix d'utiliser des leurres ou des vrais cadavres ne semble pas influencer le test (Jones *et al.*, 2009). Cependant, l'utilisation de leurres artificiels permet de s'affranchir d'une éventuelle altération de la pression de préation.



Figure 13 : Différences de visibilité des chiroptères selon les surfaces prospectées

Un premier chargé d'étude a ainsi déposé 5 leurres d'oiseaux et 10 leurres de chauves-souris (Figure 14), soit 15 leurres au total, dans les zones où la prospection était possible, en variant la distance au mât de l'éolienne et la couverture végétale. Un second chargé d'études a ensuite collecté les leurres au cours des passages dédiés aux suivis de mortalité, en suivant le protocole décrit dans le début du paragraphe.



Figure 14 : Leurre de chauve-souris utilisé dans le cadre des tests de détection en 2024.



Figure 15 : Leurre d'oiseau utilisé dans le cadre des tests de détection en 2024.

Ce test a été réalisé deux fois durant l'année 2024, afin d'obtenir des résultats précis et correspondant à l'efficacité sur différentes couvertures de sol (terre, semis, terrain après récolte...). Cette approche prend en compte d'éventuelles variations de détection en fonction de la couverture du sol et du contexte sous chacune des éoliennes. Une première série de test a été effectuée le 28/06/24 sous les éoliennes E1 et E2 et le 14/08/24 sous E3 et E4, puis une deuxième série de test le 04/10/2024 sous les éoliennes E3 et E4 et le 22/10/2024 sous l'éolienne E2 (l'éolienne E1 n'était prospectable qu'à 30% jusqu'à la fin du suivi).

CHIROPTERES	Test n°1 le 28/06/24 et le 14/08/24			Test n°2 le 04/10/24 et le 22/10/24			Efficacité moyenne	
	Eolienne	Leurres déposés	Leurres trouvés	Efficacité 1	Leurres déposés	Leurres trouvés	Efficacité 2	
E1	10	9	90%	-	-	-	90%	
E2	10	9	90%	10	9	90%	90%	
E3	10	9	90%	10	7	70%	80%	
E4	10	8	80%	10	8	80%	80%	
Parc	40	35	88%	30	24	80%	85%	

Tableau 9 : Évaluation du taux de détection des cadavres de chiroptères sous chaque éolienne du parc éolien Saint-Morand en 2024.

OISEAUX	Test n°1 le 28/06/24 et le 14/08/24			Test n°2 le 04/10/24 et le 22/10/24			Efficacité moyenne	
	Eolienne	Leurres déposés	Leurres trouvés	Efficacité 1	Leurres déposés	Leurres trouvés	Efficacité 2	
E1	5	5	100%	-	-	-	100%	
E2	5	5	100%	5	5	100%	100%	
E3	5	5	100%	5	5	100%	100%	
E4	5	5	100%	5	5	100%	100%	
Parc	20	20	100%	15	15	100%	100%	

Tableau 10 : Évaluation du taux de détection des cadavres d'oiseaux sous chaque éolienne du parc éolien Saint-Morand en 2024.

A partir de ces données, le taux de détection a été calculé à chaque passage : $D = \frac{R}{T}$

D = taux de détection pour le passage t sous l'éolienne Ex

R = nombre de leurres retrouvés lors du passage t sous l'éolienne Ex

T = nombre total de leurres dispersés lors du passage t sous l'éolienne Ex

Sur le parc éolien de Saint-Morand, le taux de détection sous les éoliennes varie de 70% à 100%, avec une détection moyenne de 100% pour les oiseaux et de 85% pour les chiroptères, sur l'ensemble du parc éolien, ce qui est cohérent avec la différence de taille entre les taxons, augmentant la difficulté de la découverte de chiroptères. D'après le retour d'expérience de Sens Of Life, ce biais est considéré comme fort si la détection moyenne est inférieure à 50%, modéré si elle est comprise entre 50% et 70%, et faible si elle est supérieure à 70%. **Sur le parc éolien de Saint-Morand, le biais d'observateur est donc faible pour les oiseaux et pour les chiroptères.**

3.6 Estimation de la mortalité réelle

Plusieurs formules ont été publiées dans la littérature depuis 1992, permettant d'estimer la mortalité réelle des oiseaux et des chauves-souris sur un parc éolien, à partir de la mortalité brute constatée au pied des éoliennes et en prenant en compte les biais mentionnés dans les paragraphes précédents. Le Tableau 11 reprend l'ensemble des notations utilisées dans les calculs de mortalité estimée.

Données de synthèse pour le rapport de suivi environnemental	
N = nombre d'individus potentiellement tués	(dépend de l'éolienne considérée et de la formule utilisée)
C = nombre de cadavres trouvés	3 individus
A = coefficient de correction surfacique (dépend de l'éolienne considérée)	1,55 minimum 1,91 maximum
Biais de surface considéré comme	modéré
p = proportion de cadavres qui perdurent au-delà de l'intervalle entre deux passages	13% pour les chiroptères 0% pour les oiseaux
t = temps de séjour moyen des cadavres	2,5 jour(s) pour les chiroptères 2,1 jour(s) pour les oiseaux
Biais de prédation considéré comme	fort pour les chiroptères fort pour les oiseaux
d = probabilité de détection des leurres	85% pour les chiroptères 100% pour les oiseaux
Biais d'observateur considéré comme	faible pour les chiroptères faible pour les oiseaux
Nombre de recherches effectués sur le terrain	33 suivis
b = durée totale du suivi	224 jour(s)
I = intervalle de temps entre chaque recherche	7 jour(s)
i = intervalle effectif = - log (0,01) x t	5,0 jour(s) pour les chiroptères 4,2 jour(s) pour les oiseaux
ê = coefficient correcteur de l'intervalle = Min (I : i) / I	0,71 jour(s) pour les chiroptères 0,60 jour(s) pour les oiseaux
M = nombre de turbines prospectées	4 éoliennes

Tableau 11 : Synthèse des variables utilisées dans les différentes formules de calcul de la mortalité estimée, et leur valeur lors du suivi environnemental du parc éolien de Saint-Morand en 2024.

La formule de Jones *et al.* propose en 2009 une estimation unitaire de la mortalité, c'est-à-dire calculée sous chaque éolienne pour chaque recherche de cadavres effectuée sur le terrain. Il faut donc ensuite les cumuler pour obtenir la mortalité estimée sur un parc éolien sur la durée totale de l'étude.

$$N = \frac{C}{d * \exp^{-0,5 * I / t} * \hat{e}} * A \quad \text{avec } p = \exp^{-0,5 * \frac{I}{t}}$$

L'année suivante, une nouvelle formule publiée par Huso (2010) présuppose que la persistance des cadavres dans le temps suit plutôt une distribution exponentielle. Cette approche définit un risque constant impliquant que les cadavres attirent les nécrophages de manière constante au fil du temps. Il est aussi supposé que les intervalles de confiance puissent être inférieurs au nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes.

$$N = C / (d * \frac{t * (1 - \exp^{-\frac{I}{t}})}{I} * \hat{e}) * A \quad \text{avec } p = t * (1 - \exp^{-\frac{I}{t}}) / I$$

Enfin, la formule de Bastos *et al.* (2013) considère la non-constance et l'interdépendance des paramètres « efficacité de recherche » et « persistance des cadavres ». Cet algorithme innovant est capable d'estimer la mortalité potentielle, même en l'absence des cadavres retrouvés et ainsi éviter de fausses interprétations.

$$N = 10 * \exp[0,276 + 0,471 * \log_{10}(l + 1) + 0,463 * \log_{10}(b + 1) + 0,45 * \log_{10}(M + 1) + 0,638 * \log_{10}(C + 1) - 0,432 * \log_{10}(p + 1) - 3,633 * \log_{10}(d + 1)] - 1 * A$$

Les méthodes de Huso (2010) et Jones *et al.* (2009) permettent de prendre en compte les cadavres tombant durant l'intervalle entre les suivis contrairement à la formule d'Erickson *et al.* (2005). Cependant, le taux de persistance estimé par Jones *et al.* (2009) étant basé sur la probabilité de trouver un cadavre tombé à la moitié de cet intervalle, aura tendance à donner des estimations légèrement plus élevées que la méthode de Huso (2010) qui prend en compte la probabilité de trouver un cadavre tombé à n'importe quel moment de l'intervalle.

3.6.1 Mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien

En l'absence de mortalité brute, seule la formule de Bastos *et al.* (2013) présentée précédemment a été appliquée afin de calculer la mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand (Tableau 12).

Eolienne	Nombre de cadavres	Mortalité estimée des chiroptères selon la formule de Bastos <i>et al.</i> (2013)
E1	0	10,5
E2	0	12,5
E3	0	16,2
E4	0	14,4
Parc	0	20,9
Nombre de chiroptères/éolienne		5,2
Intervalles de confiance à 95%		0,6

Tableau 12 : Mortalité réelle estimée des chiroptères, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.

En utilisant les biais testés sur le parc éolien, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand est estimée à **5,2 ± 0,6 chiroptères tués par éolienne** (Bastos *et al.*, 2013), sur la période étudiée.

Selon Rydell *et al.* (2010a), le contexte paysager du site influence le taux de mortalité des chiroptères :

- 5-20 individus impactés/éolienne/an dans les parcs situés dans le littoral ou sur des crêtes,
- **2-5 individus impactées/éolienne/an dans les parcs situés dans des paysages bocagers et agricoles,**
- 0-3 individus impactés/éolienne/an dans les parcs situés sur des plaines agricoles homogènes.

Le contexte paysager du parc éolien de Saint-Morand est assimilable à la deuxième configuration décrite par cet auteur. En 2024, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand est donc **légèrement supérieure** aux taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Rydell *et al.*, 2010a) mais aucune mortalité brute n'a été constatée, donc probablement maximisée par le fort biais de prédation.

3.6.2 Mortalité réelle estimée des oiseaux sur le parc éolien

Les formules présentées précédemment ont été appliquées sur l'ensemble des données brutes de mortalité des oiseaux afin de calculer leur mortalité réelle estimée sur le parc éolien de Saint-Morand (Tableau 13).

Eolienne	Nombre de cadavres	Mortalité estimée des oiseaux selon la formule de :		
		Jones et al. (2009)	Huso (2010)	Bastos et al. (2013)
E1	2	27,9	18,1	19,6
E2	1	16,7	10,8	17,7
E3	0	-	-	11,1
E4	0	-	-	9,8
Parc	3	47,3	30,7	41,7
Nombre d'oiseaux/éolienne		11,8	7,7	10,4
Intervalles de confiance à 95%		1,9	1,3	1,2

Tableau 13 : Mortalité réelle estimée des oiseaux, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024.

En utilisant les biais testés sur le parc éolien, la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Saint-Morand est estimée entre **7,7 ± 1,3** (Huso, 2010) et **11,8 ± 1,9** (Jones et al., 2009) oiseaux tués par éolienne, sur la période étudiée.

Une étude de 197 suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 par la LPO met en évidence une mortalité brute de 1,24 oiseaux/éolienne/an. Seuls 8 parcs éoliens de cette étude avaient présenté des calculs de mortalité estimée, tous en présence d'enjeux avifaunistiques forts (4 situés au sein de ZPS, 2 à moins de 1 000 mètres d'une ZPS, 1 en forêt en ZNIEFF et 1 en milieu bocager limitrophe d'une ZNIEFF et d'une ZSC), donnant une moyenne de 7 oiseaux/éolienne/an pour ce type de milieu (Marx, 2017). La mortalité estimée, étant donné le contexte environnemental du parc éolien de Saint-Morand avec moins d'enjeux avifaunistiques, est attendue plus faible que ce seuil.

En 2024, la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Saint-Morand est donc supérieure aux taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Marx, 2017), mais aucune espèce à enjeu n'a été retrouvé.

Pour rappel, les éoliennes E3 et E4 ne présentent aucune mortalité brute en 2024.

3.7 Vulnérabilité des espèces retrouvées

La méthodologie du calcul de la note de risque est tirée du guide « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres », édité par le Ministère de l'environnement, du développement durable et de l'énergie en novembre 2015. Bien que le protocole réglementaire ait été réévalué en 2018, la méthode de calcul de la note de risque, elle, reste inchangée.

Pour les oiseaux, la note de sensibilité à l'activité éolienne est déterminée en fonction de la mortalité européenne constatée (Dürr, 2023) pondérée par l'abondance relative de l'espèce, c'est-à-dire le nombre de couple nicheurs en Europe (BirdLife International) :

- Mortalité représentant plus de 1% du nombre de couples nicheurs : note de 4
- Mortalité représentant entre 0,1% et 1% du nombre de couples nicheurs : note de 3
- Mortalité représentant entre 0,01% et 0,1% du nombre de couples nicheurs : note de 2
- Mortalité représentant entre 0,001% et 0,01% du nombre de couples nicheurs : note de 1
- Mortalité représentant moins de 0,001% du nombre de couples nicheurs : note de 0

Pour les chiroptères, la note de sensibilité à l'activité éolienne est le rapport entre la mortalité européenne constatée de l'espèce sur celle toutes espèces de chiroptères confondues (Dürr, 2023) :

- Mortalité de l'espèce représentant plus de 5% de la mortalité totale : note de 4
- Mortalité de l'espèce représentant entre 0,5% et 5% de la mortalité totale : note de 3
- Mortalité de l'espèce représentant entre 0,1% et 0,5% de la mortalité totale : note de 2
- Mortalité de l'espèce représentant moins de 0,1% de la mortalité totale : note de 1

Enfin, la note de risque, ou vulnérabilité à l'éolien, est le résultat du croisement entre l'enjeu de conservation d'une espèce au niveau national (IUCN, 2017) et sa sensibilité avérée à l'activité des parcs éoliens, selon la matrice ci-dessous.

Enjeu de conservation	Sensibilité à l'éolien				
	0	1	2	3	4
DD, NA, NE	0,5	1	1,5	2	2,5
LC	1	1,5	2	2,5	3
NT	1,5	2	2,5	3	3,5
VU	2	2,5	3	3,5	4
CR, EN	2,5	3	3,5	4	4,5

Tableau 14 : Calcul de la note de risque d'une espèce à l'éolien, en fonction de sa sensibilité et de son statut de conservation à l'échelle nationale.

Sur le parc éolien de Saint-Morand, une espèce présente une vulnérabilité élevée (c'est-à-dire une note de risque supérieure ou égale à 3) : le **Faucon crécerelle** (un cadavre). Deux espèces présentent une vulnérabilité faible (c'est-à-dire une note de risque strictement inférieure à 2) : la **Gallinule poule-d'eau** (un cadavre) et l'**Etourneau sansonnet** (un cadavre). Les détails de ces calculs de note de risque sont présentés dans le Tableau 15 et en annexe 7.2.

Espèce		Nombre de cadavres en 2024	Eolienne(s) mortifère(s)	Période du cycle biologique	LR France	Note de risque
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	1	E2	Reproduction	NT	3
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	1	E1	Migration prénuptiale	LC	1,5
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	1	E1	Hivernage / Migration prénuptiale	LC	1

Tableau 15 : Vulnérabilité de chaque espèce retrouvée lors des suivis de mortalité au sol effectués sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024



Figure 16 : Faucon crécerelle (©Sens Of Life)



Figure 17 : Etourneau sansonnet (Domaine public CCO)



Figure 18 : Gallinule poule-d'eau (Domaine public CCO)

⇒ **Synthèse du suivi de mortalité au sol effectué en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand**

Trois cadavres ont été retrouvés au pied des éoliennes du parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Parmi eux, on dénombre trois oiseaux de trois espèces différentes : un **Faucon crécerelle** (*Falco tinnunculus*), dont la note de risque est de 3/4,5, une **Gallinule poule-d'eau** (*Gallinula chloropus*) dont la note de risque est de 1,5/4,5, ainsi qu'un **Etourneau sansonnet** (*Sturnus vulgaris*), dont la note de risque est de 1/4,5. Une fois cette mortalité brute corrigée avec les biais testés durant l'étude, la mortalité réelle estimée des oiseaux sur le parc éolien de Saint-Morand varie entre **7,7 ± 1,3** (Huso, 2010) et **11,8 ± 1,9** (Jones et al., 2009) **oiseaux tués par éolienne**, sur la période étudiée, de mars à octobre 2024, ce qui est **plus élevé** que les taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Marx, 2017), mais aucune espèce à enjeu n'a été retrouvé. Il est à noter que ces taux ont certainement été maximisés par le fort biais de prédation. Pour rappel, aucun cadavre d'oiseau n'a été découvert sous les éoliennes E3 et E4.

Aucun cadavre de chiroptère n'a été trouvé en 2024 sur le parc éolien de Saint-Morand. Une fois cette absence de mortalité brute corrigée avec les biais testés durant l'étude, la mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand est estimée à **5,2 ± 0,6 chiroptères tués par éolienne** (Bastos et al., 2013), sur la période étudiée, de mars à octobre 2024. En 2024, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand est donc **légèrement supérieure** aux taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Rydell et al., 2010a) mais aucune mortalité brute n'a été constatée, donc probablement maximisée par le fort biais de prédation.

4 SUIVI DE L'ACTIVITE ACOUSTIQUE DES CHIROPTERES

4.1 Matériel et méthodes

4.1.1 Enregistrement acoustique

Les suivis d'activité chiroptérologique en altitude permettent de définir précisément les niveaux d'activité et les cortèges d'espèces qui interagissent avec les pales des machines depuis la mise en service du parc éolien.

Le suivi des chiroptères a été réalisé du 14 mars au 31 octobre 2024, afin de comprendre comment le site est utilisé par ces espèces et pouvoir mesurer le niveau d'activité au sein du parc éolien. Idéalement, il s'agit de comparer, lorsque c'est possible et que les protocoles le permettent, le niveau d'activité ainsi que les espèces rencontrées avant et après l'implantation du parc éolien pour en mesurer les effets.

Afin de qualifier les déplacements en hauteur, un dispositif d'enregistrement TrackBat (version acoustique) a été mis en place en nacelle des éoliennes E2 et E4 le 14/03/2024. La pose de ces enregistreurs a pour objectifs :

- De caractériser le cortège d'espèces et ses variations au cours de la période d'étude ;
- De quantifier l'activité de chaque espèce et ses variations au cours de la période d'étude.

Ces éoliennes ont été sélectionnées pour l'étude acoustique en nacelle car elles permettent de superviser les deux clusters d'éoliennes du parc éolien pour la régulation dynamique ProBat®, que sont les groupements E1/E2 et E3/E4.

- Enregistreurs

Les enregistreurs du dispositif TrackBat mis à disposition sont des enregistreurs numériques à deux voies, configurés pour échantillonner à 196 kHz sur 16 bits. L'enregistrement est déclenché uniquement :

- Entre une heure avant le coucher du soleil et une heure après le lever du soleil,
- Si l'intensité sonore au-dessus de 10 kHz dépasse le bruit de fond de 5 dB.

Ce paramétrage permet de détecter l'ensemble des espèces européennes (le Petit Rhinolophe étant détecté grâce à ses harmoniques basses).

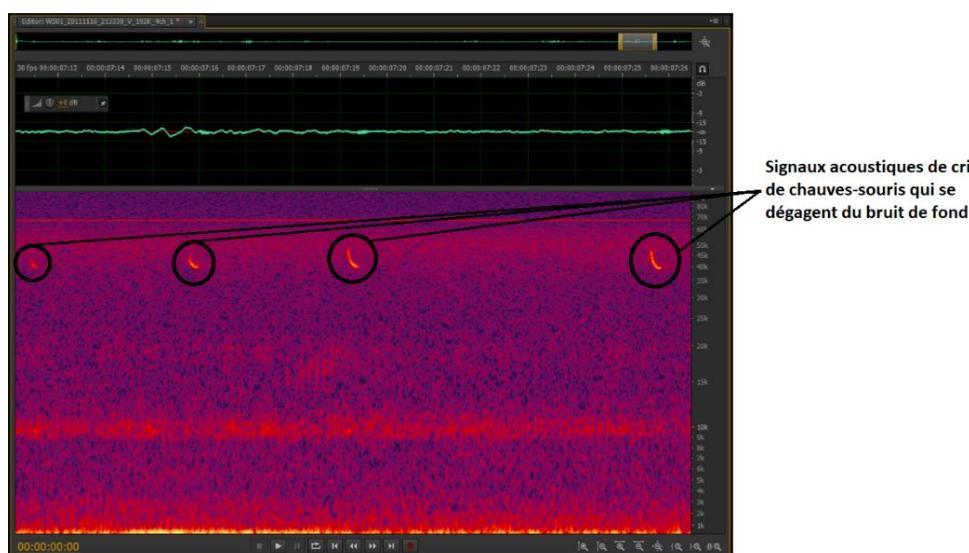


Figure 19 : Exemple de fichier son collecté sur le système d'enregistrement TrackBat.

Le stockage est réalisé sur un disque SSD de 2 To : cette capacité de stockage permet de limiter les opérations de maintenance. Ils disposent d'une connexion 4G permettant d'évaluer à distance les paramètres critiques du fonctionnement du matériel (nombre de fichiers enregistrés, tension d'alimentation, espace de stockage libre). Cet enregistreur est monté dans un boîtier métallique étanche IP67.

- Microphones

Les microphones sont construits autour d'une capsule Mem's blindée électromagnétiquement et omnidirectionnelle. Ils sont montés grâce à un support amortisseur évitant les propagations des bruits de la structure dans les microphones (vibrations de la machine, bruits de fonctionnement...). Les microphones sont fixés à l'intérieur de la nacelle.



Figure 20 : Boîtier TrackBat (à gauche) et microphone déporté (à droite), mobilisés pour les études en altitude en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand

Le taux de disponibilité du système TrackBat® au cours de l'étude acoustique des chiroptères sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024 a été de 94,5% pour le TrackBat® en nacelle de l'éolienne E2 et de 97% pour le TrackBat® en nacelle de l'éolienne E4.

4.1.2 Méthode d'analyse des sons

Lors de suivis sur de longues périodes, le principe de l'identification des chiroptères est fondé sur :

- L'analyse de leurs émissions ultrasonores (fréquence terminale, incursion en fréquence, fréquence de maximum d'énergie, durée, intervalle...),
- La comparaison de ces mesures à des bases de données telles que celles discutées par Michel Barataud dans l'ouvrage « Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe » (2012).

Néanmoins, l'utilisation des signaux d'écholocation pour l'identification des différentes espèces de chiroptères n'est pas toujours possible, compte tenu des recouvrements de caractéristiques entre certains signaux provenant d'espèces différentes. Ces limites sont accentuées par la qualité des sons enregistrés : un fort bruit de fond ou des parasites gênent l'identification en accentuant les recouvrements entre espèces. Dans ce cas, l'identification est limitée au groupe d'espèces, comme présentée dans le Tableau 16.

Nom vernaculaire de l'espèce	Nom scientifique de l'espèce	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 de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Murin de Capaccini	
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches	
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 bechsteini</i>	Murin de Bechstein	
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer	
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	
Sérotine bicolore	<i>Vesperillo Murinus</i>	Sérotine bicolore	
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Vespère de savi	
Pipistrelle soprane	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle soprane	
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Minioptère de Schreibers	Pipistrelle / Minioptère
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>		
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		Oreillards sp.
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobularis</i>		
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe	
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Grande Noctule	
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Molosse de Cestoni	Molosse / Grande Noctule

Tableau 16 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores.

Compte tenu des incertitudes de classification de certaines espèces, les identifications à l'espèce ne sont pas utilisées pour le groupe des murins. Ce groupe d'espèces volant à basse altitude, il n'est habituellement peu ou pas retrouvé à hauteur de nacelle et est donc très peu impacté par les pales des éoliennes.

Dans cette étude, l'identification des sonogrammes a été menée en les traitant d'abord grâce à un réseau de neurones développé par Sens Of Life pour retirer les sons parasites (taux d'efficacité de 99,71% sur une base de données de plus de 250 000 sons) puis grâce au logiciel Sonochiro® (<https://sonochiro.biotope.fr/>), développé par Biotope, pour déterminer les espèces. Il est possible que les sons restés indéterminés à la suite de ce traitement aient été analysés manuellement pour diminuer le taux d'incertitude du cortège.

4.1.3 Evaluation des indices d'activité

Avec les réserves formulées dans le paragraphe précédent, les indices d'activité ont été déterminés de manière brute, ainsi qu'en prenant en compte une correction du volume de détection. En effet, les espèces rencontrées émettent avec une intensité différente des cris dont les fréquences sont atténuees de manière différente par l'atmosphère (Figure 21 et Figure 22).

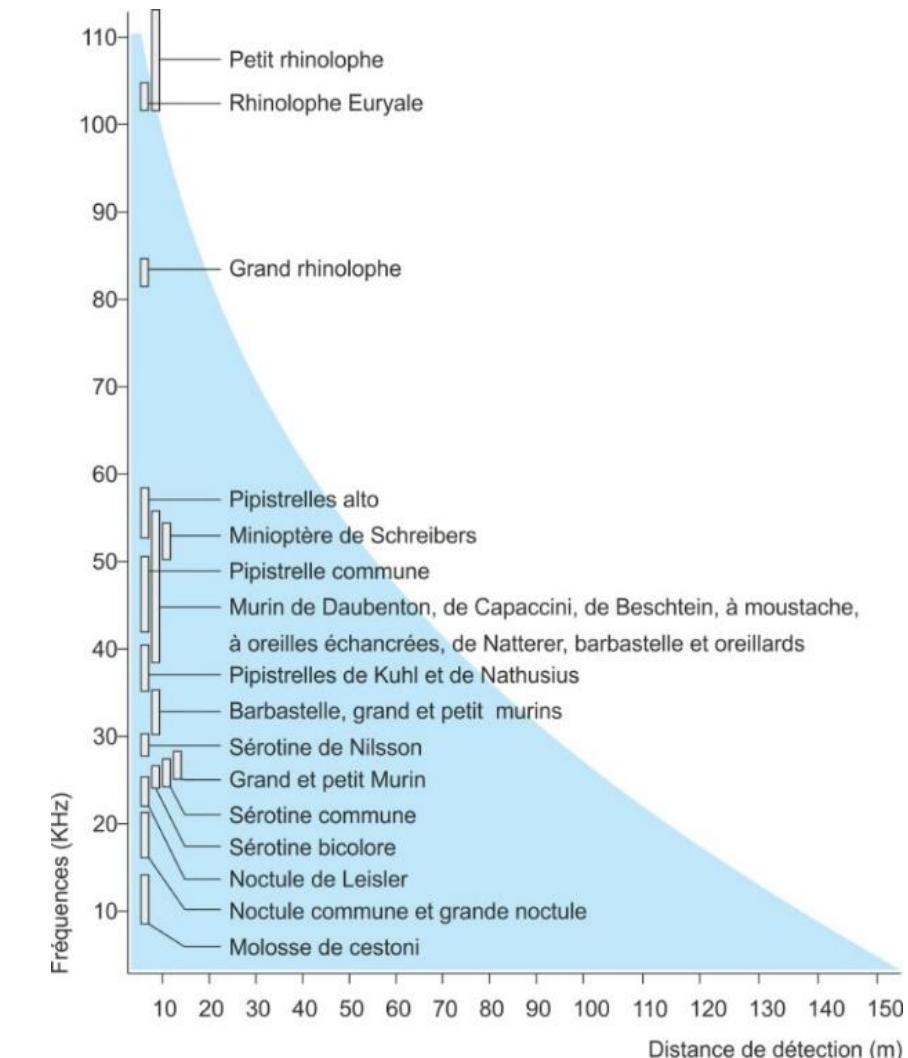


Figure 21 : Représentation des volumes de détection en fonction des groupes d'espèces

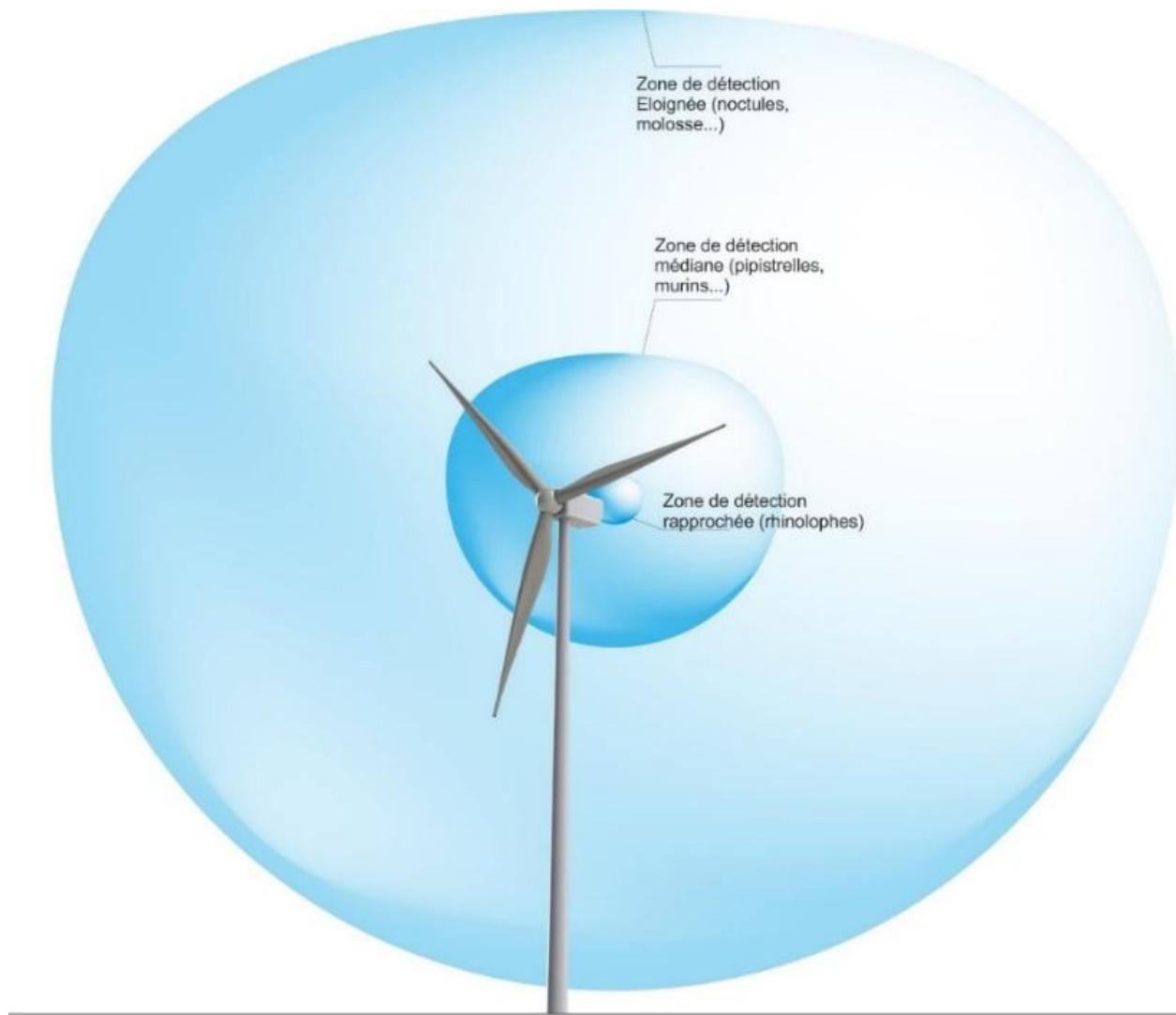


Figure 22 : Distance de détection des espèces de chauves-souris en fonction de leur fréquence d'émission

Pour prendre en compte ces variations, nous avons utilisé les facteurs de correction préconisés par Michel Barataud récapitulés dans le Tableau 17. De manière générale, l'application de ces coefficients permet de rétablir le rapport des indices d'activité entre les petites espèces utilisant des fréquences élevées, fortement absorbées par l'atmosphère, et les grosses espèces émettant des sons très puissants sur des fréquences basses, peu absorbées par l'atmosphère. **Dans le cas du parc éolien de Saint-Morand, l'enregistreur étant installé en nacelle, les coefficients appliqués sont ceux en milieu ouvert.**

Milieux ouverts et semi-ouverts				Sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	Distance de détection (m)	Coefficient de détectabilité
Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	Très faible à faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50		<i>Plecotus spp. (durée < 4 ms)</i>	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,13
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,13
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferr./eur./meh.</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
Moyenne	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25		<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25		<i>Myotis blythii</i>	15	1,67
	<i>Plecotus spp. (durée 4-6 ms)</i>	20	1,25		<i>Myotis myotis</i>	15	1,67
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00	Moyenne	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00		<i>Miniopterus schreibersii</i>	20	1,25
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00		<i>Plecotus spp. (durée 4-6 ms)</i>	20	1,25
Forte	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00
	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63		<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63	Forte	<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
	<i>Plecotus spp. (durée > 6 ms)</i>	40	0,63		<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
Très forte	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50
	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50		<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50
	<i>Vesperotilio murinus</i>	50	0,50		<i>Vesperotilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31	Très forte	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17

Tableau 17 : Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes, M. Barataud, 2020

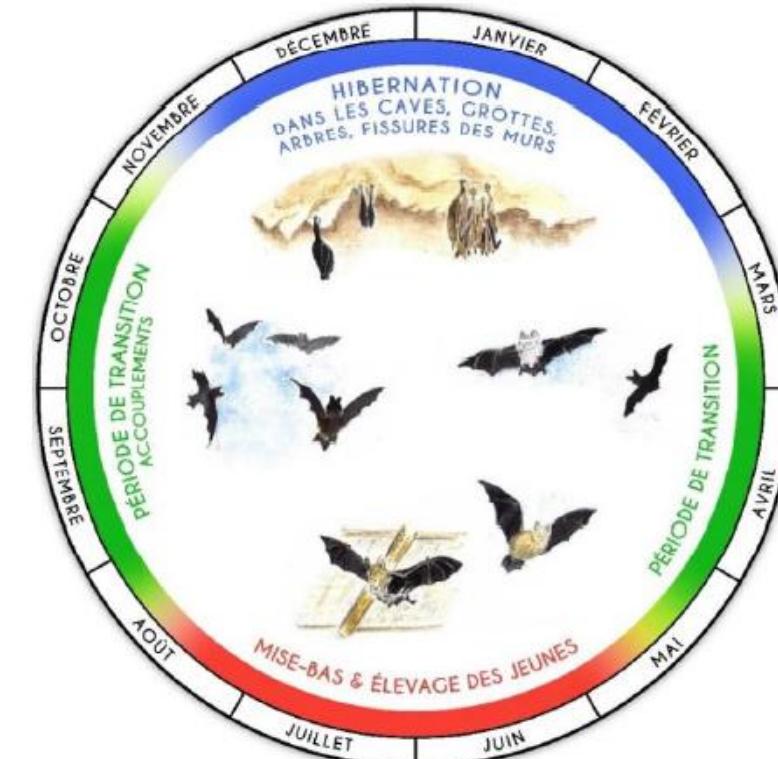


Figure 23 : Cycle biologique des chiroptères, LPO Touraine.

4.2 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique

4.2.1 Activité des chiroptères en nacelle de l'éolienne E2

4.2.1.1 Activité brute et corrigée par espèce

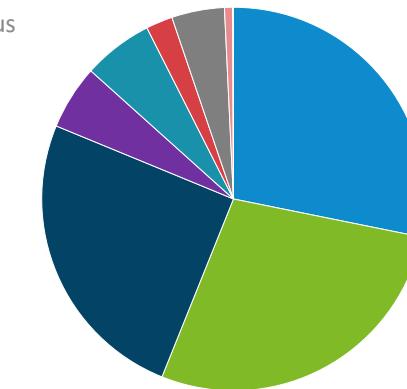
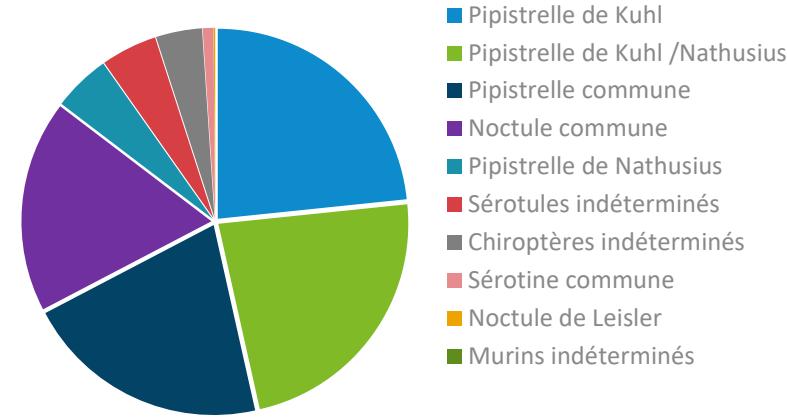
Ces suivis permettent de caractériser les espèces fréquentant le site et leurs activités. Le Tableau 18 synthétise le nombre de contacts bruts et corrigés pour chaque espèce contactée à hauteur de la nacelle de l'éolienne E2. Au total, 10 692 contacts de chiroptères ont été enregistrés en nacelle de cette éolienne. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 8 865 contacts sont comptabilisés.

Six espèces ont été contactées et déterminées avec précision (Tableau 18) :

- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 28,2% des contacts ;
- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 25,1% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 5,9% des contacts ;
- La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) représente 5,4% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 0,7% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 0,1% des contacts ;
- Le groupe des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius indifférenciées représente 27,9% des contacts ;
- Le groupe des Chiroptères indéterminés représente 4,5% des contacts ;
- Le groupe des Sérotules indéterminées représente 2,3% des contacts ;
- Le groupe des Murins indéterminés représente 0,01% des contacts.

		Contacts bruts		Contacts corrigés	
		Nombre	Proportion	Nombre	Proportion
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	2 498	23,4%	2 498,0	28,2%
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2 228	20,8%	2 228,0	25,1%
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	1 927	18,0%	481,8	5,4%
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	523	4,9%	523,0	5,9%
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	97	0,9%	61,1	0,7%
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	14	0,1%	4,3	0,1%
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée		2 473	23,1%	2 473,0	27,9%
Chiroptère indéterminé		420	3,9%	394,8	4,5%
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée		511	4,8%	199,3	2,3%
Murin indéterminé		1	0,01%	1,0	0,01%
Total toutes espèces confondues		10 692	-	8 864,3	-

Tableau 18 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.



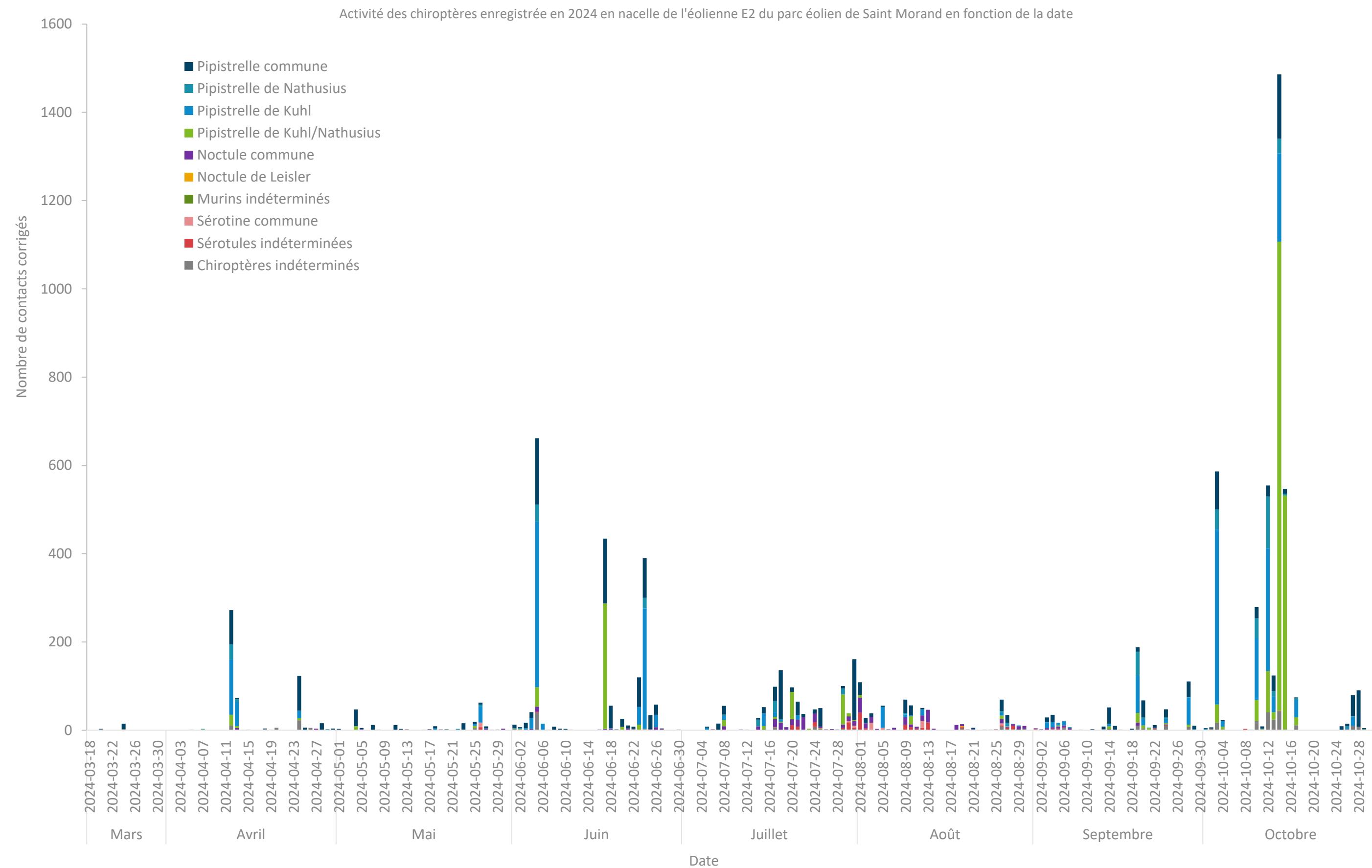
Graphique 9 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

4.2.1.2 Activité des chiroptères en fonction de la date

En nacelle de l'éolienne E2, la totalité des contacts a été enregistrée du 20 mars au 29 octobre 2024 (Graphique 10). Aucun contact de chiroptère n'a été enregistré entre le 14 mars, date d'installation de l'enregistreur, et le 19 mars 2024, et entre le 30 et le 31 octobre 2024, date de fin de l'étude.

Sur cette période, un pic d'activité a été enregistré le 14/10/2024 (avec n = 1 488 contacts, soit 16,8% de l'activité totale enregistrée), en période de migration automnale, et était composé de 1 063 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée, 200 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 146 contacts de **Pipistrelle commune**, 43 contacts de chiroptère indéterminé, 33 contacts de **Pipistrelle de Nathusius**, 2 contacts de Sérotule indéterminée et 1 contact de **Noctule commune**.

La **Pipistrelle commune** est la première espèce à avoir été enregistrée (avec un contact de chiroptère indéterminé) et parmi les dernières également (avec le groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius et de chiroptère indéterminé), montrant ainsi la plus grande amplitude d'activité en termes de dates. **Plus de 90% des contacts de chiroptères autour de cette éolienne se sont concentrés entre le 11/05/2024 et le 15/10/2024.**



Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Le Tableau 19, le Tableau 20 et le Tableau 21 précisent le détail de l'activité brute et corrigée de chaque espèce de chiroptères en nacelle de l'éolienne E2, respectivement lors des périodes de migration printanière (du 15 mars au 15 mai), de parturition (du 16 mai au 15 août) et de migration automnale (du 16 août au 31 octobre).

Migration printanière	Contacts bruts	Contacts corrigés
	E2	E2
Pipistrelle commune	267	267
Pipistrelle de Kuhl	198	198
Pipistrelle de Natusius	43	43
Noctule commune	68	17
Chiroptère indéterminé	54	50,8
Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée	44	44
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée	11	4,3
Total toutes espèces confondues	685	624

Tableau 19 : Activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le parc de Saint-Morand en 2024.

Parturition	Contacts bruts	Contacts corrigés
	E2	E2
Pipistrelle commune	1223	1223
Pipistrelle de Kuhl	944	944
Noctule commune	1505	376,3
Pipistrelle de Natusius	134	134
Sérotine commune	89	56,1
Noctule de Leisler	6	1,9
Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée	552	552
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée	409	159,5
Chiroptère indéterminé	91	85,5
Total toutes espèces confondues	4 953	3 532,2

Tableau 20 : Activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc de Saint-Morand en 2024.

Migration automnale	Contacts bruts	Contacts corrigés
	E2	E2
Pipistrelle de Kuhl	1356	1356
Pipistrelle commune	738	738
Pipistrelle de Natusius	346	346
Noctule commune	354	88,5
Sérotine commune	8	5,0
Noctule de Leisler	8	2,5
Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée	1877	1877
Chiroptère indéterminé	275	258,5
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée	91	35,5
Murin indéterminé	1	1,0
Total toutes espèces confondues	5 054	4 708,0

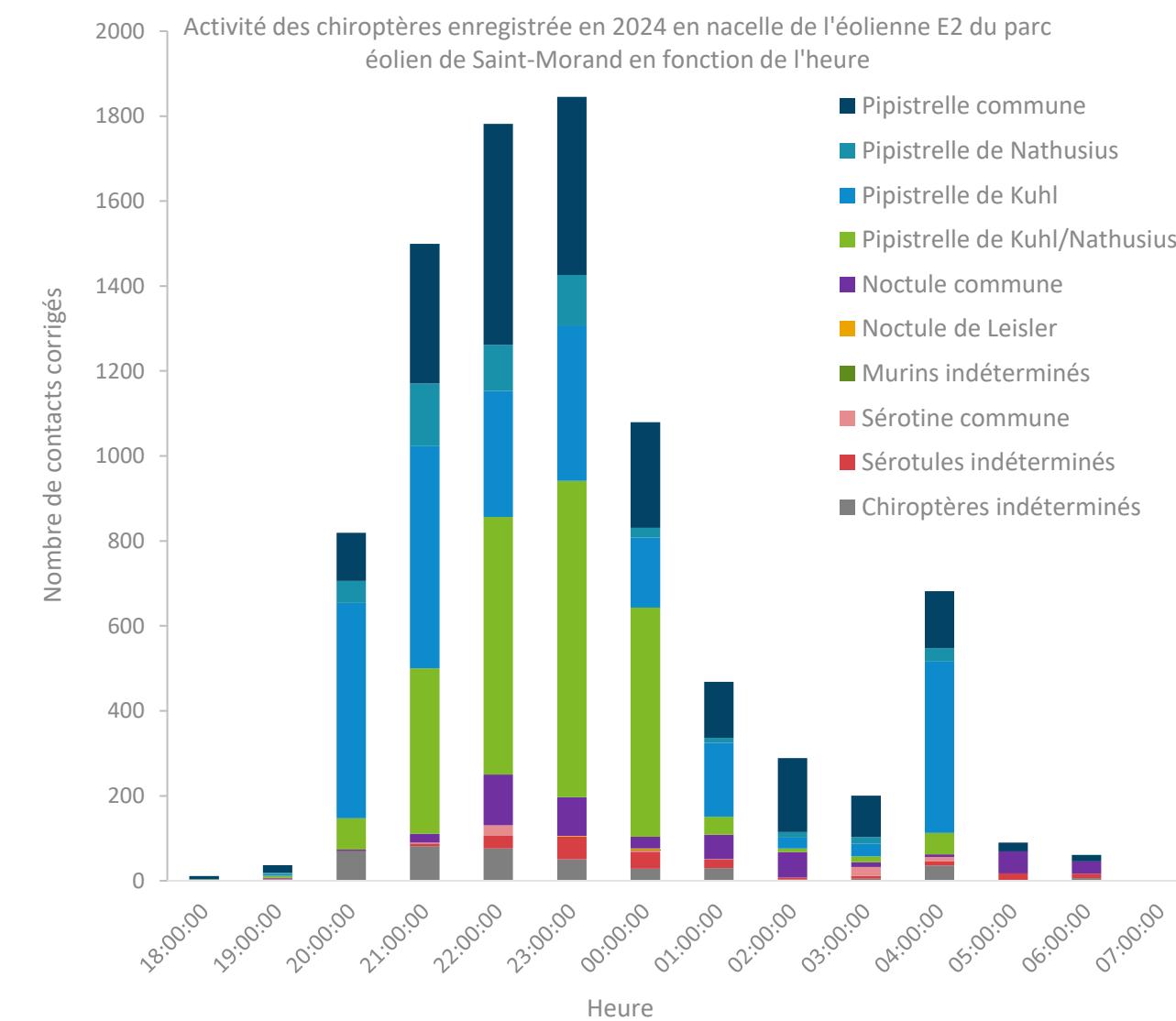
Tableau 21 : Activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le parc de Saint-Morand en 2024.

4.2.1.3 Activité des chiroptères en fonction de l'heure

En nacelle de l'éolienne E2, l'ensemble de l'activité se déroule entre 18h00 et 08h00 (Graphique 11) avec un pic d'activité entre 23h00 et 00h00 ($n = 1\ 846$ contacts, soit 20,8% de l'activité totale enregistrée), composé de 744 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée, 419 contacts de **Pipistrelle commune**, 366 de **Pipistrelle de Kuhl**, 119 contacts de **Pipistrelle de Natusius**, 92 contacts de **Noctule commune**, 53 contacts de Sérotule indéterminée, 51 contacts de chiroptère indéterminé et 2 contacts de **Noctule de Leisler**.

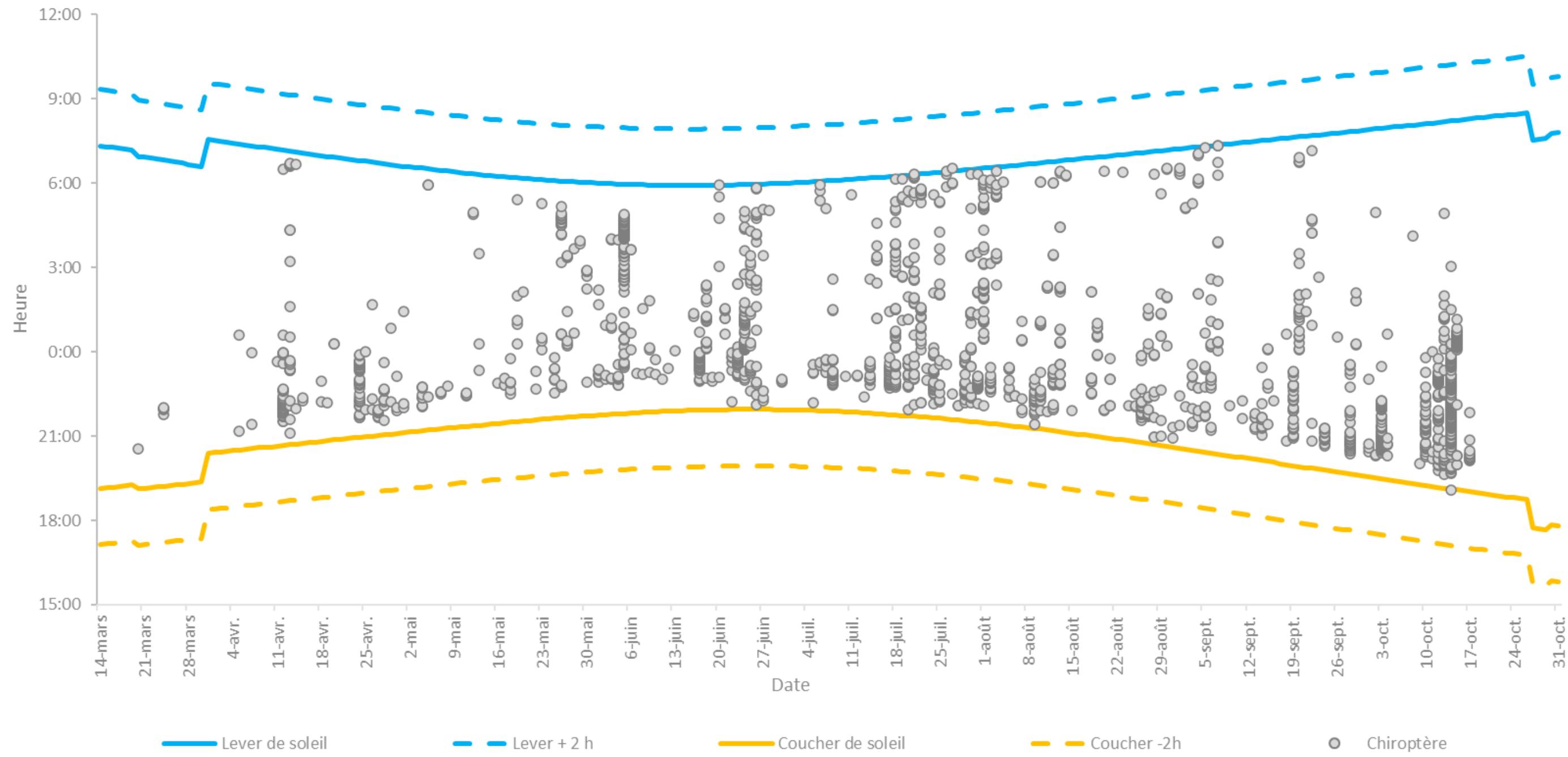
La **Pipistrelle commune** est l'espèce enregistrée le plus tôt, entre 18h00 et 19h00 (avec le groupe des Pipistrelles de Kuhl/Natusius indifférenciées et les chiroptères indéterminés), et la **Noctule commune** est l'espèce enregistrée le plus tard, entre 07h00 et 08h00.

La majeure partie de l'activité des chiroptères est concentrée entre le coucher et le lever du soleil (Graphique 12), dont plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2024 se situant entre 20h00 et 04h00, ce qui illustre donc que l'activité est bien continue tout au long de la nuit sur le parc éolien.



Graphique 11 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand.

Activité des chiroptères enregistrée en 2024 en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand en fonction du lever et du coucher du soleil



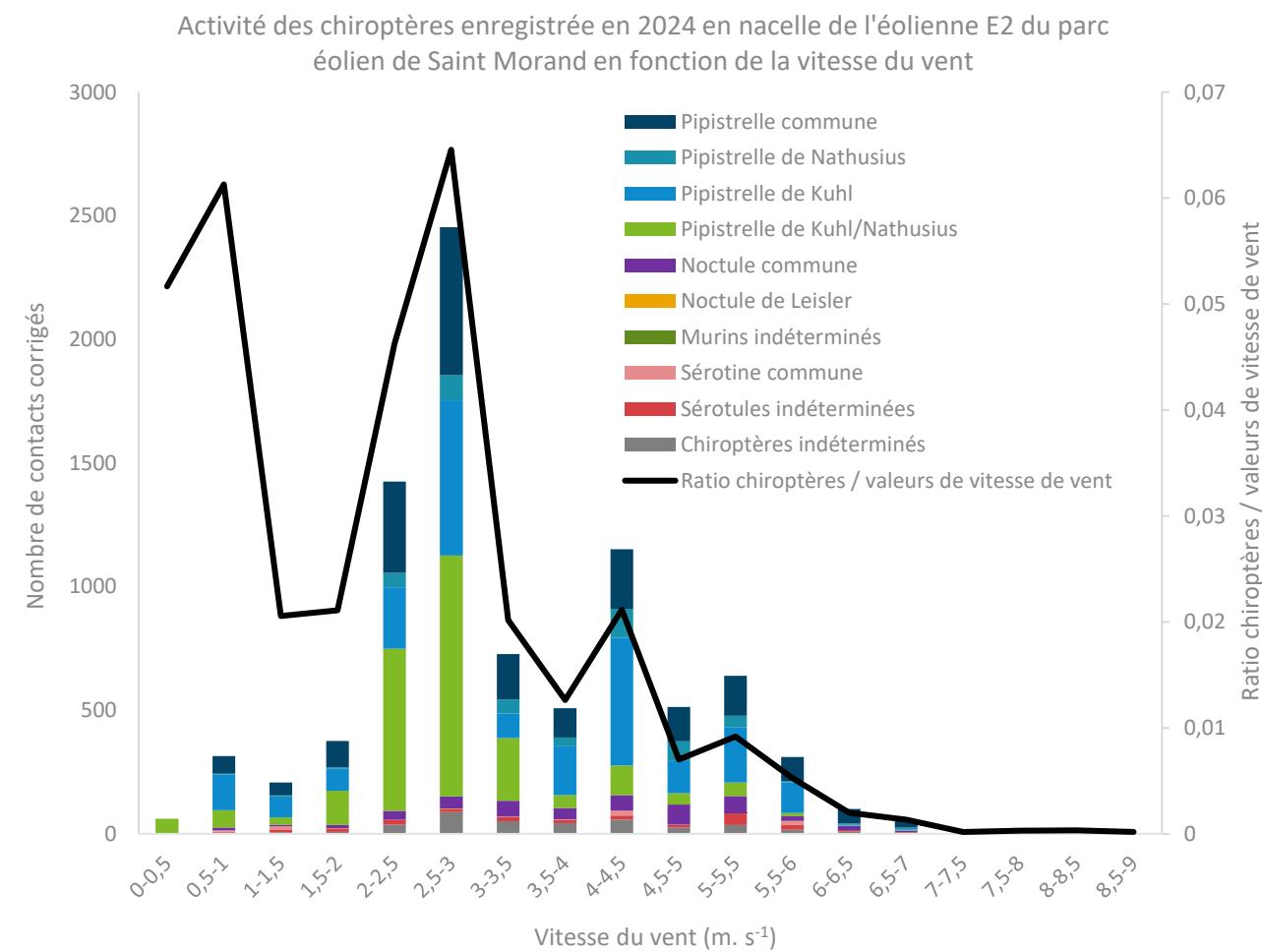
Graphique 12 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Saint-Morand.

4.2.1.4 Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

L'activité des chiroptères est caractérisée par des vitesses de vent comprises entre 0 et 9 m.s⁻¹ (Graphique 13). Elle augmente de manière irrégulière avec la vitesse de vent jusqu'à un pic d'activité pour des vents compris entre 2,5 et 3,0 m.s⁻¹ ($n = 2\,455$ contacts, soit 27,7% de l'activité totale enregistrée), composé de 973 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée, 628 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 598 contacts de **Pipistrelle commune**, 102 contacts de **Pipistrelle de Nathusius**, 89 contacts de chiroptère indéterminé, 50 contacts de **Noctule commune**, 12 contacts de Sérotule indéterminée et 3 contacts de **Noctule de Leisler**. Ensuite, cette activité diminue irrégulièrement jusqu'à devenir nulle après 9,0 m.s⁻¹, alors que des valeurs de vitesses de vent jusqu'à 19,0 m.s⁻¹ ont bien été enregistrées sur le parc.

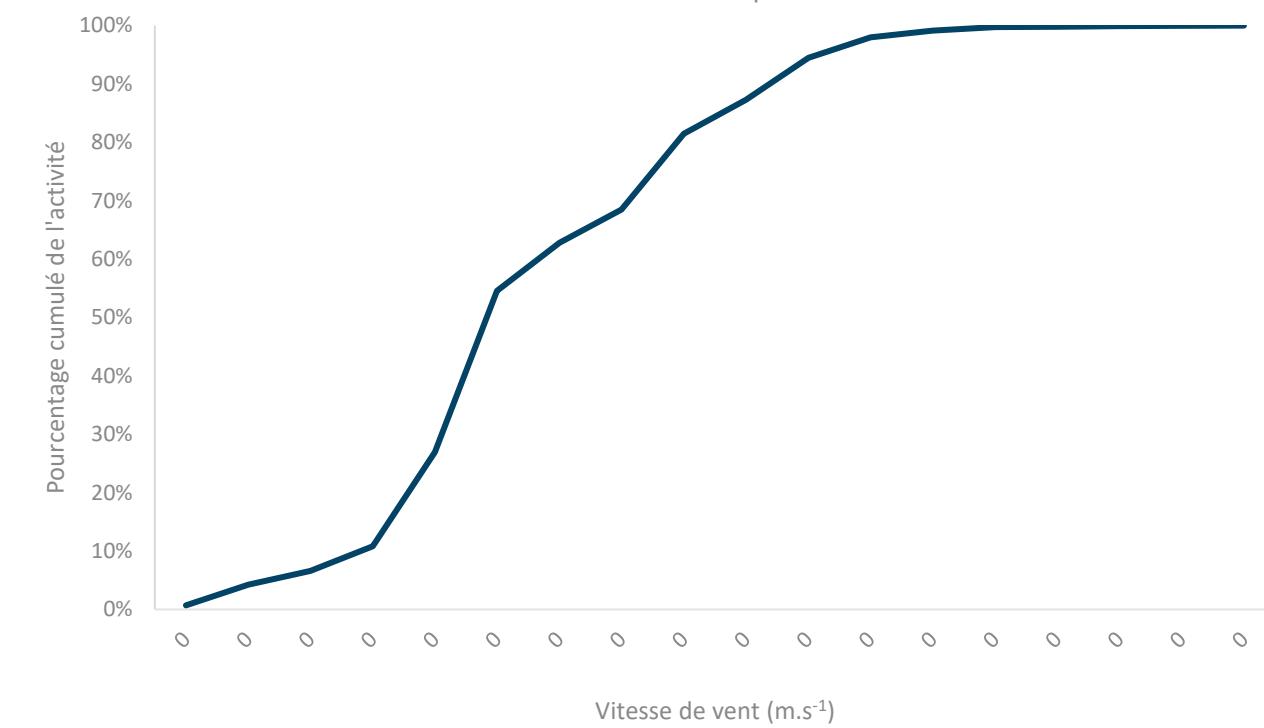
Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2024 se caractérisent par des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s⁻¹. La **Pipistrelle de Kuhl** (ainsi que des contacts de Sérotules et chiroptères indéterminés) est l'espèce qui a été enregistrée pour la plus forte vitesse de vent.

Le ratio du nombre de contacts de chiroptères sur le nombre de valeurs de vitesse de vent enregistrées sur le parc éolien (courbe noire) met en lumière le fait que pour des vitesses de vent de 0 à 2,5 m.s⁻¹, le nombre de contacts de chiroptères est élevé par rapport au nombre de valeurs enregistrées pour ces vitesses de vent. Ensuite, cette courbe suit globalement le nombre de valeurs enregistrées pour chaque vitesse de vent.



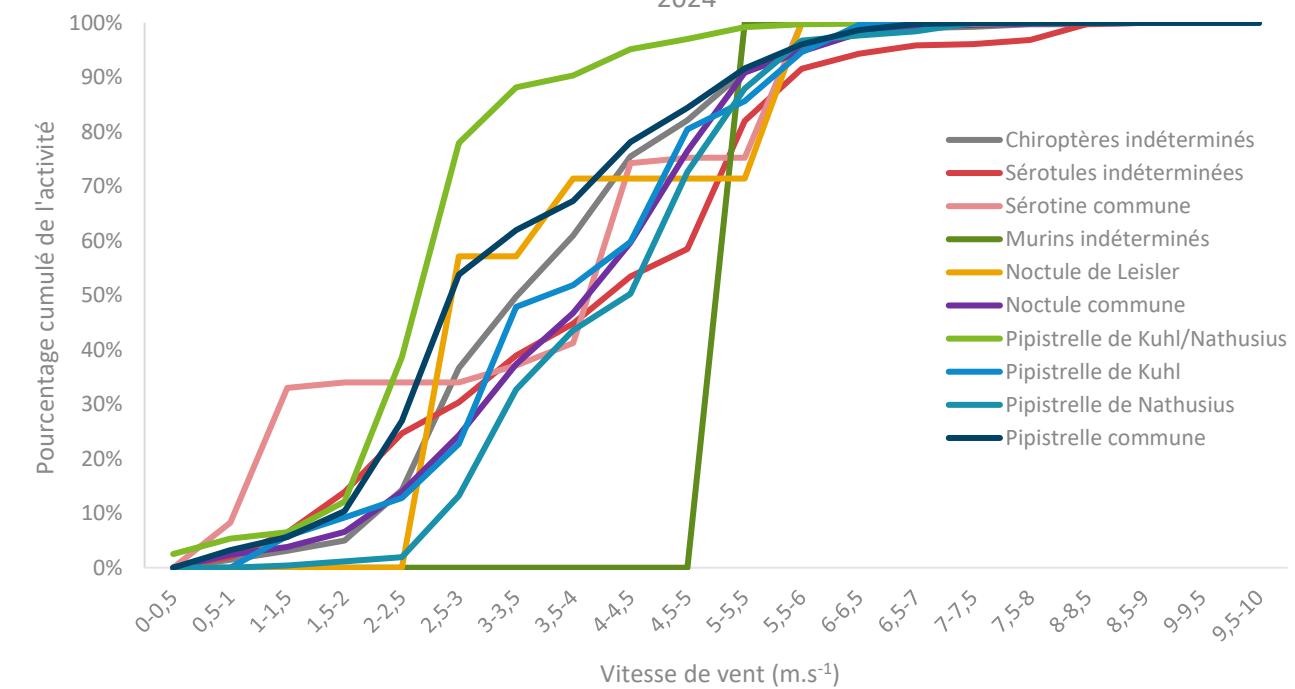
Graphique 13 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent (m.s⁻¹), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc de Saint-Morand en 2024



Graphique 14 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024



Graphique 15 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc de Saint-Morand en 2024

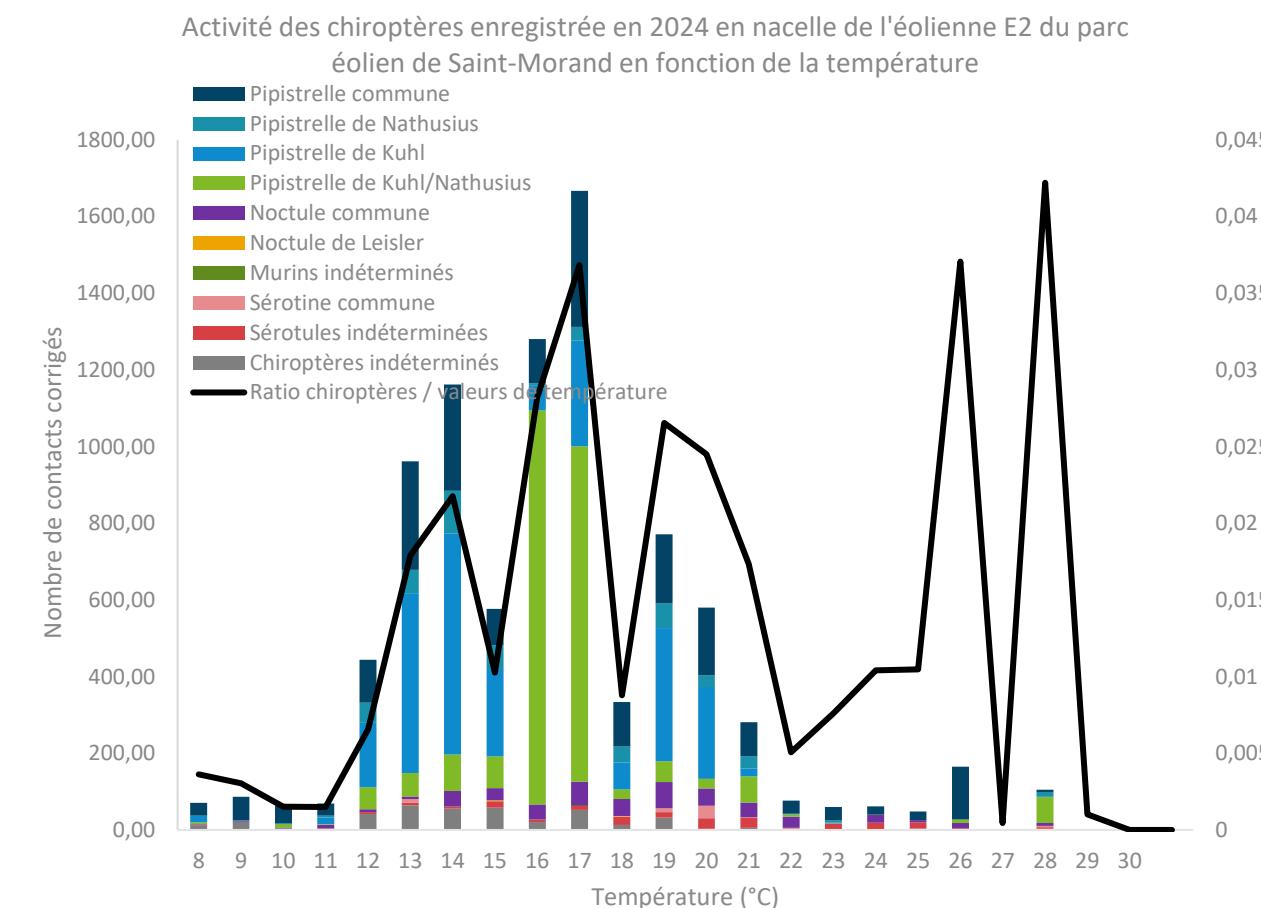
4.2.1.5 Activité des chiroptères en fonction de la température

L'activité des chiroptères est caractérisée par des températures comprises entre 8°C et 30°C (Graphique 16), alors que des valeurs de température plus extrêmes (de 3°C à 32°C) ont bien été enregistrées sur le parc.

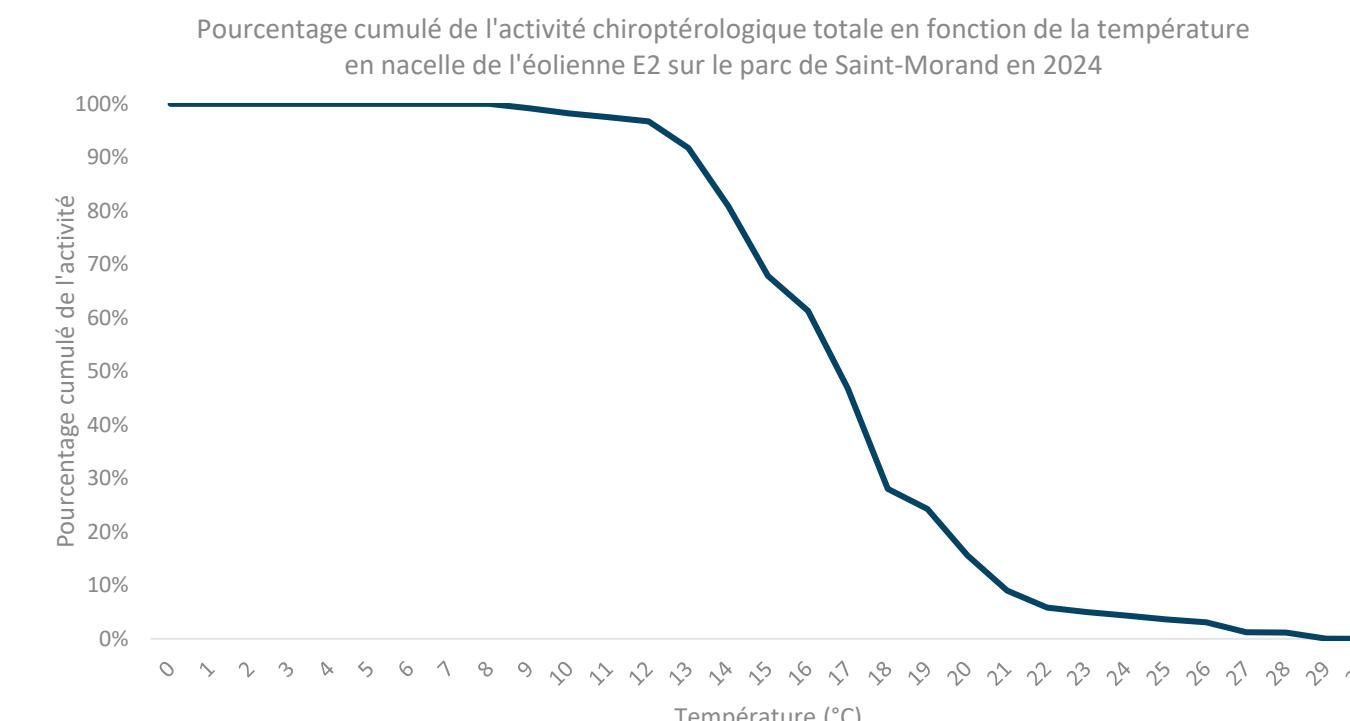
L'activité des chiroptères augmente de manière irrégulière avec la température jusqu'à un pic d'activité à 17°C ($n = 1\ 668$ contacts, soit 18,8% de l'activité totale), composé de 875 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée, 355 contacts de **Pipistrelle commune**, 276 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 62 contacts de **Noctule commune**, 53 contacts de chiroptère indéterminé, 35 contacts de **Pipistrelle de Nathusius**, 11 contacts de Sérotule indéterminée et 1 contact de Murin indéterminé. Ensuite, cette activité diminue irrégulièrement jusqu'à devenir nulle après 29°C.

Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2024 se caractérisent par des températures comprises entre 12°C et 22°C. La **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Noctule commune** sont les espèces qui ont été enregistrées pour la température la plus fraîche (ainsi que les groupes de Sérotules indéterminés, Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée et les chiroptères indéterminés).

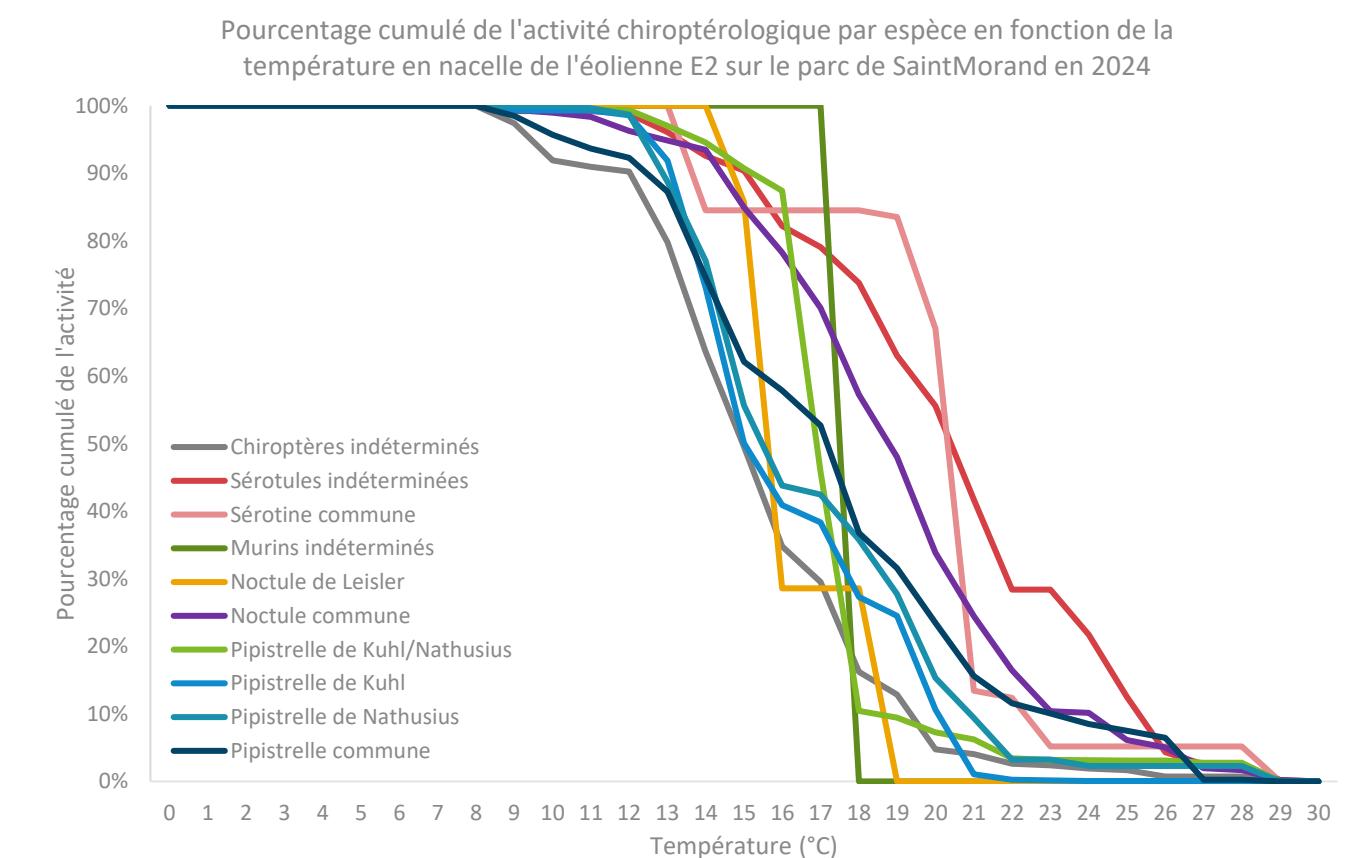
Le ratio du nombre de contacts de chiroptères sur le nombre de valeurs de température enregistrées sur le parc éolien (courbe noire) met en lumière le fait qu'au-delà de 19°C, le nombre de contacts de chiroptères est élevé par rapport au nombre de valeurs enregistrés pour ces températures, en particulier à 26°C et 28°C. En-dessous de 19°C, le nombre de contacts de chiroptères suit globalement le nombre de valeurs enregistrées pour chaque température.



Graphique 16 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.



Graphique 17 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024



Graphique 18 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

4.2.1.6 Activité des chiroptères en fonction du vent et de la température combinés

Le Tableau 22 présente l'activité des chiroptères en nacelle de l'éolienne E2 en fonction de la vitesse du vent et de la température combinées. Pour plus de lisibilité, les températures extrêmes et les fortes vitesses de vent n'enregistrant aucun contact de chiroptère n'ont pas été incluses dans le tableau.

On observe un pic d'activité de 815 contacts pour une température de 17°C combinée à une vitesse de vent comprise entre 2,5 et 3,0 m.s⁻¹ (Tableau 22). **Plus de 90% de l'activité chiroptérologique enregistrée en 2024 se caractérise par une vitesse de vent inférieure ou égale à 5,5 m.s⁻¹ combinée à une température supérieure ou égale à 12°C (encadré rouge).**

	Température (°C)																												Total	
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29								
Vitesse de vent (m.s ⁻¹)	0-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	Total											
0-0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	
0,5-1	0	0	0	0	0	78	95	3	64	16	37	7	7	0	2	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	315	
1-1,5	0	1	0	0	3	117	0	0	32	0	3	12	29	8	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	208	
1,5-2	0	19	0	9	0	0	79	9	57	111	1	11	7	40	7	0	0	26	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	375	
2-2,5	1	12	2	8	22	242	225	9	477	157	5	41	56	22	0	0	0	0	117	2	29	0	0	0	0	0	0	0	1425	
2,5-3	4	18	17	3	68	165	303	23	255	815	76	331	234	25	19	0	0	3	26	0	69	0	0	0	0	0	0	0	2453	
3-3,5	14	17	0	0	66	15	9	89	225	121	2	64	4	85	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	727
3,5-4	40	4	3	4	68	81	4	6	24	178	12	35	23	23	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	508
4-4,5	12	8	17	0	111	131	274	167	61	133	73	60	40	4	24	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1151
4,5-5	1	0	17	6	51	20	29	112	4	33	41	107	56	5	16	0	9	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	513
5-5,5	0	6	7	7	24	28	63	106	70	67	39	41	117	5	2	14	14	10	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640	
5,5-6	0	1	0	21	9	59	54	29	5	25	17	57	6	0	2	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	311
6-6,5	0	1	0	9	15	15	18	11	4	2	20	4	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
6,5-7	0	0	0	1	7	8	9	8	1	2	8	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
7-7,5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
7,5-8	0	0	0	0	0	0	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
8-8,5	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
8,5-9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	71	87	63	69	444	961	1161	576	1280	1667	334	771	580	281	77	60	62	48	165	2	105	1	0	0	0	0	0	0	8864	

Tableau 22 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s⁻¹) combinées en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

4.2.2 Activité des chiroptères en nacelle de l'éolienne E4

4.2.2.1 Activité brute et corrigée par espèce

Ces suivis permettent de caractériser les espèces fréquentant le site et leurs activités. Le Tableau 23 synthétise le nombre de contacts bruts et corrigés pour chaque espèce contactée à hauteur de la nacelle de l'éolienne E4. Au total, 3 848 contacts de chiroptères ont été enregistrés sur le parc éolien de Saint-Morand. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 3 517 contacts sont comptabilisés.

Cinq espèces ont été contactées et déterminées avec précision (Tableau 22) :

- La **Pipistrelle commune** représente 38,8% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** représente 20,8% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Natusius** représente 9,3% des contacts ;
- La **Noctule commune** représente 2,7% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** représente 0,1% des contacts ;
- Le groupe des Pipistrelles de Kuhl/Natusius indifférenciées représente 21,0% des contacts ;
- Le groupe des Chiroptères indéterminés représente 6,7% des contacts ;
- Le groupe des Sérotules indéterminées représente 0,7% des contacts.

		Contacts bruts		Contacts corrigés	
		Nombre	Proportion	Nombre	Proportion
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1363	35,4%	1363,0	38,8%
Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée		739	19,2%	739,0	21,0%
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	732	19,0%	732,0	20,8%
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	378	9,8%	94,5	2,7%
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	328	8,5%	328,0	9,3%
Chiroptère indéterminé		241	6,3%	234,6	6,7%
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée		61	1,6%	23,8	0,7%
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	6	0,2%	1,9	0,1%
Total toutes espèces confondues		3 848	-	3516,8	-

Tableau 23 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.



Graphique 19 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

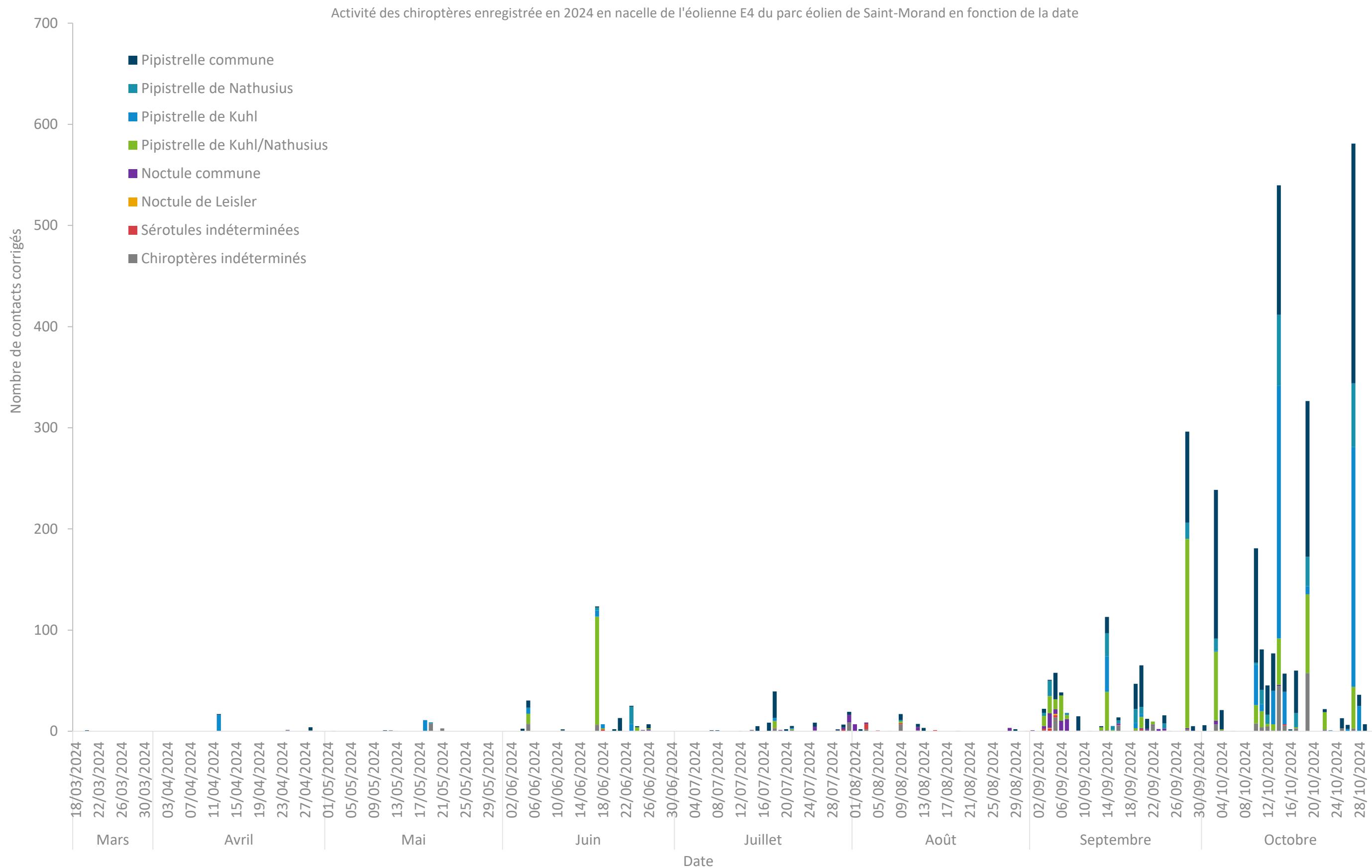
4.2.2.2 Activité des chiroptères en fonction de la date

En nacelle de l'éolienne E4, la totalité des contacts a été enregistrée du 20 mars au 29 octobre 2024 (Graphique 10). Aucun contact de chiroptère n'a été enregistré entre le 14 mars, date d'installation de l'enregistreur, et le 19 mars 2024, et entre le 30 et le 31 octobre 2024, date de fin de l'étude.

Sur cette période, deux pics d'activité ont été enregistrés (avec chacun $n > 500$ contacts, soit 32% de l'activité totale enregistrée) :

- Le premier pic a été enregistré le 14/10/2024 ($n = 540$ contacts, soit 15,4% de l'activité totale) en fin de période de migration automnale, et était composé de 250 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 128 contacts de **Pipistrelle commune**, 70 contacts de **Pipistrelle de Natusius**, 46 contacts de contacts de Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée, 45 contacts de chiroptère indéterminé et 1 contact de **Noctule commune** ;
- Le deuxième pic a été enregistré le 27/10/2024 ($n = 581$ contacts, soit 16,5% de l'activité totale) en fin de migration automnale, et était composé de 237 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 237 contacts de **Pipistrelle commune**, 63 contacts de **Pipistrelle de Natusius**, 41 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée et 3 contacts de chiroptère indéterminé.

La **Pipistrelle commune** est la première et la dernière espèce à avoir été enregistrée montrant ainsi la plus grande amplitude d'activité en termes de dates. Plus de 90% des contacts de chiroptères autour de cette éolienne se sont concentrés entre le 18/07/2024 et le 27/10/2024.



Graphique 20 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand en 2024.

Le Tableau 24, le Tableau 25 et le Tableau 26 précisent le détail de l'activité brute et corrigée de chaque espèce de chiroptères en nacelle de l'éolienne E4, respectivement lors des périodes de migration printanière (du 15 mars au 15 mai), de parturition (du 16 mai au 15 août) et de migration automnale (du 16 août au 31 octobre).

Migration printanière	Contacts bruts	Contacts corrigés
	E4	E4
Pipistrelle de Kuhl	16	16
Pipistrelle commune	6	6
Noctule commune	2	0,5
Chiroptère indéterminé	3	2,9
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée	1	0,4
Total toutes espèces confondues	28	25,8

Tableau 24 : Activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le parc de Saint-Morand en 2024.

Parturition	Contacts bruts	Contacts corrigés
	E4	E4
Pipistrelle commune	102	102
Pipistrelle de Kuhl	38	38
Noctule commune	115	28,8
Pipistrelle de Natusius	22	22
Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée	133	133
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée	35	13,7
Chiroptère indéterminé	54	52,6
Total toutes espèces confondues	499	390

Tableau 25 : Activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc de Saint-Morand en 2024.

Migration automnale	Contacts bruts	Contacts corrigés
	E4	E4
Pipistrelle commune	1255	1255
Pipistrelle de Kuhl	678	678
Pipistrelle de Natusius	306	306
Noctule commune	261	65,3
Noctule de Leisler	6	1,9
Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée	606	606
Chiroptère indéterminé	184	179,1
Sérotine et Noctule (Sérotule) indéterminée	25	9,8
Total toutes espèces confondues	3 321	3 101,0

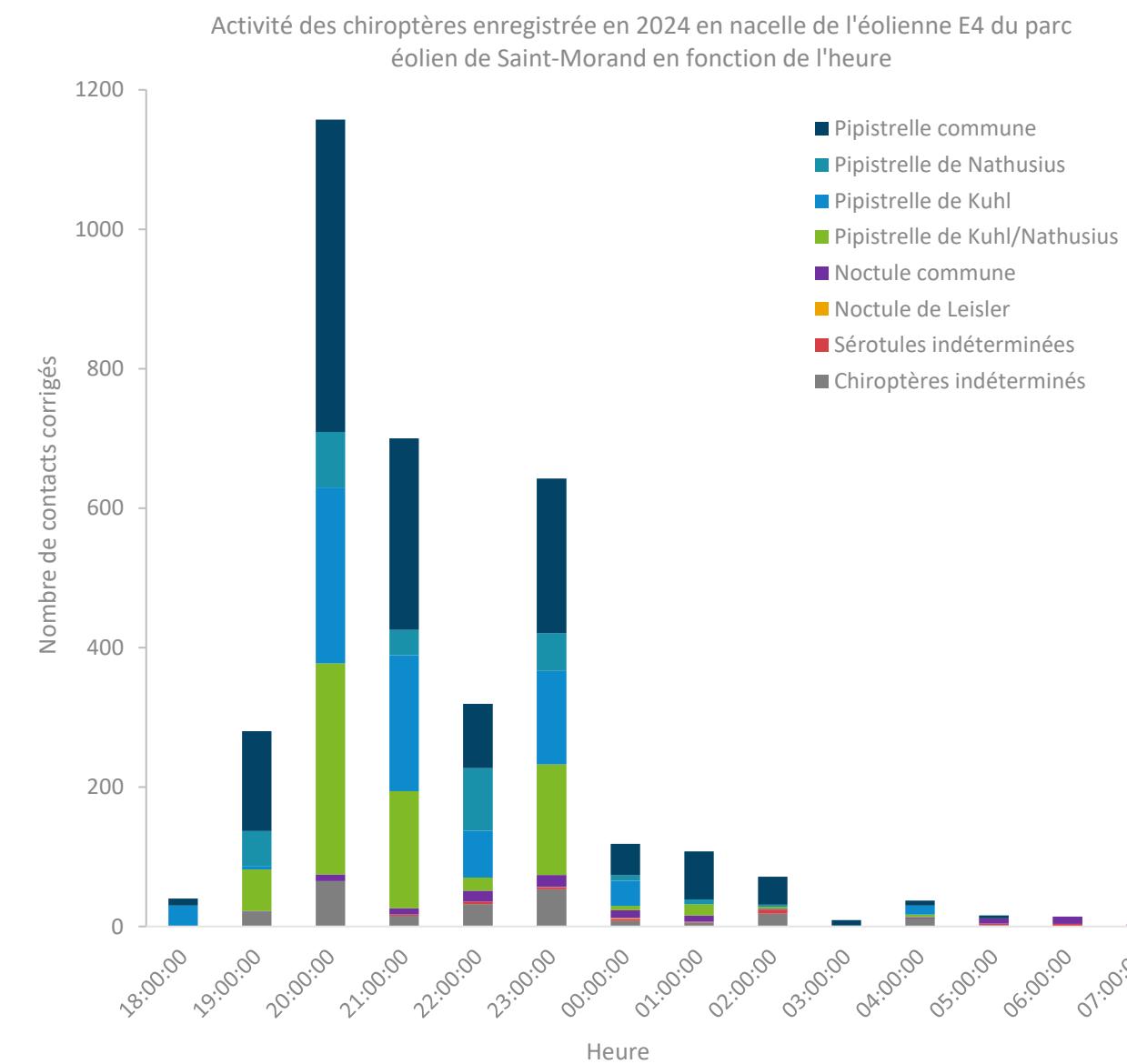
Tableau 26 : Activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le parc de Saint-Morand en 2024.

4.2.2.3 Activité des chiroptères en fonction de l'heure

En nacelle de l'éolienne E4, l'ensemble de l'activité se déroule entre 18h00 et 08h00 (Graphique 21) avec un pic d'activité entre 20h00 et 21h00 ($n = 1 157$ contacts, soit 32,9% de l'activité totale enregistrée), composé de 448 contacts de **Pipistrelle commune**, 303 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Natusius indifférenciée, 252 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 80 contacts de **Pipistrelle de Natusius**, 65 contacts de chiroptère indéterminé et 9 contacts de **Noctule commune**.

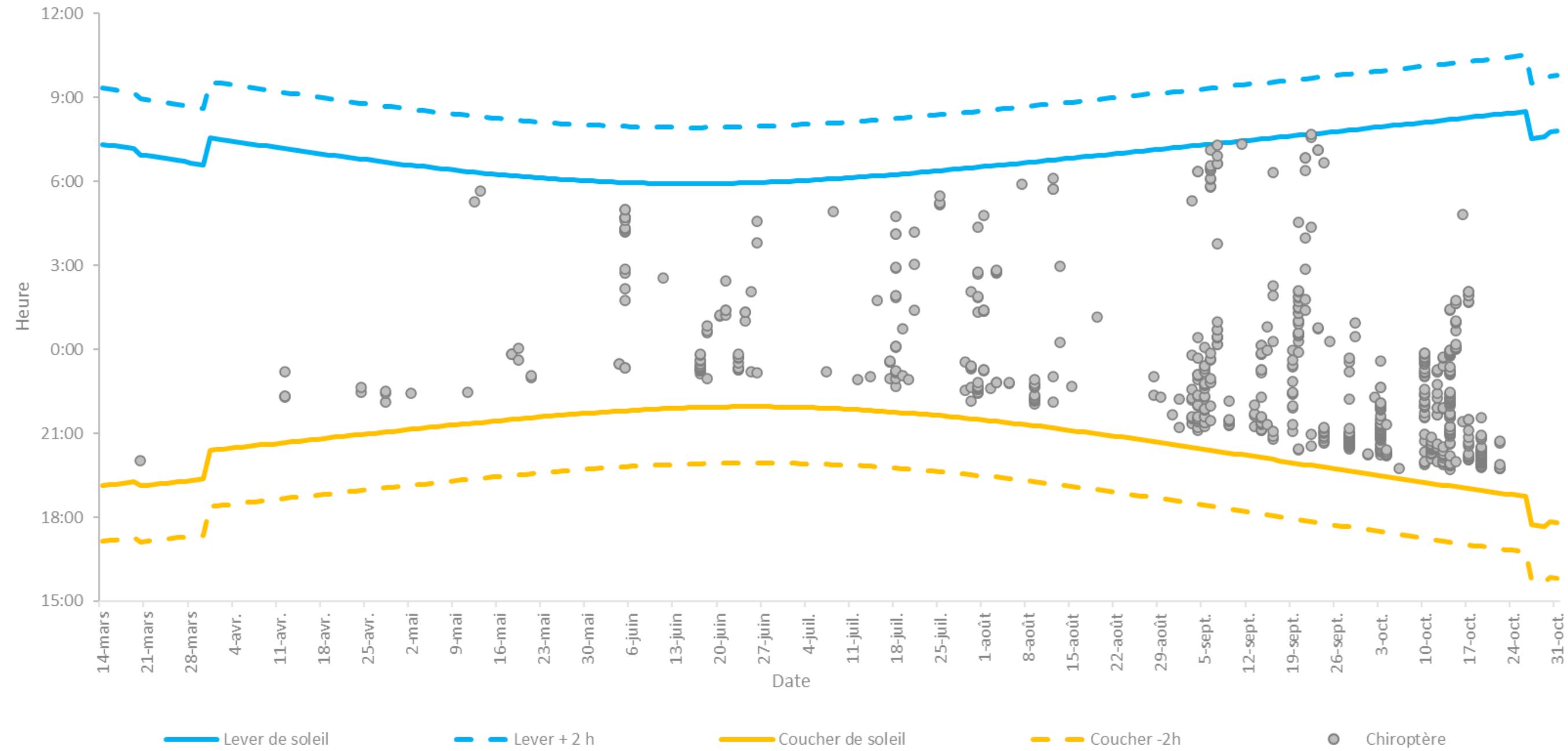
La **Pipistrelle commune** et la **Pipistrelle de Kuhl** sont les espèces enregistrées le plus tôt, entre 18h00 et 19h00, et la **Noctule commune** est l'espèce enregistrée le plus tard, entre 07h00 et 08h00.

La totalité de l'activité des chiroptères est concentrée entre le coucher et le lever du soleil (Graphique 22), dont plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2024 se situant entre 19h00 et 02h00, ce qui illustre donc que l'activité est bien continue tout au long de la nuit sur le parc éolien.



Graphique 21 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand.

Activité des chiroptères enregistrée en 2024 en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand en fonction du lever et du coucher du soleil



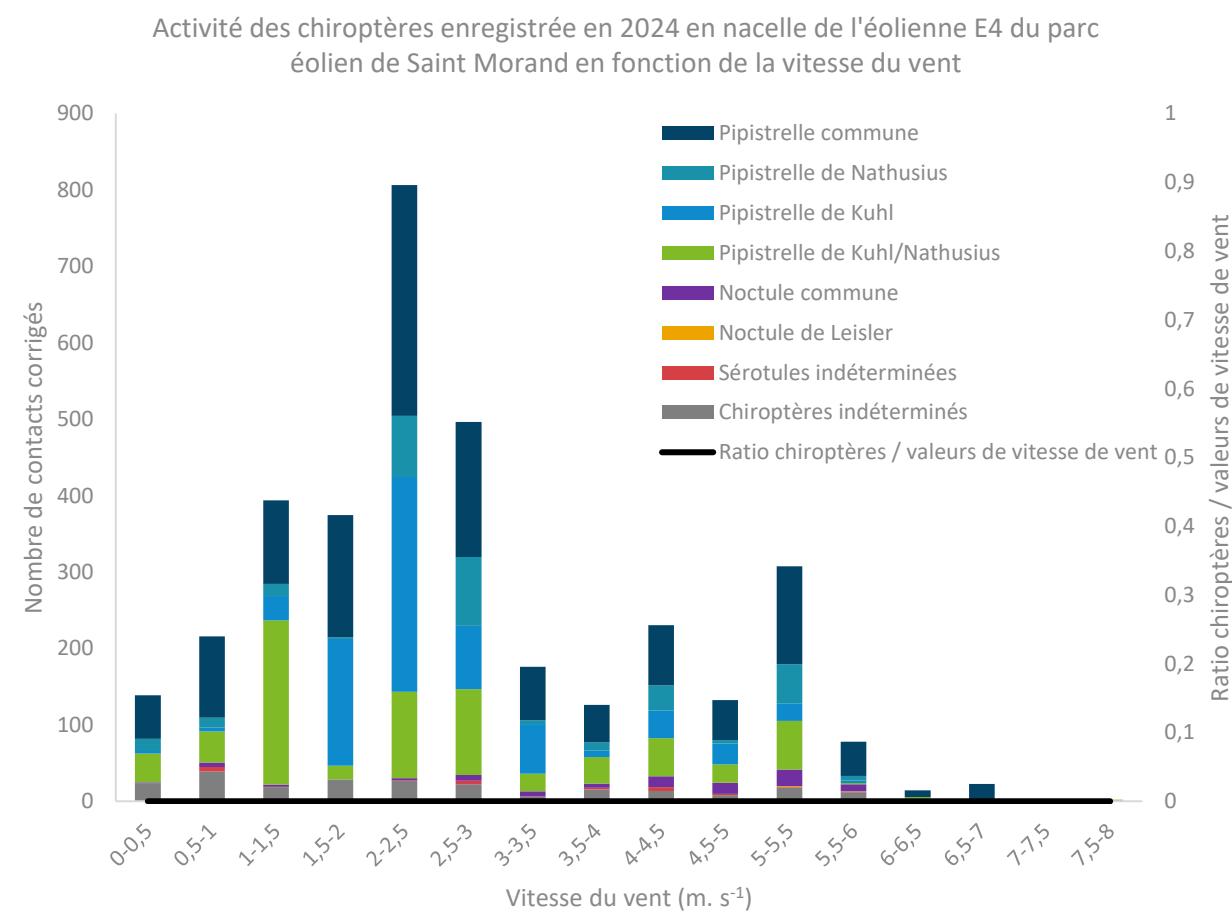
Graphique 22 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mars et octobre 2024, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Saint-Morand.

4.2.2.4 Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

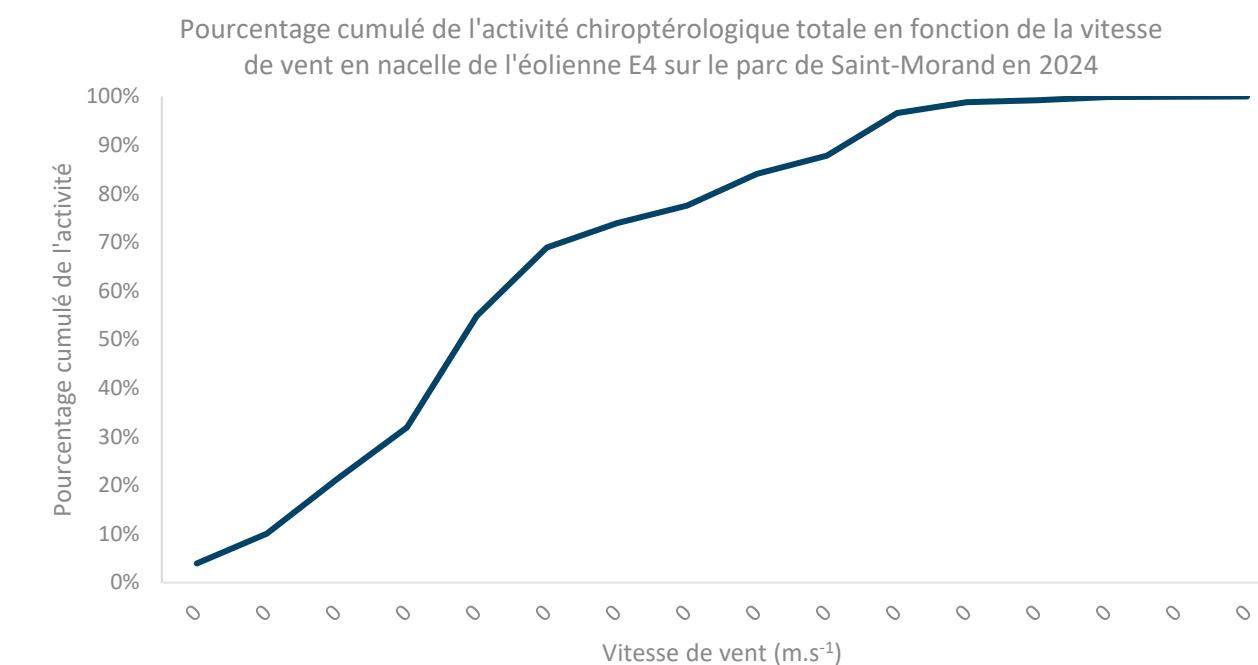
L'activité des chiroptères est caractérisée par des vitesses de vent comprises entre 0 et 8 m.s⁻¹ (Graphique 23). Elle augmente de manière irrégulière avec la vitesse de vent jusqu'à un pic d'activité pour des vents compris entre 2,0 et 2,5 m.s⁻¹ ($n = 808$ contacts, soit 23,0% de l'activité totale enregistrée), composé de 302 contacts de **Pipistrelle commune**, 281 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 113 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée, 80 contacts de **Pipistrelle de Nathusius**, 27 contacts de chiroptère indéterminé, 3 contacts de **Noctule commune** et 2 contacts de Sérotule indéterminée. Ensuite, cette activité diminue irrégulièrement jusqu'à devenir nulle après 8,0 m.s⁻¹, alors que des valeurs de vitesses de vent jusqu'à 20,5 m.s⁻¹ ont bien été enregistrées sur le parc.

Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2024 se caractérisent par des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s⁻¹. Les groupes des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius et des Sérotules indéterminées ont été enregistrés pour la plus forte vitesse de vent.

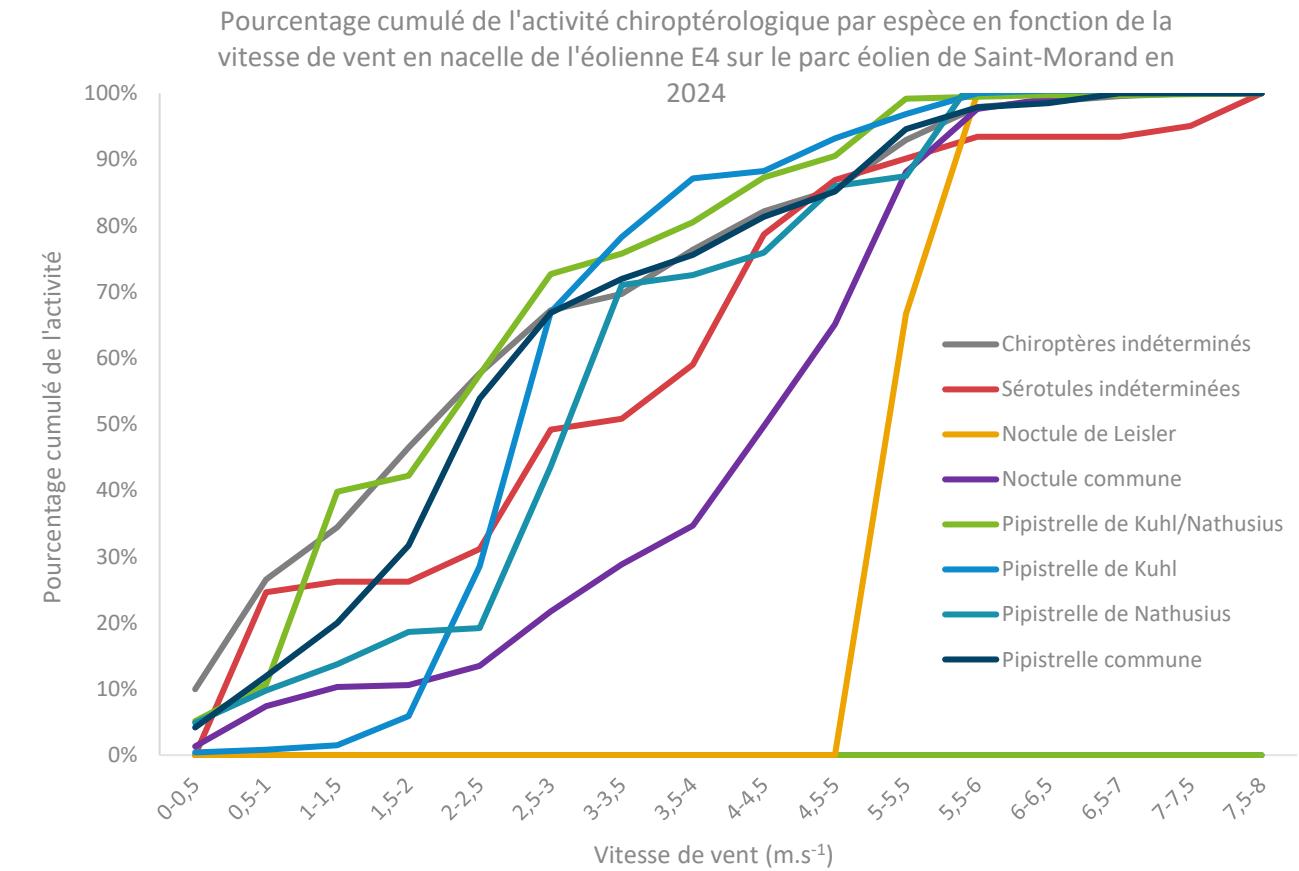
Le ratio du nombre de contacts de chiroptères sur le nombre de valeurs de vitesse de vent enregistrées sur le parc éolien (courbe noire) met en lumière le fait que pour des vitesses de vent de 0 à 1,0 m.s⁻¹ et de 2,5 à 3,0 m.s⁻¹, le nombre de contacts de chiroptères est élevé par rapport au nombre de valeurs enregistrées pour ces vitesses de vent. Pour les autres valeurs de vitesse de vent, cette courbe suit globalement le nombre de valeurs enregistrées pour chaque vitesse de vent.



Graphique 23 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent (m.s⁻¹), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.



Graphique 24 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024



Graphique 25 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la vitesse de vent en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc de Saint-Morand en 2024

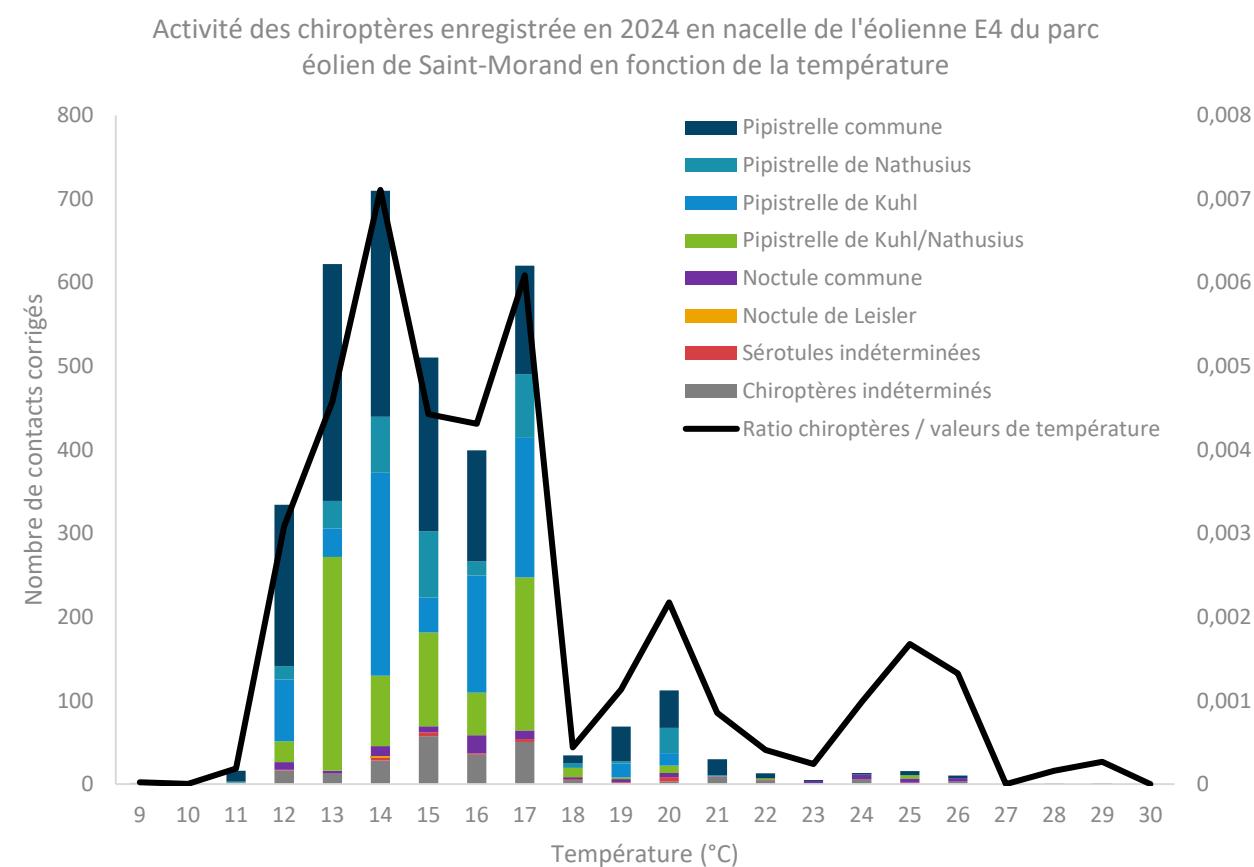
4.2.2.5 Activité des chiroptères en fonction de la température

L'activité des chiroptères est caractérisée par des températures comprises entre 9°C et 30°C (Graphique 26), alors que des valeurs de température plus extrêmes (de 3°C à 33°C) ont bien été enregistrées sur le parc.

L'activité des chiroptères augmente de manière exponentielle avec la température jusqu'à un pic d'activité à 14°C (n = 711 contacts, soit 20,2% de l'activité totale), composé de 270 contacts de **Pipistrelle commune**, 243 contacts de **Pipistrelle de Kuhl**, 84 contacts de Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée, 67 contacts de **Pipistrelle de Nathusius**, 29 contacts de chiroptère indéterminé, 12 contacts de **Noctule commune**, 4 contacts de Sérotule indéterminée et 2 contacts de **Noctule de Leisler**. Ensuite, cette activité fluctue jusqu'à 17°C, puis diminue drastiquement au-delà jusqu'à devenir nulle après 29°C.

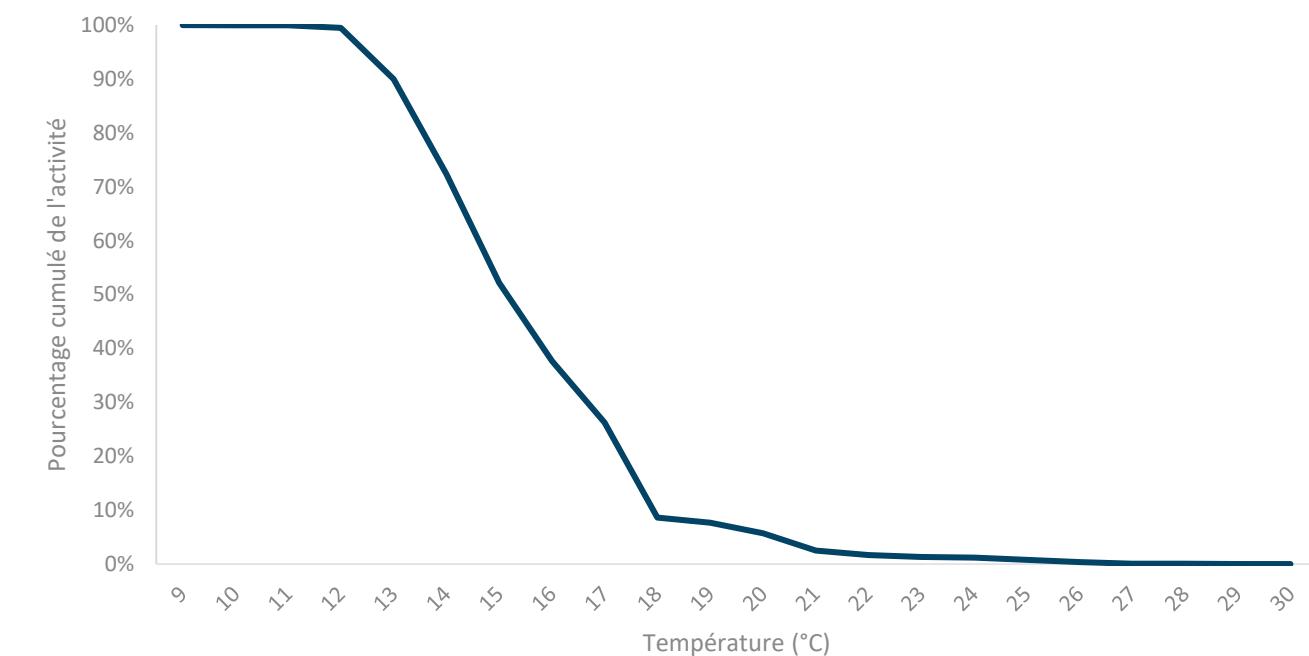
Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2024 se caractérisent par des températures comprises entre 12°C et 18°C. La Noctule commune est l'espèce qui a été enregistrée pour la température la plus fraîche (ainsi que les groupes des chiroptères indéterminés).

Le ratio du nombre de contacts de chiroptères sur le nombre de valeurs de température enregistrées sur le parc éolien (courbe noire) met en lumière le fait qu'au-delà de 19°C, le nombre de contacts de chiroptères est élevé par rapport au nombre de valeurs enregistrés pour ces températures, en particulier à 26°C et 28°C. En dessous de 19°C, le nombre de contacts de chiroptères suit globalement le nombre de valeurs enregistrées pour chaque température.



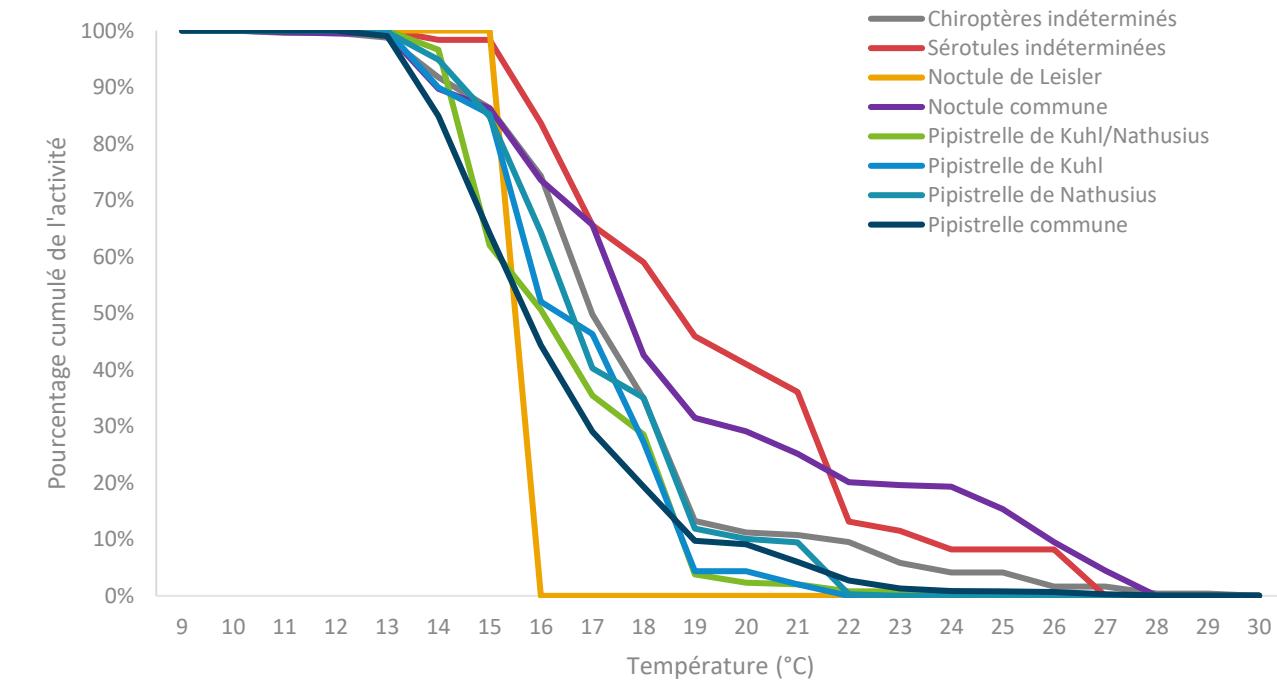
Graphique 26 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc de Saint-Morand en 2024



Graphique 27 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique totale en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc de Saint-Morand en 2024



Graphique 28 : Pourcentage cumulé de l'activité chiroptérologique par espèce en fonction de la température en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

4.2.2.6 Activité des chiroptères en fonction du vent et de la température combinés

Le Tableau 27 présente l'activité des chiroptères en nacelle de l'éolienne E4 en fonction de la vitesse du vent et de la température combinées. Pour plus de lisibilité, les températures extrêmes et les fortes vitesses de vent n'enregistrant aucun contact de chiroptère n'ont pas été incluses dans le tableau.

On observe quatre pics d'activité (Tableau 27) :

- Le premier de 291 contacts pour une température de 13°C combinée à une vitesse de vent comprise entre 1,0 et 1,5 m.s⁻¹ ;
- Le deuxième de 256 contacts pour une température de 14°C combinée à une vitesse de vent comprise entre 2,0 et 2,5 m.s⁻¹ ;
- Le troisième de 253 contacts pour une température de 17°C combinée à une vitesse de vent comprise entre 2,0 et 2,5 m.s⁻¹ ;
- Le quatrième de 248 contacts pour une température de 14°C combinée à une vitesse de vent comprise entre 2,5 et 3,0 m.s⁻¹.

Plus de 90% de l'activité chiroptérologique enregistrée en 2024 se caractérise par une vitesse de vent inférieure ou égale à 5,5 m.s⁻¹ combinée à une température supérieure ou égale à 12°C (encadré rouge).

	Température (°C)																				Total	
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
0-0,5	0	0	0	0	0	0	137	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	139	
0,5-1	0	0	0	0	1	21	86	93	0	0	0	8	0	7	0	0	0	0	0	0	216	
1-1,5	0	0	1	0	291	11	28	61	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	394	
1,5-2	0	0	1	61	18	45	1	117	114	0	2	1	3	3	0	0	8	0	0	0	374	
2-2,5	0	0	3	85	182	256	14	7	253	0	2	0	0	1	0	0	0,4	0	0	1	1	806
2,5-3	1	0	0	59	15	248	23	4	91	0	17	29	6	0	0	0	0	3	0	0	0	496
3-3,5	0	0	7	17	6	41	5	8	53	0	1	16	13	0	1	0	4	3	0	0	0	176
3,5-4	0	0	0	8	15	0	24	17	49	1	0,4	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	126
4-4,5	0	0	0	7	20	10	125	29	19	0	5	2	0,4	1	0,3	8	3	0	0	0	0	231
4,5-5	0	0	0	26	51	14	11	15	1	3	1	3	1	0	0	5	0	3	0	0	0	132
5-5,5	0	0	0	60	14	33	44	36	35	15	28	38	1	0	3	0	0	0	0	0	0	307
5,5-6	0	0	2	12	7	30	4	7	2	4	4	7	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	78
6-6,5	0	0	0	0	1	1	5	0	1	0	5	0	0	0	0,3	0	0	1	0	0	0	14
6,5-7	0	0,3	2	0	0	0	0	5	1	10	4	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	23
7-7,5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
7,5-8	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total	1	0,3	16	334	622	710	510	399	620	34	69	112	30	13	5	13	16	10	0	1	1	3517

Tableau 27 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s⁻¹) combinées en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Saint-Morand, entre mars et octobre 2024.

4.3 Patrimonialité des espèces de chiroptères

Le Tableau 28 présente l'ensemble des espèces contactées au cours du suivi annuel, en fonction de leur caractère patrimonial (statuts de protection et de conservation) et de leur sensibilité aux collisions avec les éoliennes.

Toutes les espèces de chauves-souris présentes en France sont intégralement protégées par l'Arrêté Ministériel du 23 Avril 2007. Depuis 1979, au niveau international, la Convention de Bonn et la Convention de Berne demandent aux états contractants d'assurer la protection de toutes les espèces de chauves-souris décrites dans les annexes, ainsi que la protection des gîtes de reproduction et d'hibernation. En 1992, la Directive « Habitat - Faune – Flore » demande aux pays de la Communauté Européenne la protection stricte de toutes les espèces de chiroptères (elles figurent à l'annexe IV), ainsi que la désignation de Zones Spéciales de Conservation pour les 12 espèces figurant à l'annexe II. Dix-neuf espèces sont classées dans la liste rouge de la faune menacée de France et 13 espèces sont présentes sur la liste rouge mondiale.

Espèce	Directive Habitats	Berne	Bonn	EUROBATS	LR Europe	LR France	Note de risque
Noctule commune	IV	II	II	I	LC	VU	4
Pipistrelle de Nathusius	IV	II	II	I	LC	NT	3,5
Pipistrelle commune	IV	III	II	I	LC	NT	3,5
Noctule de Leisler	IV	II	II	I	LC	NT	3,5
Sérotine commune	IV	II	II	I	LC	NT	3
Pipistrelle de Kuhl	IV	II	II	I	LC	LC	3

Tableau 28 : Synthèse des valeurs patrimoniales (statuts de protection et de conservation) de chaque espèce de chiroptère recensée sur le parc éolien de Saint-Morand entre mars et octobre 2024.

Légende :

Directive Habitats = Annexe de la Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore

Berne/Bonn = Annexe des conventions de Berne/Bonn

EUROBATS = Annexe de la convention de Bonn, accord EUROBATS

LR Europe/France = Liste rouge Européenne / Française (2017)

VU : Vulnérable / NT : Quasi menacée / LC : Préoccupation mineure

Selon la méthodologie de calcul de la note de risque, présentée dans le paragraphe 3.7, la **Noctule commune** est l'espèce la plus vulnérable face au risque de collision avec les pales des éoliennes (note de 4/4,5), suivie de près par la **Pipistrelle de Nathusius**, la **Pipistrelle commune** et la **Noctule de Leisler** qui présentent une vulnérabilité très élevée (note de 3,5/4,5). La **Sérotine commune** et la **Pipistrelle de Kuhl** présentent une vulnérabilité élevée (3/4,5).

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de chaque espèce de chiroptères, cumulée en nacelles des deux éoliennes, sont les suivantes (les valeurs d'activité pour chaque éolienne sont détaillées en annexe 7.4).

Pipistrelle commune – E2 et E4 cumulé		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 3 591	
Nombre de contacts corrigés	N = 3 591 (E2 : N=2 228 / E4 : N=1 363)	
Proportion par rapport aux contacts totaux	28,9 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 285, le 27/10	Du 20/03 au 29/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 641 entre 23h00 et 00h00	Entre 18h00 et 07h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 566 pour 13°C	8°C à 30°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 775 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	0 à 8,0 m.s ⁻¹

Tableau 29 : Données d'activité cumulée de la Pipistrelle commune sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle de Nathusius – E2 et E4 cumulé		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 851	
Nombre de contacts corrigés	N = 851 (E2 : N=523 / E4 : N=328)	
Proportion par rapport aux contacts totaux	6,9 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 126, le 12/10	Du 07/04 au 27/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 199 entre 22h00 et 23h00	Entre 19h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 179 pour 14°C	10°C à 29°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 192 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	0 à 7,0 m.s ⁻¹

Tableau 30 : Données d'activité cumulée de la Pipistrelle de Nathusius sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle de Kuhl – E2 et E4 cumulé		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 3 230	
Nombre de contacts corrigés	N = 3 230 (E2 : N=2 498 / E4 : N=732)	
Proportion par rapport aux contacts totaux	26,1 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 450, le 14/10	Du 12/04 au 28/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 759 entre 20h00 et 21h00	Entre 18h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 819 pour 14°C	8°C à 29°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 711 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	0 à 9,0 m.s ⁻¹

Tableau 31 : Données d'activité cumulée de la Pipistrelle de Kuhl sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024

Noctule commune – E2 et E4 cumulé		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 2 305	
Nombre de contacts corrigés	N = 576,25 (E2 : N=481,75 / E4 : N= 94,5)	
Proportion par rapport aux contacts totaux	4,7 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 42, le 01/08	Du 05/04 au 27/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 135 entre 22h00 et 23h00	Entre 19h00 et 08h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 73 pour 17°C	8°C à 30°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 96 entre 4,5 et 5,0 m.s ⁻¹	0 à 8,5 m.s ⁻¹

Tableau 32 : Données d'activité cumulée de la Noctule commune sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024

Noctule de Leisler – E2 et E4 cumulé		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 20	
Nombre de contacts corrigés	N = 6,2 (E2 : N=4,34 / E4 : N=1,86)	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,1 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 3, le 19/08	Du 19/05 au 05/09/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 4 entre 00h00 et 01h00	Entre 23h00 et 01h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 3 pour 14°C et pour 15°C	14°C à 19°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 3 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	2,5 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 33 : Données d'activité cumulée de la Noctule de Leisler sur les éoliennes E2 et E4 de Saint-Morand en 2024

Sérotine commune – E2 et E4 (absente) cumulé		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 97	
Nombre de contacts corrigés	N = 61,11 (E2 : N=61,11 / E4 : N=0)	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,69 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 17, le 03/08	Du 26/05 au 27/08/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 25 entre 22h00 et 23h00	Entre 21h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 33 pour 20°C	13°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 21 entre 4,0 et 4,5 m.s ⁻¹	0,5 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 34 : Données d'activité cumulée de la Sérotine commune sur les éoliennes E2 et E4 (absente) de Saint-Morand en 2024

⇒ **Synthèse du suivi d'activité des chiroptères par les TrackBats en altitude sur le parc éolien de Saint-Morand**

Un total de 8 865 contacts corrigés de chiroptères a été comptabilisé en nacelle de l'éolienne E2 et 3 517 contacts corrigés de chiroptères a été comptabilisé en nacelle de l'éolienne E4. L'activité est donc bien plus importante sur la partie sud (certainement en raison des boisements) que sur la partie nord.

Au moins six espèces ont été identifiées avec précision :

- La **Pipistrelle de Kuhl** représente 28,2% des contacts sur E2 et 20,8% sur E4 ;
- La **Pipistrelle commune** représente 25,1% des contacts sur E2 et 38,8% sur E4 ;
- La **Pipistrelle de Natusius** représente 5,9% des contacts sur E2 et 9,3% sur E4 ;
- La **Noctule commune** représente 5,4% des contacts sur E2 et 2,7% sur E4 ;
- La **Sérotine commune** représente 0,7% des contacts sur E2 et n'a pas du tout été enregistrée sur E4 ;
- La **Noctule de Leisler** représente 0,1% des contacts sur E2 et 0,1% sur E4 ;
- Les Pipistrelles de Kuhl/Natusius indifférenciées représentent 27,9% des contacts sur E2 et 21,0% sur E4 ;
- Les chiroptères indéterminés représentent 4,5% des contacts sur E2 et 6,7% sur E4 ;
- Les Sérotules indéterminées représentent 2,3% des contacts sur E2 et 0,7% sur E4 ;
- Les Murins indéterminés représentent 0,01% des contacts sur E2 et n'ont pas du tout été enregistrés sur E4.

L'ensemble des contacts a été enregistré du 20 mars au 29 octobre 2024. **Plus de 90% des contacts sont concentrés entre le 11 mai et le 15 octobre 2024 en nacelle de l'éolienne E2 et entre le 18 juillet et le 27 octobre 2024 en nacelle de l'éolienne E4**, avec des pics d'activité enregistrés le 14 octobre 2024 (sur les deux éoliennes) et le 27 octobre 2024 (en nacelle de l'éolienne E4), en période de migration automnale.

L'ensemble de l'activité se déroule entre 18h00 et 08h00, avec un pic d'activité entre 23h00 et 00h00 en nacelle de l'éolienne E2 et entre 20h00 et 21h00 en nacelle de l'éolienne E4. **Plus de 90% des contacts de chiroptères sont concentrés entre 20h00 et 04h00 en nacelle de l'éolienne E2 et entre 19h00 et 02h00 en nacelle de l'éolienne E4**, ce qui traduit bien l'impression d'activité continue tout au long de la nuit.

La totalité de l'activité est enregistrée pour des vitesses de vent inférieures à 9,0 m.s⁻¹ en nacelle de l'éolienne E2 et inférieures à 8,0 m.s⁻¹ en nacelle de l'éolienne E4, dont **90% de cette activité pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,0 (sur E4) et 5,5 m.s⁻¹ (sur E2)**. Un pic d'activité a été enregistré pour une vitesse de vent comprise entre 2,5 et 3,0 m.s⁻¹.

La totalité de l'activité est enregistrée pour des températures comprises entre 8°C et 30°C en nacelle de l'éolienne E2 et entre 9°C et 30°C en nacelle de l'éolienne E4, dont **90% de cette activité pour des températures entre 12°C et 18°C (sur E4) à 22°C (sur E2) inclus**. Des pics d'activité ont été enregistrés pour une température de 14°C (sur E4) et 17°C (sur E2).

5 DISCUSSION

5.1 Synthèse du suivi de la mortalité aviaire

D'après l'étude d'impact effectuée en 2017, le projet du parc éolien de Saint-Morand ne se situait pas sur un site de reproduction majeur ni sur un axe migratoire important à l'échelle de la région. Le risque de collision concernant l'avifaune était considéré comme faible. De plus, il avait été conclu que le parc ne remettait pas en cause la pérennité des populations d'oiseaux présentes.

En 2023, un cadavre d'oiseau avait été découvert sous les éoliennes du parc de Saint-Morand : un **Roitelet indéterminé**. La mortalité réelle avait été estimée entre 3,7 et 5,1 oiseaux tués par éolienne et par an.

En 2024, les suivis de mortalité au sol se sont déroulés sans encombre, même si la couverture végétale a parfois minimisé l'efficacité des prospections. L'analyse quantitative de la mortalité aviaire fait état de trois cadavres d'oiseaux retrouvés en 2024. **La mortalité réelle a donc été estimée entre 7,7 ± 1,3 et 11,8 ± 1,9 oiseaux tués par éolienne et par an.** Ces taux de mortalité sont supérieurs à ceux rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Marx, 2017), mais aucune espèce à enjeu n'a été retrouvée. Une forte prédatation a été remarquée sur le parc éolien de Saint-Morand, expliquant en grande partie les résultats de mortalité estimée : temps moyen de persistance de 2,1 jours en 2024 et taux de persistance au sixième jour estimé à 0%.

L'analyse qualitative de la mortalité aviaire permet ensuite d'évaluer l'impact du parc éolien espèce par espèce :

- Un cadavre de **Faucon crécerelle** a été retrouvé en 2024 lors du suivi de la mortalité. Cette espèce protégée, classée « Quasi-menacée » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en France métropolitaine, avait été recensée comme nicheuse et hivernante sur le site lors de l'étude d'impact. Aucun cadavre de cette espèce n'avait été découvert lors du précédent suivi environnemental effectué par AEPE Gingko en 2023. L'impact du parc éolien de Saint-Morand est considéré comme **faible** sur cette espèce ;
- Un cadavre d'**Étourneau sansonnet** a été retrouvé en 2024 lors du suivi de la mortalité. Cette espèce commune, classée en « Préoccupation mineure » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en France métropolitaine, avait été recensée nicheuse et hivernante sur le site lors de l'étude d'impact. Aucun cadavre de cette espèce n'avait été découvert lors du précédent suivi environnemental. L'impact du parc éolien de Saint-Morand est considéré comme **faible** sur cette espèce ;
- Un cadavre de **Gallinule poule-d'eau** a été retrouvé en 2024 lors du suivi de la mortalité. Cette espèce protégée, classée en « Préoccupation mineure » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en France métropolitaine, avait été recensée nicheuse sur le site lors de l'étude d'impact. Aucun cadavre de cette espèce n'avait été découvert lors du précédent suivi environnemental. L'impact du parc éolien de Saint-Morand est considéré comme **faible** sur cette espèce.

Espèce	Présence de l'espèce lors de l'étude d'impact	Cas de mortalité recensés en 2023	Cas de mortalité recensés en 2024
Étourneau sansonnet (<i>Sturnus vulgaris</i>)	Oui	-	1
Faucon crécerelle (<i>Falco tinnunculus</i>)	Oui	-	1
Gallinule poule-d'eau (<i>Gallinula chloropus</i>)	Oui	-	1
Roitelet indéterminé (<i>Regulus sp.</i>)	Oui	1	-
Total des cadavres retrouvés		1	3

Tableau 35 : Comparaison des oiseaux recensés sur le parc éolien de Saint-Morand lors de l'étude d'impact en 2017 et lors des suivis de la mortalité en 2023 et 2024.

5.2 Synthèse du suivi acoustique et de la mortalité des chiroptères

Aucune étude des chiroptères en altitude n'avait été effectuée au moment de l'étude d'impact. Un suivi des chiroptères au sol avaient permis de recenser huit espèces de chiroptères sur site : la **Barbastelle d'Europe**, le **Murin à oreilles échancrées**, le **Murin de Bechstein**, le groupe des **Oreillard**s, la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Kuhl**, la **Pipistrelle de Nathusius** et la **Sérotine commune**.

En 2023, deux TrackBats avaient positionnés en nacelle des éoliennes E2 et E4 pour un suivi de mi-mars à fin octobre. Cependant, à la suite d'un défaut d'archivage des données, seules celles du TrackBat situé sur l'éolienne E4 avaient pu être analysées du 11/08/2023 au 31/10/2023. Au cours de cette étude, neuf espèces de chiroptères ont été identifiées en altitude :

- La **Pipistrelle de Kuhl** représentait 68,0% des contacts ;
- La **Pipistrelle commune** représentait 13,6% des contacts ;
- La **Noctule commune** représentait 5,4% des contacts ;
- La **Sérotine commune** représentait 4,1% des contacts ;
- Le **Petit Rhinolophe** représentait 2,7% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** représentait 2,5% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** représentait 2,2% des contacts ;
- Le **Grand Murin** représentait 0,7% des contacts ;
- L'**Oreillard roux** représentait 0,7% des contacts.

En 2024, les TrackBats positionnés en nacelle des éoliennes E2 et E4 ont permis de confirmer la présence de six espèces en altitude :

- La **Pipistrelle commune** représente 25,1% des contacts sur E2 et 38,8% sur E4 ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** représente 28,2% des contacts sur E2 et 20,8% sur E4 ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** représente 5,9% des contacts sur E2 et 9,3% sur E4 ;
- La **Noctule commune** représente 5,4% des contacts sur E2 et 2,7% sur E4 ;
- La **Noctule de Leisler** représente 0,1% des contacts sur E2 et 0,01% sur E4 ;
- La **Sérotine commune** représente 0,7% des contacts sur E2 ;
- Le groupe des Pipistrelles de Kuhl/Nathusius représente 27,9% des contacts sur E2 et 21,0% sur E4 ;
- Le groupe des chiroptères indéterminés représente 4,5% des contacts sur E2 et 6,7% sur E4 ;
- Le groupe des Sérotules indéterminées représente 2,3% des contacts sur E2 et 0,7% sur E4 ;
- Le groupe des Murins indéterminés représente 0,01% des contacts sur E2.

Malgré le peu de données exploitables en 2023, comparativement à 2024, on peut observer une diversité spécifique plus importante en 2023, pouvant s'expliquer par des différences interannuelles au vu des faibles cortèges contactées pour ces espèces (Petit Rhinolophe, Grand Murin, Oreillard roux). De plus ces trois espèces sont des chiroptères ayant tendance à voler à de faibles hauteurs, l'absence de contacts en 2024 pour ces espèces ne permet pas de conclure à une non-présence sur site mais pourrait être due à une simple non-détectabilité de ces chauves-souris par les enregistreurs (faible hauteur de vol combinée à une faible activité sur site).

Quantitativement, entre 2023 et 2024, il semble se confirmer que ce sont bien le groupe des Pipistrelles qui est majoritairement actif sur le parc éolien de Saint-Morand. La Noctule commune semble être relativement présente en comparaison des autres espèces (hors Pipistrelles). Ces premières conclusions d'activités après les écoutes en nacelle de 2023 et 2024 sont également renforcer avec les résultats du suivi de mortalité 2023 (quatre cadavres de Pipistrelles et deux cadavres de Noctule commune).

En 2023, sur le parc éolien de Saint-Morand, la majorité de l'activité des chiroptères avait eu lieu pour des vitesses de vent autour de 3 m.s^{-1} et pour des températures supérieures à 18°C .

Entre le 14/03/2024 et le 31/10/2024, sur le parc éolien de Saint-Morand, en nacelle des éoliennes E2 et E4, environ 90% de l'activité chiroptérologique a été caractérisée par les paramètres suivants :

- Entre mi-mai et fin octobre,
- Entre le coucher du soleil et le lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à $5,5 \text{ m.s}^{-1}$,
- Pour des températures comprises entre 12°C et 21°C .

En 2023, le parc éolien était soumis à un bridage sur seuils selon les conditions suivantes :

- De 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil :
 - o Du 1^{er} juin au 7 septembre 2023 :
 - Pour toutes les éoliennes, un **bridage dynamique** grâce au système ProBat®,
 - Pour E2, en plus du bridage dynamique, un **bridage sur seuil**, en dessous de 5 m.s^{-1} et au-dessus de 10°C ,
 - o Du 8 septembre au 31 octobre 2023 :
 - Pour toutes les éoliennes un **bridage provisoire préventif sur seuil** en dessous de 7 m.s^{-1} et au-dessus de 10°C .

Lors du suivi de la mortalité au sol en 2023, six cadavres de chiroptères avaient été découverts sous les éoliennes du parc de Saint-Morand : deux **Noctules communes**, une **Pipistrelle commune** et trois **Pipistrelles indéterminées**. La mortalité réelle avait été estimée entre 18,07 et 25,4 chauves-souris tuées par sur le parc éolien de Saint-Morand et il avait été proposé un nouveau plan de bridage, mis en place en 2024 en faveur des chiroptères sur toutes les éoliennes :

- Entre 30 minutes avant le coucher du soleil et 30 minutes après le lever du soleil,
- Bridage dynamique ProBat du 12/06/2024 au 31/10/2024,
- Bridage sur seuils selon les conditions suivantes :
 - Du 15/03/2024 au 12/06/2024,
 - Pour des vents inférieurs à 7 m.s^{-1} ,
 - Pour des températures supérieures à 10°C .
- Bridage sur seuils selon les conditions suivantes :
 - Du 12/06/2024 au 31/10/2024,
 - Pour des vents inférieurs à 5 m.s^{-1} ,
 - Pour des températures supérieures à 10°C .

De plus selon le rapport de fonctionnement Probat 2024, la régulation dynamique a permis de « préserver **97,0%** et **97,4%** des minutes positives de chiroptères enregistrées sur les éoliennes E2 et E4, soit une moyenne de **97,2%**. »

En 2024, les suivis de mortalité au sol se sont déroulés sans encombre, même si la couverture végétale a parfois minimisé l'efficacité des prospections. L'analyse quantitative de la mortalité chiroptérologique ne fait état d'aucun cadavre de chauves-souris retrouvé en 2024. **La mortalité réelle a donc été estimée à $5,2 \pm 0,9$ chiroptères tués par éolienne et par an.** Ces taux de mortalité sont **légèrement supérieurs** que ceux rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Rydell *et. al*, 2010), le fort biais de prédation ayant certainement augmenté ce résultat.

Ainsi, le nouveau plan de bridage est donc jugé satisfaisant pour une bonne préservation des populations de chiroptères.

Espèce	Présence de l'espèce lors de l'étude d'impact	Proportion de contacts corrigés enregistrés		Cas de mortalité recensés	
		2023 (E4, 11/08 au 31/10/23)	2024 (E2 et E4)	2023	2024
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	Oui	13,61 %	25,1 à 38,8 %	1	-
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	Oui	68,04%	20,8 à 28,2 %	-	-
Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	Oui	2,18 %	5,9 à 9,3 %	-	-
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius indifférenciée	Oui	-	21 à 27,9 %	-	-
Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)	Non	5,44 %	2,7 à 5,4 %	2	-
Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	Non	2,53 %	0,05 %	-	-
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Oui	4,12 %	0,7 % (E2)	-	-
Barbastelle d'Europe (<i>Barbastella barbastellus</i>)	Oui	-	-	-	-
Petit Rhinolophe (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	Non	2,72 %	-	-	-
Murin à oreilles échancrées (<i>Myotis emarginatus</i>)	Oui	-	-	-	-
Murin de Bechstein (<i>Myotis bechsteinii</i>)	Oui	-	-	-	-
Grand Murin (<i>Myotis myotis</i>)	Non	0,68 %	-	-	-
Murin indéterminé (<i>Myotis sp.</i>)	Non	-	0,01 % (E2)	-	-
Oreillard roux (<i>Plecotus auritus</i>)	Non	0,68 %	-	-	-
Oreillard indéterminé (<i>Plecotus sp.</i>)	Oui	-	-	-	-
Pipistrelle indéterminée (<i>Pipistrellus sp.</i>)	Non	-	-	3	-
Sérotule indéterminé	Non	-	0,7 à 2,3 %	-	-
Chiroptère indéterminé	Non	-	4,5 à 6,7 %	-	-
Total toutes espèces confondues		-	-	6	0

Tableau 36 : Comparaison du cortège d'espèces de chiroptères en nacelle des éoliennes du parc éolien de Saint-Morand en 2018 (E1/E2), en 2020 (E1/E3) et 2024 (E1/E3) avec les suivis de la mortalité au sol correspondants.

6 CONCLUSION ET PRECONISATIONS POUR LA SUITE DE L'EXPLOITATION DU PARC

Le principal objectif de cette étude a été d'évaluer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères induite par le fonctionnement du parc éolien de Saint-Morand, de comparer l'état initial de l'environnement avec l'état actuel et d'évaluer l'efficacité des mesures de réduction en place sur le parc éolien, à savoir :

- Bridage dynamique ProBat du 15/03 au 31/10 ;
- Bridage sur seuils selon les conditions suivantes :
 - Du 01/04 au 31/10,
 - Pour des vents inférieurs à 5 m.s^{-1} ,
 - Pour des températures supérieures à 10°C .

Six espèces de chiroptères ont été identifiées en altitude. Pendant la durée de l'étude, sur le parc éolien de Saint-Morand, environ 90% de l'activité chiroptérologique a été caractérisée par les paramètres suivants :

- De mi-mai à fin octobre 2024,
- Entre le coucher du soleil et le lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à $5,5 \text{ m.s}^{-1}$,
- Pour des températures comprises entre 12°C et 21°C .

La mortalité réelle estimée varie entre $7,7 \pm 1,3$ et $11,8 \pm 1,9$ oiseaux tués par éolienne et par an et à $5,2 \pm 0,9$ chiroptères tués par éolienne et par an sur le parc éolien de Saint-Morand, de mars à octobre 2024. Cette mortalité est **supérieure** aux chiffres indiqués dans la bibliographie pour les oiseaux (Marx, 2017) et est également **légèrement supérieure** pour les chiroptères (Rydell *et al.*, 2010).

Aucun cadavre d'espèce à enjeu patrimonial n'a été retrouvé lors de la saison de suivi 2024.

Une forte prédateur a été remarquée sur le parc éolien de Saint-Morand, ce qui a fortement impacté les résultats de mortalité estimée : temps moyen de persistance de 2,1 jours pour les oiseaux et 2,5 jours pour les chiroptères et taux de persistance au sixième jour estimé à 0% pour les oiseaux et 13% pour les chiroptères.

La définition des mesures éventuelles de réduction et de compensation doit tenir compte à la fois de l'impact général du parc éolien sur les deux taxons (avifaune et chiroptérofaune), de l'impact du parc sur chacune des espèces retrouvées, et de l'écologie de ces espèces. Ainsi, Sens Of Life construit ses préconisations selon le tableau décisionnel suivant.

		Impact sur l'espèce		
		Faible	Modéré	Fort
Impact général du parc éolien	Au-dessus du seuil selon la bibliographie	Pas de mesure	Mesure à définir pour l'espèce	Mesure à définir pour l'espèce
	En-dessous du seuil selon la bibliographie	Pas de mesure	Pas de mesure	Mesure à définir pour l'espèce

Tableau 37 : Aide décisionnelle sur les préconisations de mesures de réduction et/ou de compensation selon les impacts globaux et spécifiques établis pour le parc éolien de Saint-Morand.

Au vu de la mortalité estimée des chiroptères, l'impact du parc éolien de Saint-Morand est considéré comme **non significatif**, le bridage environnemental est considéré suffisant pour une bonne préservation des chiroptères. Nous préconisons de maintenir le plan bridage actuel sur la durée d'exploitation du parc éolien.

Au vu de la mortalité des oiseaux, l'impact du parc éolien de Saint-Morand est considéré **non significatif**.

Conformément à l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation du parc éolien de Saint-Morand, une troisième année de suivi de mortalité et d'écoute en altitude des chiroptères devra être mise en place en 2025.

7 ANNEXES

7.1 Fiches d'identification des cadavres retrouvés sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

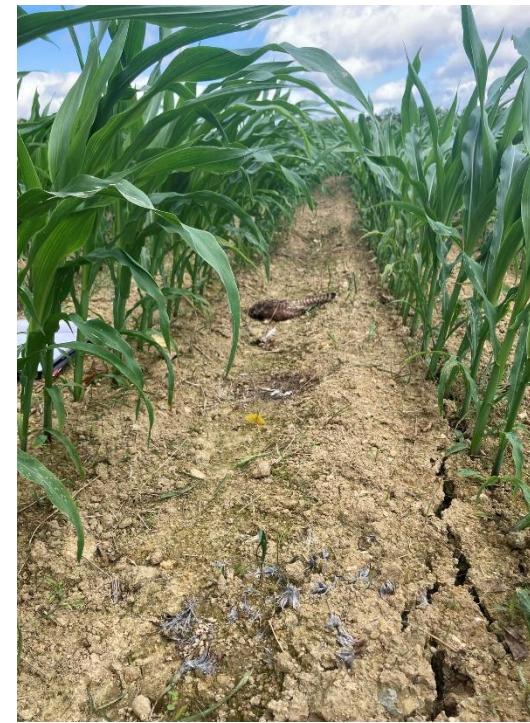
1	Informations sur la découverte	<p>Nom du site : Saint-Morand Date du suivi : 21/03/2024 Heure du relevé : 09h45 Observateur : T. Bourhis N° de l'éolienne : E1 Latitude : 47.808319 Longitude : -1.281068 Assolement et hauteur : Friche / Jachère clairsemée - 0-60 cm Distance au pied du mât (m) : 59 m Direction par rapport au mât (°) : NE (039°)</p>
	Date présumée de la mortalité	<p>Date présumée : Indéterminée Approximative Température moyenne : - Vitesse du vent : -</p>
	Informations sur le cadavre retrouvé	<p>Nom vernaculaire de l'espèce : Etourneau sansonnet Nom scientifique de l'espèce : <i>Sturnus vulgaris</i> Statut de conservation national : Préoccupation mineure (LC) Statut de conservation régional : Préoccupation mineure (LC) Fiche incident : Déclaration non nécessaire Identifiant de la photo : C1E1_St-Morand Envergure (cm) : - Sexe : Indéterminé Âge : Indéterminé Statut biologique : Inconnu Etat du cadavre : Sec (J-6, J-7) Présence d'insectes : Non Cause présumée de la mort : Collision probable avec les pales Commentaire(s) : Restes de plumes</p>



2	<u>Informations sur la découverte</u>	Nom du site : Saint-Morand
Date du suivi : 18/04/2024		
Heure du relevé : 09h40		
Observateur : T. Bourhis		
N° de l'éolienne : E1		
Latitude : 47.807993		
Longitude : -1.281549		
Assolement et hauteur : Plateforme - 0 cm		
Distance au pied du mât (m) : 1 m		
Direction par rapport au mât (°) : N (011°)		
<u>Date présumée de la mortalité</u>	Date présumée :	15/04/2024 Approximative
	Température moyenne :	9,4 °C
	Vitesse du vent :	7,8 m.s ⁻¹ (moyenne) / 12,7 m.s ⁻¹ (maximale)
<u>Informations sur le cadavre retrouvé</u>	Nom vernaculaire de l'espèce :	Gallinule poule-d'eau
	Nom scientifique de l'espèce :	<i>Gallinula chloropus</i>
	Statut de conservation national :	Préoccupation mineure (LC)
	Statut de conservation régional :	Préoccupation mineure (LC)
	Fiche incident :	Déclaration non nécessaire
	Identifiant de la photo :	C2E1_St-Morand
	Envergure (cm) :	55 cm (L:37 cm)
	Sexe :	Femelle
	Âge :	Adulte
	Statut biologique :	Inconnu
	Etat du cadavre :	Avancé (J-2, J-3)
	Présence d'insectes :	Oui (asticots)
	Cause présumée de la mort :	Collision avec le mât très probable
	Commentaire(s) :	Non prédaté, nuque brisée (collision avec le mât), présence d'asticots (2-3 jours) au niveau ventral



3	<u>Informations sur la découverte</u>	Nom du site :	Saint-Morand
Date du suivi :		23/07/2024	
Heure du relevé :		10h05	
Observateur :		T. Bourhis	
N° de l'éolienne :		E2	
Latitude :		47.807469	
Longitude :		-1.276913	
Assolement et hauteur :		Maïs - Terre nue (0 - 50 cm)	
Distance au pied du mât (m) :		58 m	
Direction par rapport au mât (°) :		N (340°)	
<u>Date présumée de la mortalité</u>	Date présumée :	20/07/2024	Approximative
	Température moyenne :	18,6 °C	
	Vitesse du vent :	4,7 m.s ⁻¹ (moyenne) / 7,4 m.s ⁻¹ (maximale)	
<u>Informations sur le cadavre retrouvé</u>	Nom vernaculaire de l'espèce :	Faucon crécerelle	
	Nom scientifique de l'espèce :	<i>Falco tinnunculus</i>	
	Statut de conservation national :	Quasi menacée (NT)	
	Statut de conservation régional :	Préoccupation mineure (LC)	
	Fiche incident :	Déclaration non nécessaire	
	Identifiant de la photo :	C3E2_St-Morand	
	Envergure (cm) :	53 cm	
	Sexe :	Femelle	
	Âge :	Adulte	
	Statut biologique :	Inconnu	
	Etat du cadavre :	Avancé (J-2, J-3)	
	Présence d'insectes :	Oui	
	Cause présumée de la mort :	Collision avec une pale probable	
	Commentaire(s) :	Cadavre vidé par les insectes. Nuque semble brisée. Collision avec pale probable	



7.2 Détail du calcul de la note de risque (vulnérabilité) des espèces d'oiseaux recensées sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

Espèce		Nombre de cas de mortalité de l'espèce recensés en Europe	Proportion de la mortalité sur la population de couples nicheurs européens	Note de sensibilité	Statut de conservation en France	Note de risque = vulnérabilité
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	867	0,166 %	3	NT	3
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	18	0,002 %	0	LC	1,5
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	365	0,001 %	1	LC	1

Tableau 38 : Détail du calcul de la note de risque des oiseaux observés sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

7.3 Détail du calcul de la note de risque (vulnérabilité) des espèces de chiroptères recensées sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

Espèce		Nombre de cas de mortalité de l'espèce recensés en Europe	Proportion sur la mortalité totale toutes espèces confondues	Note de sensibilité	Statut de conservation en France	Note de risque = vulnérabilité
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	1765	14,01 %	4	VU	4
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	3401	27,0 %	4	NT	3,5
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	1792	14,23 %	4	NT	3,5
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	813	6,45 %	4	NT	3,5
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	661	5,25 %	4	LC	3
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	165	1,31 %	3	NT	3

Tableau 39 : Détail du calcul de la note de risque des chiroptères observés sur le parc éolien de Saint-Morand en 2024

7.4 Valeurs d'activités des espèces de chiroptères en nacelles des éoliennes E2 et E4

Pipistrelle commune – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 2 228	
Nombre de contacts corrigés	N = 2 228,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	25,13 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 150, le 05/06	Du 20/03 au 29/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 520 entre 22h00 et 23h00	Entre 18h00 et 07h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 355 pour 17°C	8°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 598 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	0,5 à 8,0 m.s ⁻¹

Tableau 40 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle commune – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 1 363	
Nombre de contacts corrigés	N = 1 363,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	38,76 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 237, le 27/10	Du 20/03 au 29/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 448 entre 20h00 et 21h00	Entre 18h00 et 08h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 283 pour 13°C	11°C à 29°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 302 entre 2,0 et 2,5 m.s ⁻¹	0 à 7,0 m.s ⁻¹

Tableau 41 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle de Nathusius – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 523	
Nombre de contacts corrigés	N = 523,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	5,9 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 117, le 12/10	Du 07/04 au 27/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 146 entre 21h00 et 22h00	Entre 19h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 112 pour 14°C	10°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 117 entre 4,0 et 4,5 m.s ⁻¹	0,5 à 7,0 m.s ⁻¹

Tableau 42 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle de Nathusius – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 328	
Nombre de contacts corrigés	N = 328,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	9,33 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 70, le 14/10/24	Du 19/05 au 27/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 90 entre 22h00 et 23h00	Entre 19h00 et 03h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 79 pour 15°C	11°C à 22°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 90 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	0 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 43 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle de Kuhl – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 2 498	
Nombre de contacts corrigés	N = 2 498,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	28,18 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 397, le 03/10	Du 12/04 au 27/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 524 entre 21h00 et 22h00	Entre 19h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 576 pour 14°C	8°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 628 entre 2,5 et 3,0 m.s ⁻¹	0,5 à 9,0 m.s ⁻¹

Tableau 44 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024

Pipistrelle de Kuhl – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 732	
Nombre de contacts corrigés	N = 732,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	20,81 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 250, le 14/10	Du 12/04 au 28/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 252 entre 20h00 et 21h00	Entre 18h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 243 pour 14°C	12°C à 21°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 281 entre 2,0 et 2,5 m.s ⁻¹	0 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 45 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024

Noctule commune – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 1 927	
Nombre de contacts corrigés	N = 481,75	
Proportion par rapport aux contacts totaux	5,43 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 35, le 01/08	Du 05/04 au 27/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 120 entre 22h00 et 23h00	Entre 19h00 et 08h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 69 pour 19°C	8°C à 30°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 70 entre 5,0 et 5,5 m.s ⁻¹	0,5 à 8,5 m.s ⁻¹

Tableau 46 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024

Noctule commune – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 378	
Nombre de contacts corrigés	N = 94,5	
Proportion par rapport aux contacts totaux	2,69 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 15, le 04/09	Du 24/04 au 26/10/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 17 entre 23h00 et 00h00	Entre 19h00 et 08h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 22 pour 16°C	9°C à 27°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 22 entre 5,0 et 5,5 m.s ⁻¹	0 à 7,0 m.s ⁻¹

Tableau 47 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024

Noctule de Leisler – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 14	
Nombre de contacts corrigés	N = 4,34	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,05 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	Trop peu de données	Du 19/05 au 19/08/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	Trop peu de données	Entre 23h00 et 01h00
Nombre de contacts en fonction de la température	Trop peu de données	14°C à 19°C
Nombre de contacts en fonction du vent	Trop peu de données	2,5 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 48 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024

Noctule de Leisler – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 6	
Nombre de contacts corrigés	N = 1,86	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,05 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	Trop peu de données	Du 04/09 au 05/09/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	Trop peu de données	Entre 23h00 et 01h00
Nombre de contacts en fonction de la température	Trop peu de données	14°C
Nombre de contacts en fonction du vent	Trop peu de données	5,0 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 49 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E4 de Saint-Morand en 2024

Sérotine commune – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 97	
Nombre de contacts corrigés	N = 61,11	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,69 %	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 17, le 03/08	Du 26/05 au 27/08/24
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 25 entre 22h00 et 23h00	Entre 21h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 33 pour 20°C	13°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 21 entre 4,0 et 4,5 m.s ⁻¹	0,5 à 6,0 m.s ⁻¹

Tableau 50 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E2 de Saint-Morand en 2024

7.5 Sensibilité des oiseaux à l'éolien

L'effet des parcs éoliens sur l'avifaune est très variable et dépend de plusieurs facteurs :

- La phénologie des espèces (hibernage, nidification, passage migratoire ou oiseaux sédentaires) et les modalités d'utilisation du site par les oiseaux ;
- La sensibilité des espèces aux différents effets potentiels de l'activité éolienne :
 - o Effets directs (Smith & Dwyer, 2016) : la collision directe avec les pales d'éoliennes, causant la mort des individus,
 - o Effets indirects (Smith & Dwyer, 2016) : les perturbations ou dérangements, qui provoquent l'évitement de ces infrastructures et se manifestent de différente façon : la perte d'habitat et l'effet « barrière ».
- Les caractéristiques du projet (nombre et positionnement des éoliennes, hauteur des mâts, orientation du parc, garde au sol...) (Schaub *et al.*, 2021), de l'environnement local (Kitano & Shiraki, 2013) et des conditions météorologiques (Barrios & Rodríguez, 2004; de Lucas *et al.*, 2008; Kerlinger *et al.*, 2010).

Les données de la littérature scientifique internationale sur les suivis de parcs éoliens en phase d'exploitation permettent d'apprecier des sensibilités divergentes pour deux catégories d'espèces :

- Une première sensible aux perturbations engendrées par ces infrastructures, qui subissent l'effet « barrière », l'éloignement, voire de dérangement au nid, et donc au risque de perte de territoire vital. Ces espèces farouches sont en général peu sensibles au risque de collision ;
- La seconde, à l'inverse, avec des espèces sensibles aux risques de collision avec les pales, qui sont moins concernées par les effets d'évitement (Grünkorn *et al.*, 2009), de perte de territoire ou de dérangement.

Cette approche caricaturale nécessite beaucoup de précautions dans l'analyse des impacts d'un projet éolien. Les paragraphes suivants détaillent l'état actuel des connaissances sur les sensibilités de l'avifaune en fonction des espèces, et de leur statut sur site.

7.5.1 Collision

En comparaison avec d'autres origines anthropiques (lignes électriques, routes, prédation par les animaux domestiques, chasse, pesticides...), les parcs éoliens ont un faible impact sur la mortalité directe de l'avifaune (Erickson *et al.*, 2005; Loss *et al.*, 2015). Le risque de collision avec les éoliennes est très variable et dépend :

- De la sensibilité des espèces, avec plusieurs groupes d'espèces impactées (migrateurs : Johnson *et al.*, 2003 ; déclin d'une population de *Lyrurus tetrix* : Zeiler & Grünschachner-Berger, 2009 ; les rapaces : de Lucas *et al.*, 2008 ; Hernández-Pliego *et al.*, 2015 ; les oiseaux chanteurs : Morinha *et al.*, 2014).
- De la saison (Barrios & Rodríguez, 2004) ;
- Des caractéristiques du site d'étude (de Lucas *et al.*, 2008 ; Marques *et al.*, 2014 ; Thaxter *et al.*, 2017)

Cette affirmation est confirmée au niveau national par de nombreuses publications scientifiques, comme le confirme la synthèse des suivis de mortalité réalisée par la LPO sur 12,5% des parcs éoliens en exploitation en France (Marx, 2017).

Le manque de standardisation de protocoles de suivi de mortalité et la robustesse très variable de ces suivis (Marx, 2017) empêchent d'avoir des chiffres de mortalité représentatifs par pays. En France, les données de mortalité brute varient entre 0,74 oiseau/éolienne/an (sur les 91 parcs qui ont réalisé des suivis de mortalité entre 1997 et 2015) à 2,15 oiseaux/éolienne/an (sur les 9 parcs analysés avec des suivis plus robustes, réalisés sur 48 semaines avec 1 prospection/semaine et un rayon de 50 mètres).

Cause de mortalité en France (LPO, AMBE – 2010)	Estimation de la mortalité annuelle	
Ligne HT (> 63 kV)	80 à 120 oiseaux / km / an (en zone sensible) / réseau aérien de 10 000 km : estimation = 8 à 12 millions / an.	
Ligne MT (20 à 63 kV)	40 à 100 oiseaux / km / an (en zone sensible) / réseau aérien de 460 000 km : estimation = 18 à 46 millions / an.	
Autoroute	30 à 100 oiseaux / km / an / réseau terrestre de 10 000 km : estimation = 300 000 à 1 million / an.	
Cause de mortalité aux USA (Erickson <i>et al.</i> 2005)	Estimation de la mortalité annuelle	Pourcentage
Bâtiments et fenêtres	550 000 000	58,20%
Installations électriques (pylônes et câbles)	130 000 000	13,70%
Chats (prédateur)	100 000 000	10,60%
Véhicules (trafic routier)	80 000 000	8,50%
Antennes et tours de communication	4 500 000	0,50%
Eoliennes	28 500	<0,01%
Avions	25 000	<0,01%
Autres causes (marées noires, pêches accidentelles, etc.)	Non calculée	Non calculé

Tableau 51 : Comparaison indicative des différentes causes de mortalité anthropique de l'avifaune en France (en haut, LPO, AMBE - 2010) et aux Etats-Unis (en bas, Erickson *et al.*, 2005)

Le nombre de cadavres dans le monde est inconnu (Pagel *et al.*, 2013), mais ceux comptabilisés jusqu'à présent en Europe s'élèvent à 19 697 oiseaux de plus de 250 espèces différentes, dont 5 570 cas de mortalité en Espagne, 4 990 cas en Allemagne, 1 806 cas en Belgique et 4 631 cas en France (Dürr, 2023).

Les espèces les plus touchées en Europe (Dürr, 2023) sont :

- Le Vautour fauve (quasi exclusivement en Espagne),
- La Buse variable (en Allemagne principalement),
- Le Goéland argenté (en Belgique essentiellement),
- Le Faucon crécerelle (en Espagne et en moindre mesure en France et Allemagne),
- Le Milan royal (en Allemagne principalement),
- La Mouette rieuse (en Belgique principalement),
- Le Martinet noir (surtout en France et en Allemagne),
- L'Alouette des champs (surtout en Allemagne, France et Espagne),
- Le Roitelet à triple bandeau (surtout en France),
- Le Pygargue à queue blanche (en Allemagne principalement),
- Le Pigeon ramier (en France et en Allemagne essentiellement),
- Le Canard colvert (en Allemagne principalement),

Même si le nombre de cadavres augmente à chaque actualisation de la synthèse des données de mortalité en Europe réalisée par Tobias Dürr, l'ordre du classement reste sensiblement le même depuis 2015, confirmant la sensibilité de ces espèces à l'impact éolien. La transmission des données à l'échelle européenne étant réalisée sur la base du volontariat, cette synthèse reste limitée et ne peut donc refléter la totalité des mortalités liées à l'éolien.

Espèce	A	BE	BG	CH	CR	CY	CZ	D	DK	E	EST	F	FR	GB	GR	LX	NL	N	PT	PL	RO	S	Total
<i>Acanthis flammea</i>				2				1										1					3
<i>Accipiter gentilis</i>								11	1	4		1					1						18
<i>Accipiter nisus</i>	1	4						44	1	18		45	1		1		1						115
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>										1												1	
<i>Acrocephalus palustris</i>								1														1	
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>								1														1	
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>								4		13		2										19	
<i>Aegolius funereus</i>								1														1	
<i>Aegothalos caudatus</i>								1				1										2	
<i>Aegypius monachus</i>										3		1		1								5	
<i>Alauda arvensis</i>	23							8	125		89		215	1	2		44	10					517
<i>Alauda spec.</i>										7		2										9	
<i>Alcedo atthis</i>										1												1	
<i>Alectoris chukar</i>														2								2	
<i>Alectoris rufa</i>										115		53										187	
<i>Alopochen aegyptiacus</i>								2														4	
<i>Anas clypeata</i>								1						1	1							3	
<i>Anas crecca</i>		2						6				1		1	2							12	
<i>Anas platyrhynchos</i>	4	48	2					214	1	36		19		64	3	1	13						405
<i>Anas spec.</i>								1	2			2		3		2						10	
<i>Anas strepera</i>								3						3								6	
<i>Anser albifrons</i>								5					1									6	
<i>Anser albifrons/fabalis</i>								4														4	
<i>Anser anser</i>	1	1						19		3				7	4							35	
<i>Anser anser f. domestica</i>	3																					3	
<i>Anser brachyrhynchus</i>									1						1							1	
<i>Anser caerulescens</i>																1						1	
<i>Anser fabalis</i>								7					1									8	
<i>Anseridae spec.</i>	1							8					1									10	
<i>Anthus campestris</i>								20		3				1								24	
<i>Anthus petrosus</i>								7					1									8	
<i>Anthus pratensis</i>	5							1	17		10	1	2	1	3							40	
<i>Anthus spec.</i>		3									1				1							5	
<i>Anthus spinoletta</i>		6																				6	
<i>Anthus trivialis</i>								7	2		8											17	
<i>Apus apus</i>	14	4	1					2	170	1	75	433	2	5	18		3	728					
<i>Apus pallidus</i>										12	1			1								14	
<i>Aquila chrysaetos</i>			1					1	8		1	1	1		2			12	27				
<i>Aquila heliaca</i>	4										5				10	4						4	
<i>Ardea cinerea</i>	1	7						17		2		5										46	
<i>Arenaria interpres</i>	3																					3	
<i>Asia flammea</i>								5	1		1											7	
<i>Asio otus</i>	1							18	2		12											33	
<i>Athene noctua</i>										4												4	
<i>Aves spec.</i>											38											38	
<i>Aythya ferina</i>	3													1								3	
<i>Aythya fuligula</i>	1							3						1								5	
<i>Aythya marila</i>													1									1	
<i>Aythya nyroca</i>												1				1						1	
<i>Botaurus stellaris</i>								2					2		1							5	
<i>Branta bernicla</i>													1									1	
<i>Branta canadensis</i>													1									1	
<i>Branta leucopsis</i>								8					1									9	
<i>Bubo bubo</i>		1						1	22		18	2										44	
<i>Bubulcus ibis</i>										96	3			4								103	
<i>Burhinus oedicnemus</i>										14	1											15	
<i>Buteo buteo</i>	15	3						772	31		314	3	30	13	5	3						1189	
<i>Buteo lagopus</i>								12					1									13	
<i>Calandrella brachydactyla</i>										5					1							6	
<i>Calidris alpina</i>								3							1							4	
<i>Calidris canutus</i>										1												1	
<i>Caprimulgus europeus</i>		1									1												

Espèce	A	BE	BG	CH	CR	CY	CZ	D	DK	E	EST	F	FR	GB	GR	LX	NL	N	PT	PL	RO	S	Total	
<i>Larus fuscus</i>		202						62		4			70	1			27						366	
<i>Larus marinus</i>			22						2				6	55			3	2					90	
<i>Larus michahellis</i>	1									11			11										23	
<i>Larus minutus</i>																		2					2	
<i>Larus spec.</i>	10	2						18	1	1			40	1		11	2					2	88	
<i>Limosa limosa</i>			3														1						4	
<i>Linaria cannabina</i>	3							2	1	24			25			1		10	1				67	
<i>Linaria flavoristris</i>																		1					1	
<i>Locustella naevia</i>				1				1		6			1										9	
<i>Loxia curvirostra</i>								1		4			6										11	
<i>Loxia pytyopsittacus</i>																		1					1	
<i>Lullula arborea</i>								13		62			33		17					25				150
<i>Luscinia megarhynchos</i>								1		5			1										7	
<i>Luscinia svecica</i>													1										1	
<i>Lymnocryptes minimus</i>													1										1	
<i>Lyrurus tetrix</i>	7														2								9	
<i>Mareca penelope</i>		1								5			1										7	
<i>Melanitta nigra</i>																	1						1	
<i>Melanocorypha calandra</i>										75													75	
<i>Mergus serrator</i>																	1						1	
<i>Merops apiaster</i>	1									9			3							1			14	
<i>Milvus migrans</i>								64		71			52										187	
<i>Milvus milvus</i>	1	5						751	1	34			51	5		3	1				12		864	
<i>Milvus spec.</i>										2													2	
<i>Monticola saxatilis</i>										2													2	
<i>Motacilla alba</i>	2							11		27			14				1						55	
<i>Motacilla flava</i>			2					7		1			17										27	
<i>Motacilla spec.</i>	16												3										19	
<i>Muscicapa striata</i>		9								2			3					1					15	
<i>Neophron percnopterus</i>										30													30	
<i>Netta rufina</i>													1										1	
<i>Nonpasseriformes spec.</i>	3							5					1			3							12	
<i>Numenius arquata</i>								4					2			8							14	
<i>Numenius phaeopus</i>													2										2	
<i>Nycticorax nycticorax</i>										1													1	
<i>Oenanthe hispanica</i>										18													18	
<i>Oenanthe oenanthe</i>		3						3		7			11		3		1						28	
<i>Oenanthe spec.</i>										1													1	
<i>Oriolus oriolus</i>	2							5		2													9	
<i>Otis tarda</i>	1									3													4	
<i>Otus scops</i>										1													1	
<i>Pandion haliaetus</i>								51		10			5	1							1		68	
<i>Parus major</i>					1	12		3					3										19	
<i>Parus spec.</i>	1																						1	
<i>Passer domesticus</i>	1							5		82			17			3		1					109	
<i>Passer hispaniolensis</i>										2													2	
<i>Passer montanus</i>	1							29					1			1							32	
<i>Passer spec.</i>													10										10	
<i>Passeres spec.</i>	11		1					25		26			58	14		4	3		3				145	
<i>Pelecanus onocrotalus</i>								1															1	
<i>Perdix perdix</i>	29							6					166			1			1				203	
<i>Periparus atter</i>								7					5										12	
<i>Pernis apivorus</i>								29		8			5								1		43	
<i>Petronia petronia</i>										29													29	
<i>Phalacrocorax carbo</i>								7		4			13	1		6							31	
<i>Phasianus colchicus</i>	62	4						1	32	2			97			5							203	
<i>Phoenicurus ochrorus</i>	1							1		11			2										15	
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>								1		5			1										7	
<i>Phylloscopus collybita</i>		1						7		37			42										87	
<i>Phylloscopus ibericus</i>										2													9	
<i>Phylloscopus inornatus</i>										1			2										3	
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>		1						2		1			1										5	
<i>Phylloscopus spec.</i>	5									5													10	
<i>Phylloscopus trochilus</i>	1		4					8		14			6								1		34	
<i>Pica pica</i>	6	2						5		33			7										53	
<i>Picus viridis</i>								4		2			2								1		9	
<i>Platalea leucorodia</i>										1													1	
<i>Plautus alle</i>																	1						1	
<i>Plectrophenax nivalis</i>								1													1		2	
<i>Pluvialis apricaria</i>								25	1	3			5			5	7				1		47	
<i>Pluvialis squatarola</i>																	1						1	
<i>Podiceps cristatus</i>										1			2			2							5	
<i>Poecile montanus</i>															1								1	
<i>Porzana porzana</i>										1													1	
<i>Prunella modularis</i>													3										3	
<i>Psittacus krameri</i>													1										1	
<i>Pterocles alchata</i>										4													4	
<i>Pterocles orientalis</i>										2													2	
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>										7													7	
<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>										2			1										3	
<i>Rallus aquaticus</i>								3		2			3				2						10	
<i>Recurvirostra avosetta</i>													5			3							8	
<i>Regulus ignicapilla</i>	1	3	8		3	45		45					384			1		2					492	
<i>Regulus regulus</i>	14	1	3			125		5					84			3		6					241	
<i>Regulus spec.</i>	2		3					12					40			3						48	108	
<i>Ripaia riparia</i>								7		3			1	1		1							13	

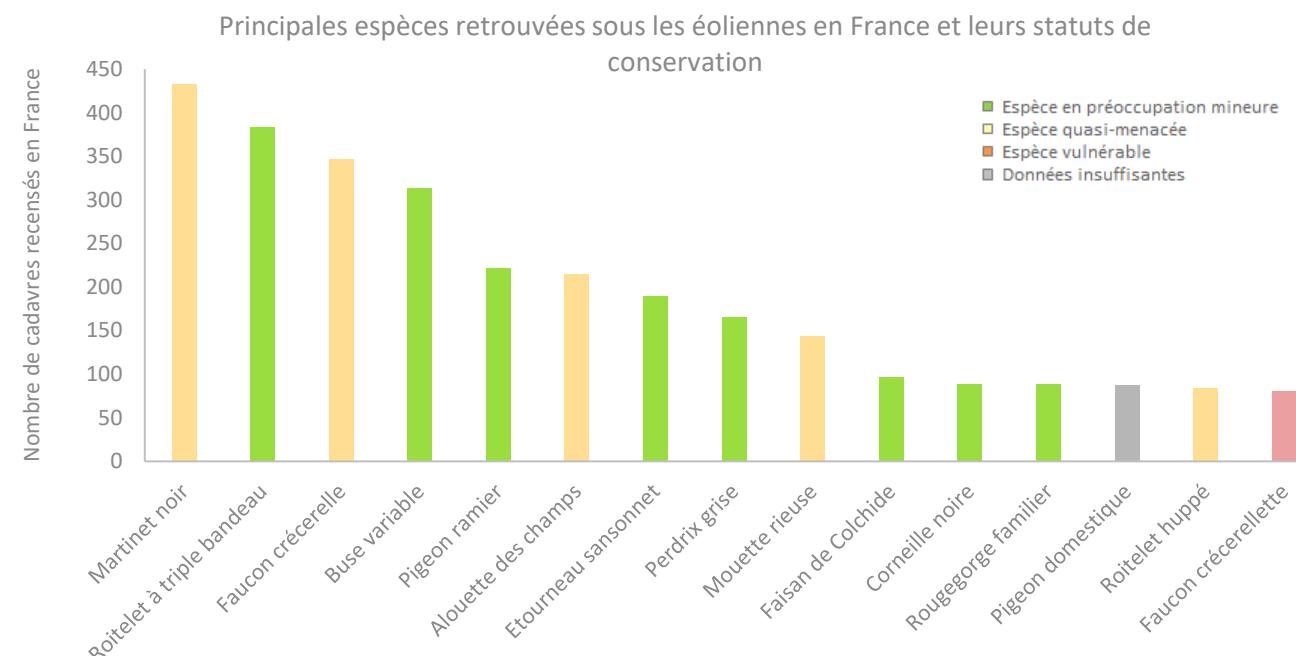
Espèce	A	BE	BG	CH	CR	CY	CZ	D	DK	E	EST	F	FR	GB	GR	LX	NL	N	PT	PL	RO	S	Total	
<i>Rissa tridactyla</i>		3								5		1	1			1	1						12	
<i>Saxicola rubetra</i>	1							3		1		1											6	
<i>Saxicola torquata</i>										14		1											17	
<i>Scolopax rusticola</i>	1	1						10		2		4	1			1							1	21
<i>Serinus serinus</i>									20														20	
<i>Sitta europaea</i>								3				1											4	
<i>Somateria mollissima</i>									1				15			1							1	18
<i>Spinus spinus</i>																							1	
<i>Sterna albifrons</i>	15																						15	
<i>Sterna hirundo</i>		162							1			1					5						169	
<i>Sterna spec.</i>												3											3	
<i>Streptopelia decaocto</i>	4							3		2		9											18	
<i>Streptopelia turtur</i>	1									33		15											50	
<i>Strigiformes spec.</i>										2													2	
<i>Strix aluco</i>								8		3		2											13	
<i>Sturnus unicolor</i>										96													96	
<i>Sturnus vulgaris</i>	9	27	3		2	96		8			190					26	1		3				365	
<i>Sula bassana</i>												1											1	
<i>Sylvia atricapilla</i>	1		5		9		184			16		2											217	
<i>Sylvia borin</i>			12							11		2											25	
<i>Sylvia cantillans</i>										43		1											44	
<i>Sylvia conspicillata</i>										5													5	
<i>Sylvia curruca</i>							2																2	
<i>Sylvia hortensis</i>										4													4	
<i>Sylvia melanocephala</i>										10		2		1									13	
<i>Sylvia spec.</i>		3										2											5	
<i>Sylvia undata</i>										11													18	
<i>Sylviæ communis</i>									1	1	4												6	
<i>Tachymarptis melba</i>								2	23		2												27	
<i>Tadorna tadorna</i>	2							2			1					7							12	
<i>Tetrao urogallus</i>								1	1														14	
<i>Tetrox tetrox</i>									1														1	
<i>Thalasseus sandvicensis</i>	25										1						1						27	
<i>Threskiornis aethiopicus</i>											1												1	
<i>Tringa totanus</i>	3										2					1	1						8	
<i>Troglodytes troglodytes</i>							4		1	8	1												14	
<i>Turdus iliacus</i>		7						4	1	11	3						2						28	
<i>Turdus merula</i>	2	1						18	44		60	6	1	1								4	137	
<i>Turdus philomelos</i>		12	1		1		27		129		63	2	3										1	238
<i>Turdus pilaris</i>	1			1			18		5	1		2	1										29	
<i>Turdus spec.</i>		1							1	2	1	1	1										7	
<i>Turdus torquatus</i>									1	1													2	
<i>Turdus viscivorus</i>				1			10		27	1	1					3			1				40	
<i>Tyto alba</i>							15		6	8													33	
<i>Upupa epops</i>									7	3	1												12	
<i>Uria aalge</i>								1															2	
<i>Vanellus vanellus</i>	3						19				6					3							31	
Total	378	1806	6	109	1	1	25	4990	49	5570	1	7	4631	180	100	3	727	404	443	83	2	181	19697	

A = Autriche; **BE** = Belgique; **BG** = Bulgarie; **CH** = Suisse; **CR** = Croatie; **CY** = Chypre; **CZ** = République tchèque; **D** = Allemagne; **DK** = Danemark; **E** = Espagne; **EST** = Estonie; **F** = Finlande; **FR** = France; **GB** = Grande-Bretagne; **GR** = Grèce; **LV** = Lettonie; **LX** = Luxembourg; **NL** = Pays-BAs; **N** = Norvège; **PT** = Portugal; **PL** = Pologne; **RO** = Roumanie; **S** = Suède

Tableau 52 : Récapitulatif des données de mortalité des oiseaux, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023)

En France, les oiseaux les plus impactés par les éoliennes sont les Passériformes, avec 49,3% des cadavres signalés (Marx, 2017). Les espèces les plus sensibles sont les suivantes (Dürr, 2023 ; Marx, 2017) :

- Le Martinet noir (envol des jeunes et migration),
 - Le Roitelet à triple-bandeau (en migration postnuptiale essentiellement),
 - Le Faucon crécerelle (rapace le plus touché au niveau de la population nationale),
 - La Buse variable (en migration postnuptiale essentiellement),
 - Le Pigeon ramier,
 - L'Alouette des champs,
 - L'Etourneau sansonnet,
 - La Perdrix grise,
 - La Mouette rieuse...



Graphique 29 : Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes en France et leur statut de conservation (Dürr, 2023)

Pour les oiseaux migrateurs, le risque de collision peut dépendre de la hauteur de déplacement, de la phénologie migratoire des espèces (solitaire, en groupes familiaux, sociaux, etc.), mais aussi de l'importance du flux migratoire (probabilité de collision proportionnelle aux effectifs). Le rapport entre intensité de la migration et nombre de victimes de collisions, au sein de la période de migration n'est cependant pas toujours vérifié, et est plus complexe qu'on ne le pensait jusqu'à présent. Les conditions de visibilité, dépendantes de la météo, jouent certainement un grand rôle (Aschwanden *et al.*, 2018). Le risque de collision dépend donc des éoliennes, certaines étant plus impactantes que d'autres, par leur emplacement ou leur disposition (en zone de nidification d'une espèce sensible, perpendiculaire aux axes migratoires majeurs, mât treillis...) (Thaxter *et al.*, 2017 ; Marques *et al.*, 2020).

Les oiseaux sédentaires et nicheurs semblent intégrer la présence des éoliennes sur leur territoire et se tiennent en général à distance des turbines (100-300 m) (Strickland *et al.*, 2001 ; Winkelman, 1992 ; Thomas, 2000) sauf en cas de facteur attractif à proximité comme des champs labourés ou moissonnés qui augmentent les ressources alimentaires (Janss, 1998 ; Pedersen & Poulsen, 1991 ; Winkelman, 1985). Les oiseaux semblent toutefois capables de percevoir si les éoliennes sont en fonctionnement et de réagir en conséquence (Albouy *et al.*, 1997), bien que certaines espèces apparaissent moins aptes à prendre en compte la présence des éoliennes lorsque les individus sont concentrés sur une proie (cas notamment des vautours et des milans qui ne nichent pas près du parc). La sensibilité varie néanmoins d'une espèce à l'autre suivant son mode de vie et sa façon de percevoir un parc éolien dans son environnement. Les espèces les plus sensibles aux collisions sont souvent aussi celles qui sont les moins farouches. Inversement, les espèces les plus sensibles au risque d'évitement ou aux effets « barrière », sont aussi les moins sensibles au risque de collision.

Les rapaces et les migrants nocturnes sont généralement considérés comme les plus exposés au risque de collision avec les éoliennes (Curry & Kerlinger, 1998 ; Hill *et al.*, 2014). Les collisions peuvent être plus fréquentes la nuit, les migrants étant attirés par les lumières des éoliennes, ou par mauvais temps, lorsqu'ils sont obligés de voler à faible hauteur. Cependant, l'utilisation de lumière rouge n'a pas d'impact sur le taux de collision des migrants nocturnes (Kerlinger *et al.*, 2010).

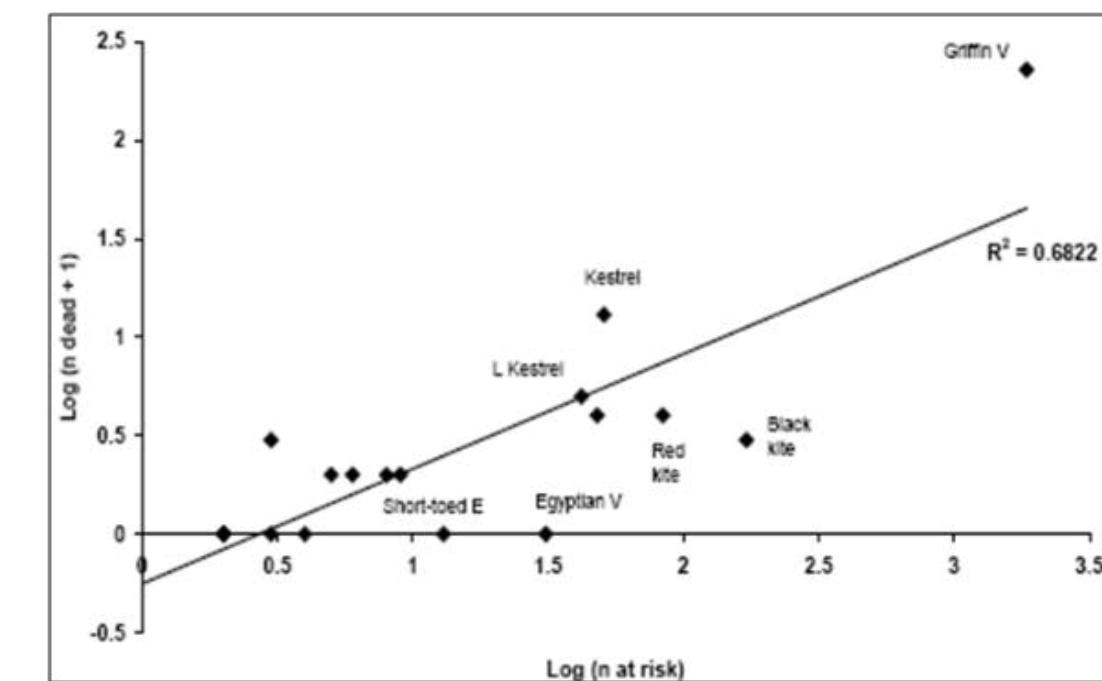
Durant une journée de migration typique, l'aube et le crépuscule sont des périodes durant lesquelles les oiseaux risquent d'entrer en collision avec les structures des parcs éoliens, car leur altitude varie beaucoup (Richardson, 1998 ; Langston & Pullan, 2003).



Figure 24 : Roitelet à triple bandeau
(Sens Of Life, 2020).

Le degré de sensibilité générale de l'avifaune migratrice est donné ci-dessous :

- De novembre à janvier : sensibilité très faible à nulle,
- En février : sensibilité faible à moyenne,
- **De mars à avril : sensibilité moyenne,**
- En mai : sensibilité faible à moyenne,
- De juin à juillet : sensibilité faible,
- **D'août à octobre : sensibilité forte en raison des effectifs plus importants.**



Graphique 30 : Corrélation entre le nombre de rapaces avec un comportement à risque et la mortalité, pendant 3 ans sur 13 parcs éoliens au nord de l'Espagne (Lekuona & Ursua, 2006).

Une étude de corrélation (Whitfield & Madders, 2006), entre les comportements de vols à risques et la mortalité observée sur 13 parcs éoliens du nord de l'Espagne pendant 3 ans (Lekuona & Ursua, 2006) permet une appréciation comparative des sensibilités au risque de collision pour les rapaces diurnes. Le graphique suivant apporte une vision synthétique des résultats, que les suivis de mortalité ne confortent pas toujours. Une autre étude menée au Canada met en lumière que les rapaces sont particulièrement vulnérables durant les périodes automnale et hivernale, lorsque les températures sont faibles et les ascendances thermiques limitées, les

contraignant à voler à plus basse altitude à la recherche de courants d'air ascendants créés par les zones de relief (Katzner *et al.*, 2012).

Long *et al.* (2011) met en évidence que les couleurs blanches et jaunes sur les éoliennes sont fortement attractives pour les insectes et augmente donc l'activité de chasse autour des machines et le risque de collision associé. Pour pallier le risque de collision des oiseaux sur les pales d'éoliennes, une étude menée par des chercheurs du Norwegian Institute for Nature research (NINA) a été menée entre 2006 et 2016, sur un parc éolien de l'archipel de Smøla en Norvège. Sur les 68 turbines en place sur le site, 4 ont vu une de leur pale peinte en noir (Figure 25, à gauche), et les résultats des 9500 suivis réalisés durant les 10 années ont montré que ces quatre éoliennes affichaient un taux de mortalité réduit de 70% par rapport aux autres éoliennes du parc. En effet, une pale peinte en noir permettrait à l'éolienne d'être beaucoup plus visible et plus facilement détectable par un oiseau en vol. On notera qu'il s'agit d'extrapolations à partir de peu d'oiseaux retrouvés morts et peu d'éoliennes expérimentales, et que cette étude concerne principalement les rapaces et notamment le Pygargue à queue blanche. Cette solution semble prometteuse et devrait être développée sur d'autres parcs afin d'évaluer son efficacité avec plus de précisions (May *et al.*, 2020). En 2023, la modélisation d'une mesure de réduction d'impact des éoliennes offshore basée sur la vision a été menée, cette fois avec le mât et les pales peintes avec des rayures horizontales (Figure 25, à droite), et semble confirmer ces résultats avec une réduction estimée de 70% du taux annuel de mortalité par collision (Martin & Banks, 2023).



Figure 25 : Différentes méthodes de mise en évidence des éoliennes pour augmenter leur visibilité par les oiseaux

Pour rendre un site d'implantation moins attractif pour les rapaces, il est possible de diminuer la qualité des habitats qu'ils fréquentent mais aussi leurs proies (micromammifères par exemple) (Gaultier *et al.*, 2019). Il est donc recommandé de ne pas tondre ou faucher avant mi-juillet (Aschwanden *et al.*, 2005) pour favoriser une végétation dense et haute qui ne serait pas adaptée pour la chasse des rapaces (Barrios & Rodríguez, 2004 ; Cordeiro *et al.*, 2012). En effet, les rapaces privilègient la chasse en zone ouverte, les parcelles fraîchement fauchées, les cultures basses et les sols nus constituant leur site de chasse préférentiel (Aschwanden *et al.*, 2005; Lucéole, 2012). Ils fréquentent beaucoup les zones de lisières entre les cultures et les chemins. Les cultures de betteraves ne sont que peu utilisées sauf en période de récolte (Lucéole, 2012). Les cultures dont le sol est nu pendant la période de nidification sont à proscrire (par exemple le maïs). Au pied des éoliennes, il est donc recommandé de planter de la végétation pérenne afin d'éviter les sols nus.

En parallèle d'une gestion de l'habitat sur le site d'implantation du parc éolien, il est possible d'améliorer ou créer des milieux favorables aux espèces cibles sur une zone plus éloignée (Paula *et al.*, 2011). Par exemple, améliorer la disponibilité en nourriture (favoriser les milieux ouverts, ou créer une parcelle de luzerne fauchée régulièrement), des programmes de repeuplement d'espèces proies (Paula *et al.*, 2011) ou la création de charniers pour les rapaces charognards (Cortés-Avizanda *et al.*, 2010). En Allemagne, des placettes d'alimentation sont régulièrement positionnées pour attirer les Milans royaux loin des parcs éoliens. Cette mesure a été mise en place par un exploitant une seule fois en France et abandonnée à cause de la gestion très contraignante de cette mesure en termes de réglementation, notamment sanitaire. Afin de limiter la fréquentation des Milans royaux sur le site, il est aussi possible de créer des zones attractives (éloignées du projet, mais dans la zone de nidification) avec des plantations de luzernes ou de surfaces en herbe avec fauches différencierées. Toutefois, il faut veiller à ce que ce territoire plus favorable soit libre et n'augmente pas le risque de conflits inter- ou intraspécifiques (Gaultier *et al.*, 2019).

La collision des oiseaux avec les pales est l'impact le plus couramment cité lorsque l'on évoque l'énergie éolienne (American Wind Wildlife Institute, 2016). Il s'agit, en effet, de l'impact le plus facile à constater ; pour autant, il n'est pas certain qu'il soit le plus préjudiciable à la bonne conservation des populations d'oiseaux. Le dérangement des espèces nicheuses en phase d'exploitation a probablement un impact plus néfaste sur les espèces les plus patrimoniales, en particulier celles à maturité lente et à faible productivité annuelle (Gaultier *et al.*, 2019).

7.5.2 Perte d'habitat

La bibliographie révèle des effets variables sur la perte d'habitat de l'avifaune avant et après l'implantation des parcs éoliens (Schuster *et al.*, 2015). Les effets positifs découlent d'une modification d'habitat qui pourrait améliorer la qualité du milieu pour certaines espèces et les attirer (Pearce-Higgins *et al.*, 2012) ; (Shaffer & Buhl, 2016) et les négatifs, les plus communs, sont souvent liés à un dérangement provoquant un déplacement (Osborn *et al.*, 1998 ; Leddy *et al.*, 1999 ; Smith & Dwyer, 2016).

Il s'agit principalement de destruction ou d'altération d'habitats naturels ou d'habitats d'espèces, et de destruction de stations végétales. Ils ne se distinguent pas sensiblement des effets des autres types d'aménagements et d'infrastructures mais il faut toutefois prêter une attention particulière au fait que les parcs sont installés sans connexion avec le tissu urbanisé ou industrialisé, dans les milieux agricoles ou naturels et que de ce fait les perturbations sur les milieux ou sur les espèces peuvent être plus importants que d'autres types d'aménagements et d'infrastructures qui s'implantent dans des zones où l'état de la biodiversité peut être davantage dégradé (Perret, 2017).

Les oiseaux friands d'espaces ouverts évitent les structures verticales telles que les éoliennes. À proximité de celles-ci, ils se sentent souvent dérangés. Ces situations de stress chez les hôtes hivernants ou les migrateurs en escale peuvent générer un affaiblissement physique, qui réduit leurs chances de survie. Les oiseaux nicheurs n'ont en général qu'un taux de reproduction médiocre en cas de stress, ce qui peut avoir pour effet une diminution, voire une disparition, des populations locales (Vogelwarte, 2016). Les éoliennes peuvent être assimilées par certains oiseaux comme reposoirs de rapaces (Kreuziger, 2008). D'autres espèces sont dérangées par le bruit des machines ou des travaux de construction (Larsen & Madsen, 2000 ; Garvin *et al.*, 2011 ; Johnston *et al.*, 2014).

La corrélation positive entre la hauteur des éoliennes et la distance d'évitement est moins importante pour les oiseaux nicheurs (Hötker *et al.*, 2006). En effet, plusieurs études soulignent la capacité d'adaptation des espèces à la présence des éoliennes (Percival, 1998 ; Guyonne & Clave, 2000 ; Kingsley & Whittam, 2001 ; James & Coady, 2004), avec une diminution progressive de la distance d'éloignement.

L'incidence critique de nombreuses activités humaines (dont un projet éolien fait partie) sur les oiseaux en période de nidification ou de migration est le risque de modifications comportementales à un moment particulièrement

vulnérable du cycle biologique des oiseaux (vulnérabilité des couvées et des jeunes, forte activité des parents qui peut se traduire par l'abandon de la phase de nidification, voire de l'habitat, abandon des zones de halte migratoire) (Schuster *et al.*, 2015 ; Smith & Dwyer, 2016).

Le risque de modification comportementale pourra avoir un caractère soit temporaire, lié aux dérangements occasionnés par les travaux d'installation des éoliennes, soit permanent, directement lié au fonctionnement des éoliennes. Les aménagements associés à la construction des parcs comme la création de routes d'accès peuvent également générer une perte d'habitat (Larsen & Madsen, 2000).

Avant la ponte, ces modifications de comportement peuvent varier d'une modification de la répartition du site entre les individus (incidence patrimoniale faible) à un abandon du nid, voire du site (incidence patrimoniale forte). Pour certaines espèces reconnues comme très sensibles ou remarquables à l'échelle européenne, nationale ou régionale, l'abandon d'un territoire nuptial peut porter directement atteinte à la dynamique des populations, et indirectement à la pérennité de l'espèce (Smith & Dwyer, 2016). A cet égard, les rapaces sont particulièrement sensibles au début de la période de nidification (Gensbol, 2004).

Mais c'est plutôt après la ponte que la vulnérabilité de l'espèce est la plus marquée (activité fortement consommatrice d'énergie pour les parents et fragilité des œufs et des jeunes). Si les travaux d'implantation des éoliennes interviennent alors que la nidification est commencée, le risque le plus important est l'abandon des œufs ou des jeunes par les parents. Les chances d'un remplacement de la nichée abandonnée sont alors très réduites, d'autant plus que la nichée initiale était avancée (stress et fatigue des parents, intensification progressive des contraintes climatiques, diminution des ressources trophiques).

En ce qui concerne la phase d'exploitation des éoliennes, son impact résultera du rapport entre les implantations précises des machines et l'occupation du site par les oiseaux en comportement nuptial (défense du territoire nuptial, parade nuptiale, recherche de matériaux pour la construction des nids, recherche de nourriture...). Des modifications de comportements peuvent également avoir lieu. Là encore, pour les espèces les plus sensibles, une simple modification de comportement après la ponte, voire un abandon des jeunes, peut porter directement atteinte à la dynamique des populations de l'espèce en question et indirectement à sa pérennité.



Figure 26 : Aigle royal
(CCO domaine public).

de pertes d'habitat pour l'Aigle royal, dans une autre région de France (Riols-Loyrette, 2015). Cette perte d'habitat fonctionnel a également été constatée pour des Milans noirs suite à l'implantation d'éoliennes au Portugal (Marques *et al.*, 2020).

L'éloignement des zones de reproduction est donc recommandé pour les espèces les plus sensibles et qui revêtent un caractère patrimonial marqué. L'intérêt de cette mesure consiste à éviter de créer des situations à risque au sein des zones les plus fréquentées entre zones de reproduction et zones d'alimentation à une période cruciale du cycle biologique des oiseaux, mais aussi parfois pour des raisons de risques directs de dérangement au nid (en période de travaux et en phase d'exploitation).

La littérature existante sur les autres impacts des parcs éoliens souligne les effets indirects sur le succès reproducteur, la survie des individus ou encore les interférences dans la communication entre individus à cause du bruit des machines (Smith & Dwyer, 2016).

7.5.3 Effet barrière

L'effet barrière correspond à la modification du comportement de vol des oiseaux pour éviter un obstacle, et se matérialise par différentes réactions : déviation de la trajectoire dans l'axe horizontal (ADEME, 1999 ; Curry & Kerlinger, 1998 ; Dirksen *et al.*, 2000 ; Percival, 2001 ; Winkelman, 1985), dans l'axe vertical ou bien franchissement entre les obstacles.

Le taux de réaction est proportionnellement plus important pour les éoliennes érigées de façon perpendiculaire à l'axe migratoire (Johnson *et al.*, 2003) car elles constituent un barrage que les oiseaux doivent franchir. La position des parcs par rapport aux axes migratoires (perpendiculaire ou parallèle par exemple) est donc un facteur important (Albouy *et al.*, 2001 ; Larsen & Madsen, 2000). Les caractéristiques météorologiques (plafond nuageux bas, nappes de brouillards persistants, vent de face) peuvent conduire à des situations plus risquées.

L'impact dépend des espèces concernées, de la hauteur du vol, de la distance aux éoliennes, de l'heure de la journée, de la force et de la direction du vent, et ces réactions nécessitent une dépense d'énergie supplémentaire qui vient s'ajouter aux multiples efforts et risques rencontrés lors des voyages migratoires. Des évitements fréquents ont été observés chez les canards et les oies (Desholm & Kahlert, 2005 ; Larsen & Madsen, 2000 ; Loesch *et al.*, 2013), un peu moins chez les échassiers et les grives, dont certaines migrent la nuit, les corvidés (Dooling & Lohr, 2000 ; Winkelman, 1985) et les rapaces (Cabrera-Cruz & Villegas-Patraca, 2016 ; Garvin *et al.*, 2011).

Il faut considérer les risques de collision et d'effarouchement comme les deux faces d'une même pièce. Les oiseaux qui ne montrent pas de réaction d'évitement par rapport aux éoliennes seront souvent plus sujets aux collisions que ceux qui sont effarouchés. Les grues cendrées, par exemple, peuvent être considérées comme sensibles à l'effarouchement dans le sens où elles ont tendance à contourner les parcs (le plus souvent bien en amont et sans montrer de réaction vive). De fait, aucun cadavre de Grue cendrée n'a, à ce jour, été répertorié en France et seuls 27 cadavres ont été recensés en Europe (Dürr, 2020 ; Marx, 2017). Cependant, cette faible mortalité constatée résulte en partie du faible nombre d'éoliennes implantées jusqu'ici sur le couloir de migration ou à proximité des sites d'hivernage des grues cendrées et du faible nombre de rapports de suivis de mortalité disponibles. Le coût engendré par le contournement des parcs éoliens reste un domaine de recherche à explorer (Gaultier *et al.*, 2019). Les cygnes en migration semblent également sensibles à l'effet barrière puisqu'ils contournent les sites d'implantation (Moriguchi *et al.*, 2019). Le nombre de collisions est supérieur aux extrémités des alignements d'éoliennes (Anderson *et al.*, 2001 ; Cade, 1994 ; Thelander & Rugge, 2000). Les distances de réaction varient de 300 à 500 mètres des éoliennes pour la majorité des migrants diurnes (contre 20 mètres pour les migrants nocturnes) (Albouy *et al.*, 1997 ; Winkelman, 1994). Des effets indirects cumulatifs peuvent être envisagés lorsqu'une modification de la trajectoire initiale implique de nouveaux obstacles (lignes électriques à haute tension par exemple).

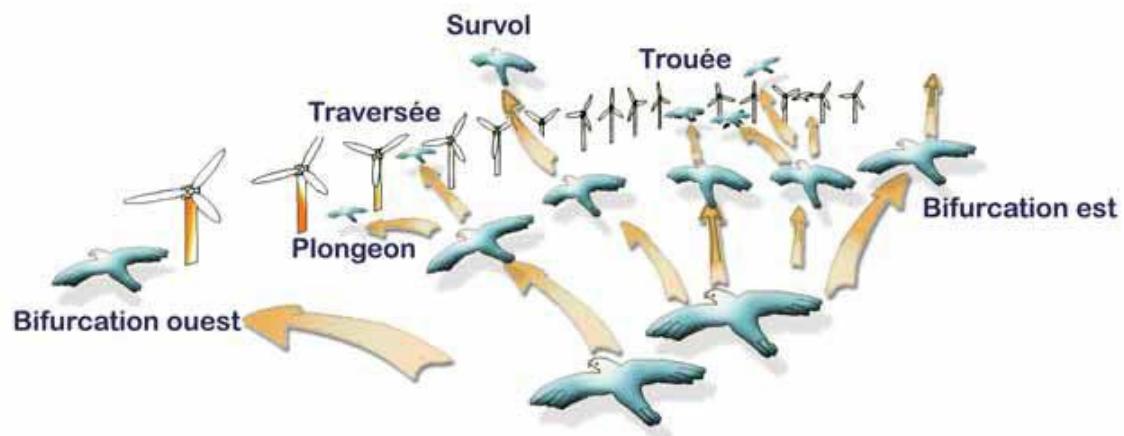


Figure 27 : Stratégie de franchissement d'un parc éolien sur le littoral audois (source : LPO Aude, 2001)

L'impact doit être évalué à la fois au cours des migrations prénuptiales et postnuptiales puisqu'une même espèce n'utilise pas forcément le même axe migratoire au printemps et à l'automne. Néanmoins, le risque peut apparaître plus important pour les migrations postnuptiales, puisqu'il s'agit des premiers mouvements migratoires pour les jeunes de l'année, plus fragiles et plus exposés aux dangers divers de la migration. Le flux migratoire postnuptial est également numériquement plus important. Il semblerait que les vols postnuptiaux s'effectuent généralement à plus faible hauteur qu'en période prénuptiale (tendance mise en évidence par le biais de suivis radar, selon Greet Ingénierie, 2006).

7.6 Sensibilité des chiroptères à l'éolien

7.6.1 Généralités

Les premiers cas de mortalité de chiroptères provoqués par des éoliennes ont été décrits au début des années 70 (Hall & Richards, 1972). Cependant, il a fallu attendre le milieu des années 1990 pour voir apparaître les premières études consacrées à l'impact des parcs éoliens sur les chauves-souris. Elles ont été menées aux Etats-Unis, principalement dans le Minnesota, l'Oregon et le Wyoming (Johnson *et al.*, 2003; Osborn *et al.*, 1996 ; Puzen, 2002).

En Europe, des études sur le sujet ont vu le jour à la suite des protocoles de suivi sur la mortalité des oiseaux, qui ont révélé des cas de collision avec les chauves-souris. Ces études se sont déroulées principalement en Allemagne (travaux de Bach, 2001 ; Bach *et al.*, 1999 ; Brinkmann *et al.*, 2006 ; Dürr, 2002) et en Espagne (Alcalde, 2003 ; Lekuona, 2001). L'étude de cette problématique a été plus tardive en France (Beucher *et al.*, 2011 ; Cornut & Vincent, 2010 ; Dulac, 2008 ; Lagrange *et al.*, 2009 ; Rico *et al.*, 2012 ; Rico & Lagrange, 2011 ; Allouche *et al.*, 2010). Depuis, ces suivis de mortalité se sont répandus en Europe. Dans sa dernière publication « Guidelines for consideration of bats in wind farm projects, Revision 2014 » et ses annexes, le groupe de travail EUROBATS propose une compilation aussi exhaustive que possible de ces travaux à travers l'Europe.

La compilation chiffrée des données disponibles est régulièrement mise à jour, au niveau européen, par T. Dürr. Certaines études montrent une mortalité plus importante sur les chiroptères que sur les oiseaux (Smallwood, 2013) : aux Etats-Unis, la mortalité annuelle évaluée sous les éoliennes serait de 888 000 chauves-souris pour 573 000 oiseaux. Cette sensibilité particulière des chiroptères à l'éolien pourrait être due à plusieurs phénomènes :

- Une possible attraction des chauves-souris par les éoliennes, notamment par les insectes concentrés autour des parties chaudes des éoliennes (Bennett *et al.*, 2017 ; Foo *et al.*, 2017). Les pics d'activité des chiroptères sont liés à l'essaimage des insectes : un pic à la fin du printemps - début été (coïncide avec la période de mise bas des chiroptères) et un autre fin été - début automne (migration, émancipation des jeunes chiroptères) (Beucher *et al.*, 2017) ;
- Elles pourraient rechercher des gîtes dans les éoliennes en les confondant avec des grands arbres (Bennett & Hale, 2014 ; Cryan, 2008 ; Gaultier *et al.*, 2020 ; Kunz *et al.*, 2007), ou encore en voulant s'en servir comme sites de reproduction (Cryan, 2008 ; Gaultier *et al.*, 2020) ou simplement explorer les éoliennes par curiosité (Cryan & Barclay, 2009) ;
- Un problème de détection des pales en mouvement : les extrémités de pale se déplacent à des vitesses linéaires importantes (plus de 250 km.h⁻¹), tout en présentant une faible surface réfléchissante pour les ultrasons utilisés par le système d'écholocation des chiroptères. Cette contrainte est augmentée par la génération d'un effet Doppler important : sur une cible arrivant à 250 km.h⁻¹, l'écho revient vers l'animal avec un décalage en fréquence de 20 kHz. Il entraîne obligatoirement une erreur de mesure (la chauve-souris perçoit la cible plus éloignée qu'elle ne l'est en réalité). Le signal pourrait aussi simplement être ininterprétable ou inaudible pour l'animal qui n'a que quelques fractions de seconde pour réagir.

Le phénomène de barotraumatisme (Figure 28) décrit par Baerwald *et al.* (2008) et Seiche (2007), puis par Baerwald & Barclay (2009) résulterait du passage de la pale à proximité de la chauve-souris. L'animal pourrait donc être impacté dans certaines conditions même s'il a évité la pale. En effet, à proximité immédiate de l'extrados des pales en mouvement, les chauves-souris traversent une zone de dépression brutale. Cette variation de pression entraîne la rupture des vaisseaux capillaires (pulmonaires essentiellement) et provoque une hémorragie létale sans qu'il n'y ait eu de contact avec la pale. Ce phénomène explique que la plupart des cadavres récupérés et examinés ne présentent aucune lésion externe. Horn *et al.* (2008) montrent que les risques sont plus importants lorsque la vitesse de rotation des pales n'est pas très élevée, ce qui se produit par vent faible. La mort

par barotraumatisme n'étant pas directe, il est possible que l'individu soit encore capable de voler quelques temps après le traumatisme et donc que le cadavre ne soit pas retrouvé sous l'éolienne (Gaultier *et al.*, 2020).

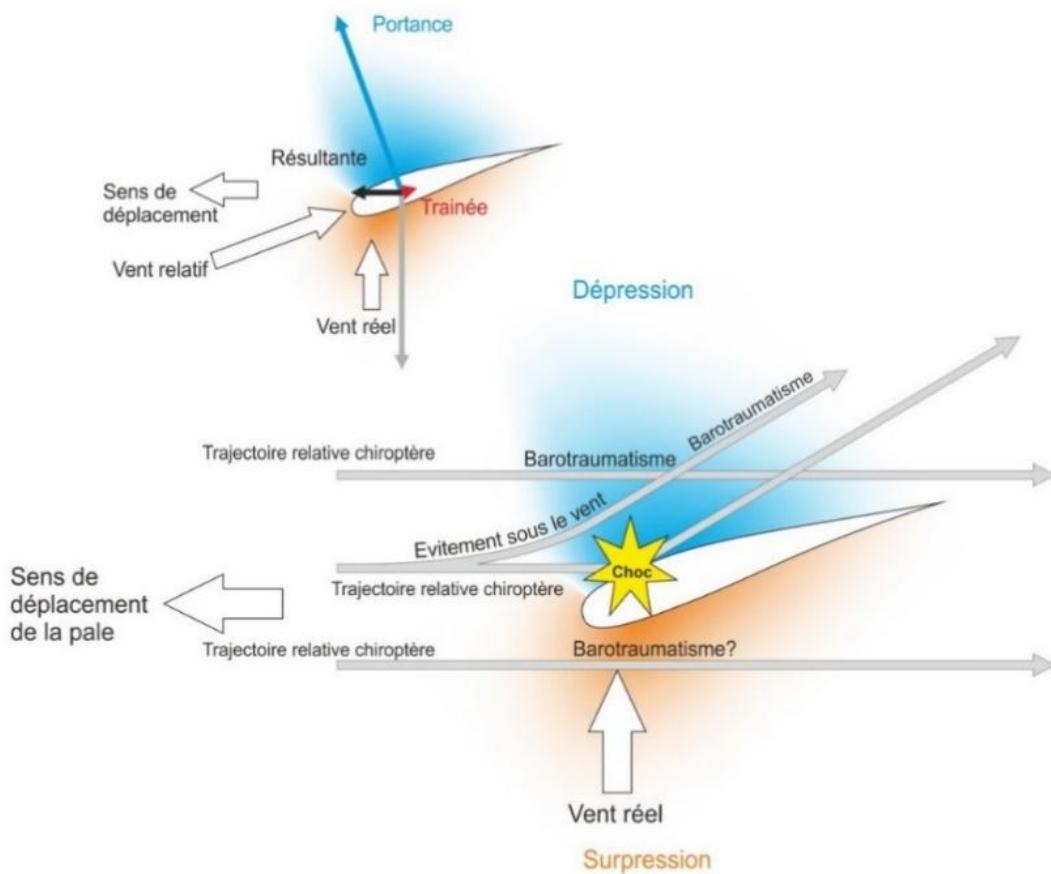


Figure 28 : Description du phénomène de barotraumatisme.

La sensibilité des chiroptères vis-à-vis des éoliennes est variable en fonction de :

- L'écologie des espèces concernées, avec une sensibilité plus importante pour des espèces dites de haut-vol (> 40 m) appartenant principalement aux groupes des Sérotules (*Eptesicus-Nyctalus*) et des Pipistrelles (Heitz & Jung, 2016) ; en Europe, les espèces les plus touchées seraient la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) et la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) (Gaultier *et al.*, 2020). Au contraire, les Rhinolophes et le genre *Myotis* chassent plutôt près du sol ou directement dans la végétation ce qui réduit les risques de collision (Gaultier *et al.*, 2020 ; Rydell *et al.*, 2010a) ;
- Du sexe, par exemple, les femelles de Noctule commune auraient un territoire de chasse plus grand et explorerait plus de nouveaux territoires que les mâles, elle n'hésiterait donc pas à chasser à proximité des éoliennes (Roeleke *et al.*, 2016) ;
- Du milieu d'implantation des éoliennes avec des mortalités plus importantes en milieu forestier, sur des crêtes, le long de grands cours d'eau ou des zones littorales, moins importantes en milieu agricoles diversifiés et minimales sur des plaines agricoles (Barré *et al.*, 2023; Rydell *et al.*, 2010b) ;
- De la saison, avec des pics de mortalité en fin d'été et début de l'automne, période de dispersion des jeunes et de migration (Barré *et al.*, 2023; Heitz & Jung, 2016; Marx, 2017) ;
- De l'heure, avec une période d'activité maximale en début de nuit (Haquart, 2013) ;

- Des conditions climatiques, avec une sensibilité maximale les nuits sans précipitations, faible vent souvent au-dessous de $6,5 \text{ m.s}^{-1}$ et avec hautes températures (Barré *et al.*, 2023 ; Beucher, 2020 ; Joiris, 2012). Pour les espèces de lisières comme les Pipistrelles, les pics d'activité ont lieu pour des vitesses de vent d'environ 2 m.s^{-1} et des températures comprises entre 10 et 15°C (Beucher *et al.*, 2017). Les espèces comme les Noctules présentent un pic d'activité vers 5 m.s^{-1} (Beucher *et al.*, 2017). Nous avons étudié la différence entre activité et mortalité des chiroptères grâce à des caméras thermiques (Rico & Lagrange, 2015) : la forte activité a lieu pour des vitesses de vent faibles, lorsque l'éolienne ne tourne pas, il n'y a donc pas de mortalité, mais lorsque le vent atteint 5 à 6 m.s^{-1} , l'éolienne commence à tourner alors qu'il y a encore de l'activité chiroptérologique, ce qui induit donc des cas de mortalité ;
- Des caractéristiques des éoliennes (hauteur du mât, diamètre du rotor, longueur des pales, vitesse de rotation), avec une sensibilité maximale pour les éoliennes de moins de 30 mètres de garde au sol et un grand diamètre de rotor qui implique une plus grande surface balayée (Heitz & Jung, 2016). Plus les éoliennes sont larges et hautes, plus le risque de mortalité sera élevé (Gaultier *et al.*, 2020 ; Rydell *et al.*, 2010a). La distance entre chaque éolienne va également jouer un rôle : des turbines plus proches les unes des autres peuvent réduire l'effet d'évitement du parc éolien et l'emprise du parc dans l'environnement (Barré, 2018 ; Barré *et al.*, 2023), mais diminuent également la possibilité de déplacement entre chaque éolienne.

7.6.2 Description des espèces de chiroptères rencontrées

7.6.2.1 Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)



Figure 29 : Pipistrelle commune.
CC0 domaine public.

La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexe III de la convention de Berne, annexe II de la Convention Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge IUCN France métropolitaine.

Cette espèce fréquente tous les types de milieux, même les zones fortement urbanisées. Pour la chasse, on note une préférence pour les zones humides, les jardins et parcs, puis les milieux forestiers et enfin les milieux agricoles.

Peu lucifuge, elle est capable de s'alimenter autour des éclairages. Elle est active dans le premier quart d'heure qui suit le coucher du soleil. Les distances de prospection varient en fonction des milieux mais dépassent rarement quelques kilomètres. Très opportuniste, elle chasse les insectes volants, préférentiellement les Diptères mais aussi des Lépidoptères, Coléoptères, Trichoptères, Neuroptères, Cigales et Ephémères. Sur son secteur de chasse, elle vole entre 5 et 30 mètres de hauteur mais elle peut ponctuellement utiliser le milieu aérien (notamment au-dessus de la canopée ou en transit). Les animaux se dispersent en moyenne dans un rayon de 1,3 km autour des colonies (Dietz *et al.*, 2009), très rarement à plus de 5 km (Arthur & Lemaire, 2009). Ses plus longs déplacements sont saisonniers, depuis des secteurs de mise-bas vers des secteurs de reproduction (« swarming ») ou vers des secteurs d'hivernage situés généralement à moins de 20 km les uns des autres.

Les gîtes de cette espèce sont fortement liés aux habitations humaines ; la Pipistrelle commune est très anthropophile que ce soit pour ses gîtes d'été ou d'hiver. Elle hiberne, de novembre à fin mars, préférentiellement dans des endroits confinés dans les bâtiments non chauffés (greniers, églises, bunkers). Pour la mise-bas, elle se regroupe en colonies de 30 à une centaine de femelles, essentiellement dans des gîtes anthropiques (maisons, granges, garages). Le développement des jeunes est rapide et ils sont volants à quatre semaines. Les parades sont observées de mi-juillet à octobre (Beucher, 2020).

L'espèce étant liée à des zones fortement anthropisées, les éoliennes à proximité des habitations ont une forte incidence sur l'espèce, avec une mortalité élevée par collision avec les pales des éoliennes ou par barotraumatisme. Il semblerait qu'elles s'approchent de ces structures par simple curiosité (Dubourg-Savage, 2004).

Elle émet des cris entre 42 et 51 kHz (en milieu très perturbé). Ses cris sociaux représentent un trille à 18 kHz.

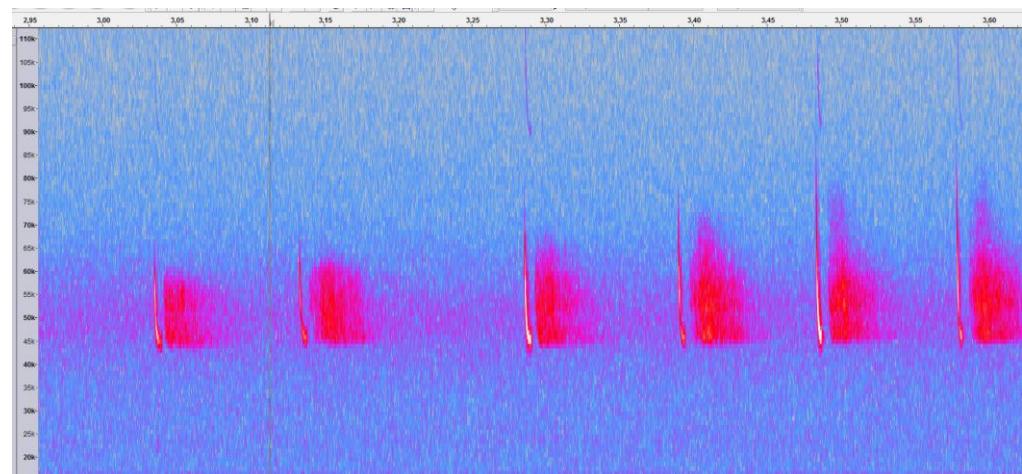


Figure 30 : Sonogramme de cris émis par une Pipistrelle commune

Concernant la mortalité en Europe, 2 569 cas ont été attribués de manière certaine à la Pipistrelle commune, dont 1 124 en France (Dürr, 2022). C'est l'espèce dont les cas de mortalité sont les plus nombreux. En définitif, la Pipistrelle commune apparaît comme très sensible au risque de mortalité. Les éoliennes situées à proximité de lisières dont le champ de rotation des pales est proche des supports d'écholocation de l'espèce (lisière, canopée etc.) semblent être les plus à risque. **Sa note de risque est très élevée (3,5/4,5).**

7.6.2.2 Pipistrelle de Natusius (*Pipistrellus nathusii*)

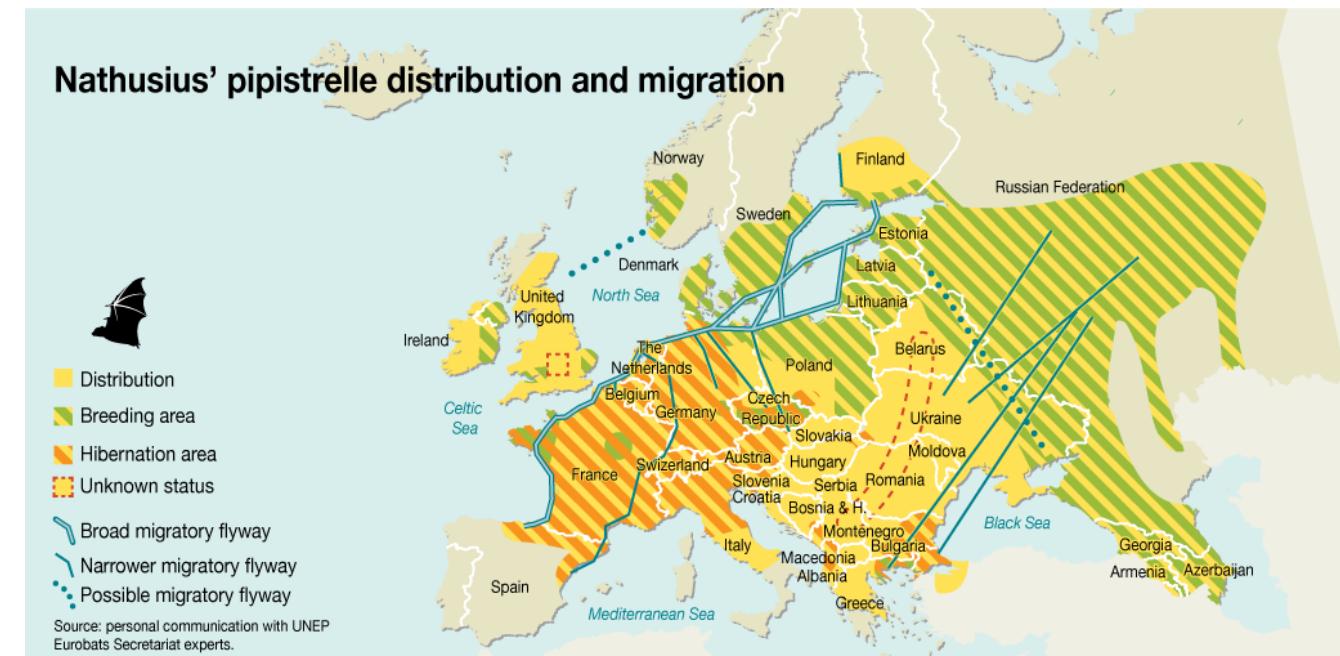
La **Pipistrelle de Natusius** (*Pipistrellus nathusii*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II des conventions de Berne et de Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine.

Cette pipistrelle est présente essentiellement en Europe centrale et se reproduit principalement au Nord de son aire de répartition. Espèce migratrice, elle entreprend des déplacements saisonniers sur de très grandes distances (souvent plus de 1000 km) pour rejoindre ses lieux de mise-bas ou ses gîtes d'hibernation. Les femelles quittent le sud-ouest de l'Europe au printemps (avril) en direction de leurs sites de mise-bas dans le nord-est de l'Europe. Les mises-bas ont lieu début juin principalement en gîtes arboricoles, entre les fentes du bois ou les chablis. Les jumeaux sont fréquents. Les premiers jeunes sont volants au plus tard mi-juillet. Les femelles sont fidèles à leur lieu de naissance. Ces femelles, accompagnées des jeunes, regagnent leurs gîtes d'hibernation et les secteurs de parades au sud-ouest de l'Europe à partir du mois de septembre (un pic est observé fin septembre en Lorraine). Les mâles, quant à eux, sont plus sédentaires et restent erratiques durant la période estivale. Ils se déplacent vers leur secteur de reproduction (parades) au retour des femelles (fin août et septembre).



Figure 31 : Pipistrelle de Natusius. CCO domaine public.

Les accouplements ont lieu de début août à septembre, les mâles se constituent un harem de 2 à 5 femelles. Ses gîtes hivernaux se situent dans les cavités arboricoles, les fissures et les décollements d'écorce, mais aussi au sein des bâtiments derrière les bardages en bois et les murs creux frais. Elle hiberne en solitaire ou en petits groupes d'une douzaine, voire une cinquantaine d'individus, parfois en mixité avec les trois autres Pipistrelles. Son comportement migratoire induit des disparités fortes quant à sa présence et à son comportement estival. Certaines régions n'abritent que des mâles, en essaims ou solitaires, d'autres des colonies de mise-bas (de 20 à 200 femelles) et sur d'autres secteurs géographiques, il peut y avoir les deux sexes.



Carte 7 : Carte de répartition et de migration de la Pipistrelle de Natusius (Kurvits et al., 2011)

Espèce forestière, la Pipistrelle de Natusius patrouille à basse altitude le long des zones humides et chasse aussi en plein ciel à grande hauteur, préférentiellement en milieux boisés diversifiés, ou à proximité de structures linéaires (haies, lisières forestières...) mais aussi en milieu urbain sous des lampadaires. Elle quitte son gîte en moyenne 50 minutes après le coucher du soleil. Elle consomme essentiellement des Chironomes, et occasionnellement des Trichoptères, Névroptères, Lépidoptères, Hyménoptères et Coléoptères. Son vol de chasse est généralement situé entre 3 et 20 mètres de haut. Cette hauteur de vol peut aussi être plus importante notamment lors des phases de transit ou de migration. Son domaine vital peut atteindre une vingtaine de kilomètres carrés et elle s'éloigne jusqu'à une demi-douzaine de kilomètres de son gîte.

Ses émissions sonores sont comprises entre 34 et 42 kHz, de 4 à 11 ms.

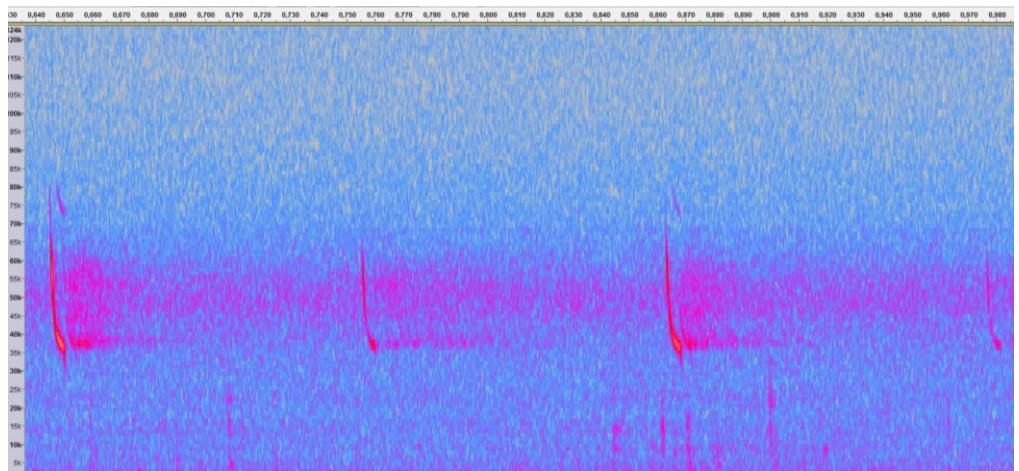


Figure 32 : Sonogramme des cris de Pipistrelle de Nathusius/Kuhl

La Pipistrelle de Nathusius apparaît comme très sensible au risque de mortalité lié aux éoliennes : avec 1 662 cas recensés en Europe, dont 303 en France (Dürr, 2022), elle est la 2^{ème} espèce de chiroptères la plus impactée. Les éoliennes situées à proximité de lisières et des voies de migrations semblent être les plus à risque. **Sa note de risque est très élevée (3,5/4,5).**

7.6.2.3 Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)

La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II des conventions de Berne et de Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Préoccupation mineure » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine.

Cette espèce se retrouve autour du bassin méditerranéen et dans l'Ouest de l'Asie, jusqu'au Pakistan et à la frontière de l'Inde. En Europe occidentale, elle est présente tout au long de la côte Atlantique.

Opportuniste, elle se nourrit des Culicidés, des Lépidoptères, des Chironomes, des Hyménoptères, des Brachycères, des Tipulidés et des Coléoptères, qu'elle chasse soit directement à la gueule, soit en utilisant ses membranes. C'est une espèce anthropophile. On la trouve dans les zones sèches, près des falaises, des rivières mais aussi les paysages agricoles, les milieux humides et les forêts de faible altitude. Elle se nourrit préférentiellement dans les parcs urbains avec éclairages publics mais elle chasse également aussi bien dans les espaces boisés que ouverts, les zones humides et montre une nette attirance pour les zones urbaines avec parcs, jardins et éclairages publics. Elle devient active dans la première demi-heure succédant au coucher du soleil.

Pour hiberner, elle se mélange avec d'autres Pipistrelles et préfère les anfractuosités des bâtiments frais même s'il est également possible de la retrouver dans des fissures de falaises ou dans des caves. Pour la mise-bas, ces Pipistrelles forment des colonies allant de 20 à une centaine d'individus et s'installent dans n'importe quel type d'anfractuosité sur les bâtiments. Il est beaucoup plus rare de les retrouver dans des cavités arboricoles. Les femelles sont fidèles à leur colonie de naissance. En fonction de la zone géographique, les naissances s'effectuent de mai à début juin. Les jumeaux sont fréquents. L'époque des parades se déroule entre la fin du mois d'août jusqu'au mois de septembre et les Pipistrelles utilisent des gîtes intermédiaires. Cette espèce ne semble pas être migratrice. La longévité maximale observée est de huit ans et l'espérance de vie moyenne se situe entre 2 et 3 ans.



Figure 33 : Pipistrelle de Kuhl.
CCO domaine public.

L'espèce est abondante et même en expansion depuis quelques années (Arthur & Lemaire, 2009). Elle jouit d'une grande aire de répartition. Cependant, par son caractère anthropophile, cette chauve-souris est souvent victime de dérangement ou de destruction de ses gîtes et les chats et les collisions automobiles sont les deux causes les plus connues d'accidents (Arthur & Lemaire, 2009).

La Pipistrelle de Kuhl est la 5^{ème} espèce la plus impactée, avec 471 cadavres recensés en Europe, dont 221 en France (Dürr, 2022). Ceci s'explique par son affinité pour les milieux ouverts, sa tendance à suivre les structures verticales et par sa curiosité (LPO Rhône-Alpes). **Sa note de risque est moyenne (2,5/4,5).**

7.6.2.4 Noctule commune (*Nyctalus noctula*)



Figure 34 : Noctule commune.
CCO domaine public.

La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II des conventions de Berne et de Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Vulnérable » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine.

Espèce forestière, la Noctule commune s'est adaptée à la vie urbaine. Sa présence est liée à la proximité de l'eau. Elle exploite une grande diversité de territoires : massifs forestiers, prairies, étangs, alignements d'arbres, halos de lumière...

Elle quitte son gîte quand il fait encore clair, voire jour. La Noctule commune peut chasser sur une grande diversité d'habitats (du massif forestier à la prairie, en passant par des zones humides et des secteurs urbanisés). Elle survole le plus souvent ces secteurs de chasse à haute altitude (30 à 100 mètres). Ses territoires de chasse sont vastes (jusqu'à 50 hectares) et sont éloignés du gîte d'environ 10 km en moyenne (Dietz *et al.*, 2009). Elle chasse le plus souvent en groupe, et consomme ses proies en vol. Exclusivement insectivore et opportuniste, son régime alimentaire va des microdiptères aux Coléoptères (Arthur & Lemaire, 2009). Elle hiberne de novembre à mars, souvent en groupe mixte, en forêt (larges cavités, loges de pics, ...) comme en ville (corniches de pont, immeuble, ...). En été, la Noctule commune est présente dans les mêmes types de gîtes qu'en hiver, en solitaire, ou en petits essaims.

Espèce migratrice, elle est capable d'accomplir des parcours de plusieurs centaines de kilomètres (jusqu'à 1546 km). En quelques semaines, l'essentiel des femelles va migrer vers des territoires de mise-bas à l'Est et au Nord de l'Europe, et il ne restera plus que des mâles et quelques très rares colonies de parturition dispersées en France. Elles mettent bas à partir de mi-juin, d'un ou deux petits. Elles peuvent être aptes à la reproduction dès leur première année. L'émancipation est atteinte au bout de sept à huit semaines. Le retour s'effectue avec les jeunes de septembre à octobre, pour rejoindre les mâles (plus sédentaires) sur les sites de parades, et pour retourner dans leur secteur d'hibernation. Lors de ces déplacements, il est possible d'observer des noctules communes en vol parmi des groupes d'oiseaux migrateurs à une centaine de mètres d'altitude en plein jour. Une partie des populations européennes montre des tendances sédentaires comme en Espagne, en Grande-Bretagne et en Suède (Arthur & Lemaire, 2009). Comparée à toutes les autres espèces, la Noctule commune montre une très courte espérance de vie estimée à 2,2 ans (Arthur & Lemaire, 2009). Actuellement, le record de longévité connu n'est que de douze ans.

Les émissions sonores de la Noctule commune sont très puissantes, entre 16 et 24 kHz ; elles peuvent porter jusqu'à 150 mètres.

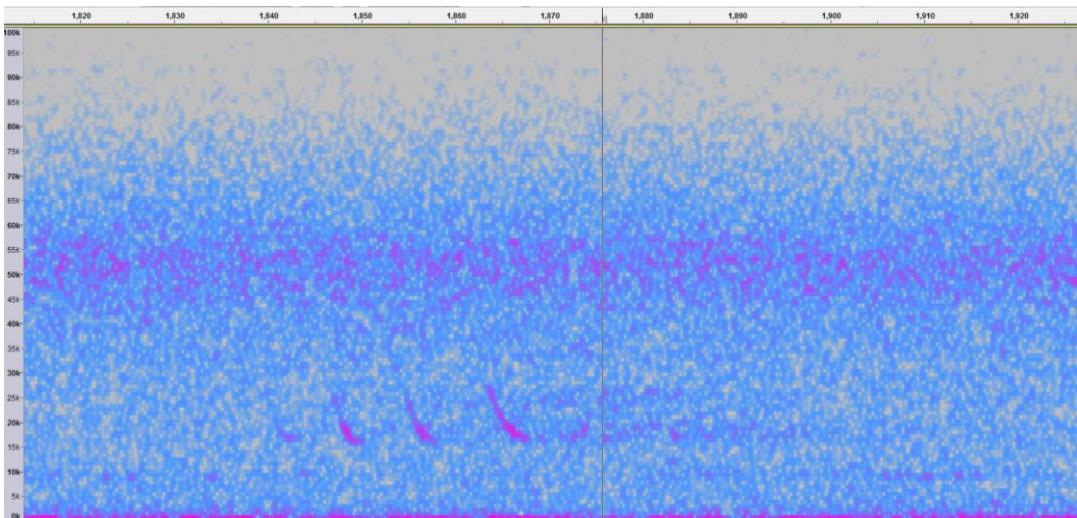


Figure 35 : Sonogramme de cris émis par une Noctule commune

La Noctule commune est la 3^{ème} espèce la plus touchée par l'impact éolien en Europe : 1 616 cas de mortalité en Europe ont été attribués de manière certaine à la Noctule commune, dont 147 en France (Dürr, 2022). Son comportement de chasse et ses déplacements à des altitudes élevées la rende particulièrement sensible à cet impact. **Sa note de risque est la plus élevée chez les chiroptères (4/4,5).**

7.6.2.5 Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)



Figure 36 : Noctule de Leisler.
CC0 domaine public.

La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II des conventions de Berne et de Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine.

La Noctule de Leisler est une espèce d'Europe centrale dont la répartition s'étend vers le Sud jusqu'en Espagne en même temps qu'elle se raréfie.

La Noctule de Leisler peut chasser sur pratiquement tous les types de milieux (du sous-bois à la plaine céréalière en passant par des zones humides et des secteurs urbanisés). Espèce forestière, elle a une préférence pour les massifs à essences caduques assez ouverts et recherche la proximité des milieux humides. Les femelles chassent essentiellement à moins d'une dizaine de kilomètres du gîte, l'envol se fait dès le coucher du soleil. Durant sa chasse, la Noctule de Leisler peut voler à des hauteurs de vol de plus de 100 mètres, notamment au-dessus de la canopée. Ses proies sont de petite et de moyenne taille : Diptères, Lépidoptères, Coléoptères, Hémérobiidés, Chrysopidés et aussi Ephéméroptères, Trichoptères ou Chironomes (Arthur & Lemaire, 2009). Durant la migration et les phases de transit, il est probable que les hauteurs de vols soient également assez élevées (de l'ordre de 100 mètres). Pour l'hibernation, l'espèce n'est pas cavernicole, elle occupe essentiellement des cavités arboricoles parfois mixtes avec la Noctule commune. En France, les gîtes de mise-bas sont rares mais on en découvre chaque année du Nord de la France à la Corse. Les nurseries en cavité arboricole comptent habituellement de 20 à 40 femelles, parfois 100, et peuvent atteindre 150 dans les bâtiments. Les naissances s'échelonnent de mi-juin à début juillet, les jumeaux ne sont pas rares. Les jeunes sont presque tous volants début août. A la fin de l'été, le retour des femelles revenant de l'Est de l'Europe sonne le début des parades, les mâles vont former des harems regroupant jusqu'à dix femelles et s'accoupler.

L'essentiel des effectifs migrants sont des femelles qui doivent relier les secteurs d'hibernation du Sud-Ouest de l'Europe pour remonter vers les sites de mise bas au Nord-Est, même si des colonies de mise bas sont récemment découvertes en Europe de l'Ouest. La migration de printemps semble se dérouler durant le mois d'avril. Les retours dans le sud de l'Europe interviennent à partir de début août et peuvent être effectifs jusqu'au mois d'octobre. Elle accomplit de très longs déplacements (pouvant atteindre 1567 km entre le Nord de l'Allemagne et l'Espagne). Son espérance de vie moyenne est estimée à 2,7 ans, la plus vieille Noctule de Leisler connue a atteint l'âge de onze ans.

Les émissions sonores de la Noctule de Leisler sont comprises entre 21 et 26 kHz.

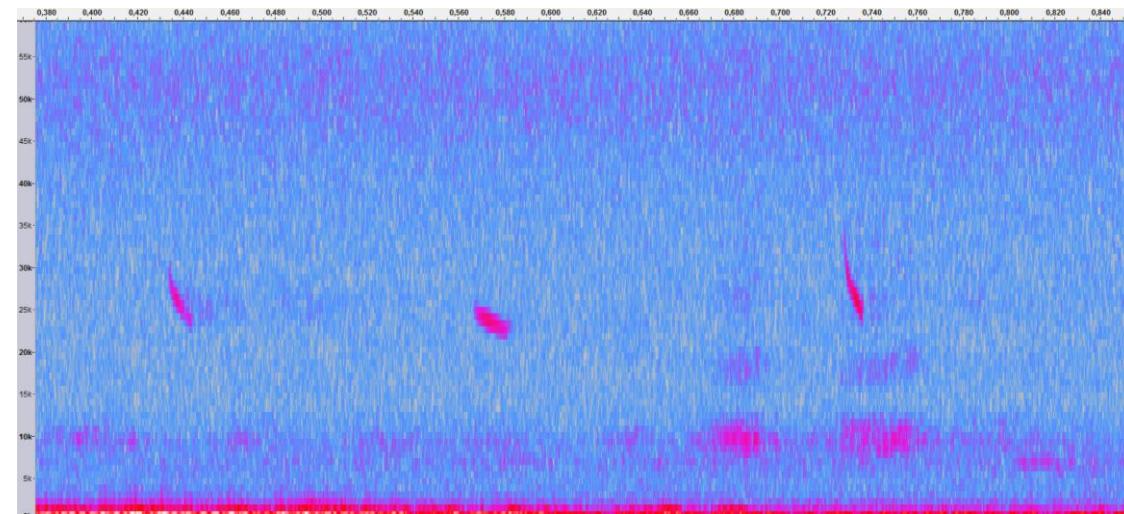


Figure 37 : Sonogramme de cris émis par une Noctule de Leisler

La Noctule de Leisler est la 4^{ème} espèce la plus touchée par l'impact éolien en Europe : 753 cas de mortalité ont été attribués de manière certaine, dont 186 en France (Dürr, 2022). Sa technique de chasse en hauteur et ses grands déplacements à des altitudes à risque expliquent sa sensibilité. **Sa note de risque est très élevée (3,5/4,5).**

7.6.2.6 Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)

La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II des conventions de Berne et de Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine.

La Sérotine commune est une grande espèce de chauve-souris très répandue en France. Espèce de plaine, elle est campagnarde ou urbaine, avec une nette préférence pour les milieux mixtes (pâtures, haies, lisières forestières, milieux urbains, plans d'eau et cours d'eau...). Une végétation clairsemée avec des feuillus semble être recherchée. Elle ne s'aventure guère en milieu fermé. En forêt, elle suit les chemins forestiers et les coupe-feux. Son territoire de chasse est souvent situé à moins de 5 km de son gîte. Très sédentaire, la distance entre ses gîtes d'hiver et d'été est souvent inférieure à 50km. Elle gîte en hiver dans des greniers, des églises, entre l'isolation et les toitures... Elle hiberne de novembre à fin mars et ne quittera pas son gîte si la température baisse et risque de mourir si celle-ci s'effondre (Beucher, 2020). En été, elle s'installe dans des bâtiments très chauds, au sein de combles. Espèce lucifuge, elle ne tolère pas l'éclairage des accès à son gîte.



Figure 38 : Sérotine commune.
CC0 domaine public.

La Sérotine commune chasse les insectes en vol du sol jusqu'à la canopée, le long des structures arborées ou au-dessus de lampadaires. Elle chasse le plus souvent à hauteur de végétation, survolant les vergers, les prairies, les pelouses, les plans d'eau ou les éclairages publics. La taille moyenne de son domaine vital est d'environ 15 km². Opportuniste, elle se nourrit de nombreux insectes, Coléoptères, Lépidoptères, Trichoptères, Diptères et Hyménoptères, qu'elle capture en vol. Crépusculaire à nocturne, elle se met généralement en chasse quinze minutes après le coucher de soleil et durant 1 à 2,5 heures. Elle chasse en petite escadrille ou en solitaire (Arthur & Lemaire, 2009).

Les mâles sont solitaires tandis que les femelles vont se regrouper pour la mise-bas en colonies de 10 à 50 individus. La femelle donne naissance à un jeune, courant juin, qui tentera ses premiers vols à environ vingt jours et quittera pour la première fois son lieu de naissance entre 4 et 5 semaines. Très fidèle à son gîte, la femelle y reviendra tant qu'il reste accessible. La plus vieille Sérotine commune a atteint l'âge de 24 ans.

Elle émet des ultrasons dans une fréquence modulaire aplanie comprise entre 20 et 26 kHz.

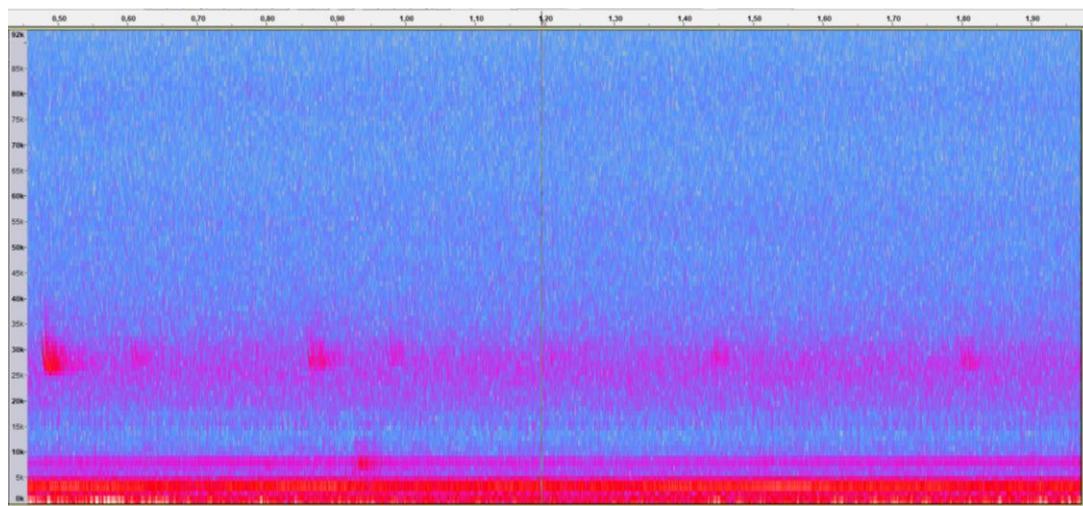


Figure 39 : Sonogramme de cris émis par une Sérotine commune

C'est la 10^{ème} espèce la plus impactée par l'éolien en Europe : 130 cas ont été attribués de manière certaine à la Sérotine commune, dont 38 en France (Dürr, 2022). Les éoliennes situées à proximité de lisières et dont le champ de rotation des pales passe proche des structures de végétation (canopée, lisières...) sont les plus dangereuses. Sa note de risque est élevée (3/4,5).

7.6.3 Mortalité directe

La mortalité directe, qu'elle soit produite par barotraumatisme ou collision, génère une mortalité qui est de mieux en mieux documentée. Il apparaît que toutes les espèces ne sont pas impactées de la même manière par ce phénomène. Le comportement et l'écologie des animaux influencerait fortement leur sensibilité à l'éolien. Ainsi, les chauves-souris chassant en plein ciel (espèces de haut vol) ou réalisant des migrations, seraient beaucoup plus impactées que les espèces sédentaires glanant leur nourriture au sol ou dans la canopée (Roemer et al., 2017).

Espèce	A	BE	CH	CR	CZ	D	DK	ES	EST	FI	FR	GR	IT	LV	NL	N	PT	PL	RO	S	UK	Total	
<i>Barbastella barbastellus</i>						1		1			6											8	
<i>Chiroptera spec.</i>	1	11		60	1	78		320	1		465	8	1					120	3	15	30	9	1123
<i>E. serotinus / isabellinus</i>								98														115	
<i>Eptesicus isabellinus</i>								117														120	
<i>Eptesicus nilssonii</i>	1					1	6		2	6				13		1		1	1	13		45	
<i>Eptesicus serotinus</i>	1					11	72	2			72	1			2			3	1			165	
<i>Hypsugo savii</i>	1			137		1		50			59	28	12					56		2		346	
<i>Miniopterus schreibersi</i>								2			8											14	
<i>Myotis bechsteinii</i>											2											2	
<i>Myotis blythii</i>								6			1											7	
<i>Myotis brandtii</i>							2															2	
<i>Myotis dasycneme</i>							3															3	
<i>Myotis daubentonii</i>							8				2											12	
<i>Myotis emarginatus</i>								1			3											5	
<i>Myotis myotis</i>							2	2			5											9	
<i>Myotis mystacinus</i>							3				4	1										8	
<i>Myotis nattereri</i>							2				3											6	
<i>Myotis spec.</i>							2	3			1								4			10	
<i>Nyctalus lasiopterus</i>								21			10	1						9				41	
<i>Nyctalus leisleri</i>			1	4	3	199		15			243	58	2				273	5	10			813	
<i>Nyctalus noctula</i>	46	1			31	1287		1			269	10					2	17	76	14	11	1765	
<i>Nyctalus spec.</i>								2	2		5							17				26	
<i>P. pipistrellus / pygmaeus</i>	1		2			3		271			40	54					38	1	2			412	
<i>Pipistrellus kuhlii</i>						144				44		411	1					51		10			661
<i>Pipistrellus nathusii</i>	13	6	6	17	7	1144	2				415	35	1	23	11		16	90	5	1		1792	
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2	30	6	5	16	802		211			1931	0	1		16		323	5	6	1	46	3401	
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	4				1	2	169				199	0		1			42	1	5	18	52	494	
<i>Pipistrellus spec.</i>	8	2		102	9	104		25			421	1		2			128	2	48			864	
<i>Plecotus auritus</i>							7				1											1	
<i>Plecotus austriacus</i>	1						8				2											11	
<i>Plecotus spec.</i>											1											1	
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>									1		1											2	
<i>Rhinolophus mehelyi</i>									1													1	
<i>Rhinolophus spec.</i>									1													1	
<i>Tadarida teniotis</i>						7			36		3							39				85	
<i>Vesperotilio murinus</i>	2	1		17	6	153					11	1		1			9	15	2			218	
Total	81	51	15	494	87	4058	2	1231	3	6	4594	199	17	40	29	1	1125	63	285	83	133	12597	

Tableau 53 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023).

En Europe, le Tableau 53 compilé par Tobias Dürr permet de constater le nombre de cas de mortalité, relevé par espèce et par pays. En croisant ces données avec la sensibilité des espèces, il est possible de définir la vulnérabilité de chaque espèce à l'éolien (Tableau 54).

Vulnérabilité élevée	Vulnérabilité moyenne	Vulnérabilité faible
Noctules spp.	Sérotines spp.	Murins spp.
Pipistrelles spp.	Barbastelle d'Europe	Oreillards spp.
Vespertilion bicolore		Rhinolophes spp.
Vespère de Savi		
Minioptère de Schreibers		
Molosse de Cestoni		

Tableau 54 : Vulnérabilité à l'éolien par espèce (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016)

7.6.4 Mortalité indirecte

La mortalité directe n'est pas le seul facteur affectant les chauves-souris, celles-ci peuvent également être victime de perte d'habitat ou du dérangement résultant de l'implantation et du fonctionnement d'un parc éolien. Les effets indirects de l'aménagement et du fonctionnement des parcs éoliens peuvent induire un impact supplémentaire sur les populations de chauves-souris (individus, habitats et proies), qu'elles soient résidentes ou migratrices.

Ces perturbations peuvent être de plusieurs natures :

- Dérangement ou barrière sur les voies de migration et les voies de transit locales,
- Dégradations, dérangement ou destruction des habitats de chasse,
- Dégradations, dérangement ou destruction des gîtes (plus probable pour des éoliennes en milieu forestier ou près de bâtiments),
- Désorientation des chauves-souris en vol par les ultrasons émis par les éoliennes.

L'activité des chiroptères serait plus faible au niveau des parcelles où une éolienne y était implantée qu'au niveau des sites témoins (Millon *et al.*, 2015, 2018). Cette observation rejoint les observations faites sur l'activité des chauves-souris en France qui ont montré qu'après installation d'un parc éolien, l'activité des chauves-souris (toutes espèces confondues) est décroissante le long des haies dans un rayon de 1 km autour des éoliennes (Barré, 2018). Les Pipistrelles communes (*Pipistrellus pipistrellus*) et les Pipistrelles pygmées (*Pipistrellus pygmaeus*) présenteraient une activité plus faible à moins de 100 mètres des éoliennes (Minderman *et al.*, 2017).

Les espèces du genre *Myotis* utilisent beaucoup les milieux forestiers pour se déplacer et chercher de la nourriture, elles sont donc les plus impactées par l'effet barrière que représente un parc éolien, contrairement aux espèces qui utilisent les milieux ouverts pour se déplacer comme la Pipistrelle de Nathusius (Gaultier *et al.*, 2020).

7.7 Bibliographie

- ADEME. (1999). *Guide du porteur de projet de parc éolien*. (ADEME Edition).
- Albouy, S., Clément, D., Jonard, A., Massé, P., Pagès, J.-M., & Nea, P. (1997). *Suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle : Rapport final*. (p. 67). Abiès, Géokos consultants, LPO Aude.
- Albouy, S., Dubois, Y., & Picq, H. (2001). *Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude)—Résultats 2006-2009* (p. 76). LPO Aube et Abies. <http://aude.eolienne.free.fr/fichiers/SuiviOrnitho.pdf>
- Alcalde, J. T. (2003). Impacto de los parques eólicos Sobre las poblaciones de murciélagos. *Temas*, 3-6.
- Allouche, L., AVES environnement, & Groupe Chiroptères de Provence. (2010). *Etude de la mortalité des chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, Saint-Martin-de-Crau* (13). (p. 1-31). Energie du Delta.
- Anderson, R. L., Strickland, D., Tom, J., Neumann, N., Erickson, W., Cleckler, J., Mayorga, G., Nuhn, G., Leuders, A., Schneider, J., Backus, L., Becker, P., & Flagg, N. (2001). *Avian monitoring and risk assessment at Tehachapi Pass and San Gorgonio Pass wind resource areas, California : Phase I Preliminary Results*. 16.
- Arnett, E. B., Erickson, W. P., Horn, J. W., & Kerns, J. (2005). *Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia : An Assessment of Fatality Search Protocols, Patterns of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines*. 187.
- Arthur, L., & Lemaire, M. (2009). *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. (Publications scientifiques du muséum). Biotope édition.
- Aschwanden, J., Birrer, S., & Jenni, L. (2005). Are ecological compensation areas attractive hunting sites for common kestrels (*Falco tinnunculus*) and long-eared owls (*Asio otus*)? *Journal of Ornithology*, 146(3), 279-286. <https://doi.org/10.1007/s10336-005-0090-9>
- Aschwanden, J., Stark, H., Peter, D., Steuri, T., Schmid, B., & Liechti, F. (2018). Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar. *Biological Conservation*, 220, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.005>
- Bach, L. (2001). Fledermäuse und Windenergienutzung—Reale Probleme oder Einbildung? *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 119-124.
- Bach, L., Brinckmann Robert, Limpens Herman, Rahmel Ulf, Reichenbach, M., & Roschen Axel. (1999). Bewertung und planerische umsetzung von feldermausdaten im rahmen der windkraftplanung. *Bremer Beitraege für Naturkunde und Naturshutz, Themenheft « Voegel und Windkraft »*(Band 4), 163-170.
- Baerwald, E. F., & Barclay, R. M. R. (2009). Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy*, 90(6), 1341-1349. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-104R.1>
- Baerwald, E. F., D'Amours, G. H., Klug, B. J., & Barclay, R. M. R. (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology*, 18(16), R695-R696. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.029>
- Barré, K. (2018). Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats_ Implications for European siting guidance. *Biological Conservation*, 10.
- Barré, K., Froidevaux, J., Sotillo, A., Roemer, C., & Kerbiriou, C. (2023). Drivers of bat activity at wind turbines advocate for mitigating bat exposure using multicriteria algorithm-based curtailment. *Science of The Total Environment*, 866.
- Barrios, L., & Rodríguez, A. (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines : Bird mortality at wind power plants. *Journal of Applied Ecology*, 41(1), 72-81. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00876.x>
- Bastos, R., Santos, M., & Cabral, J. A. (2013). A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34, 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.003>
- Bennett, V. J., & Hale, A. M. (2014). Red aviation lights on wind turbines do not increase bat-turbine collisions : Bats are not attracted to aviation lighting. *Animal Conservation*, 17(4), 354-358. <https://doi.org/10.1111/acv.12102>
- Bennett, V. J., Hale, A. M., & Williams, D. A. (2017). When the excrement hits the fan : Fecal surveys reveal species-specific bat activity at wind turbines. *Mammalian Biology*, 87, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.08.003>
- Beucher, Y. (2020). *Maîtrise des impacts éoliens sur les chauves-souris : Actions et stratégie du Groupe Technique éolien de la SFEPM*. 7.
- Beucher, Y., Kelm, V., Geyelin, M., & Pick, D. (2011). *Réduction significative de la mortalité des chauves-souris liée aux éoliennes—Poster* [Image].
- Beucher, Y., Langlois, A., Albespy, F., & Mounetou, R. (2017). *Les pics d'activité des chauves-souris en plein ciel : Vers une nouvelle perception de la typologie des risques d'impacts éoliens*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20519.80803>
- Brinkmann, R., Schauer-Weissahn, H., & Bontadina, F. (2006). *Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg* (Projekt 0410 L; p. 66). Regierungspräsidium Freiburg.
- Cabrera-Cruz, S. A., & Villegas-Patraca, R. (2016). Response of migrating raptors to an increasing number of wind farms. *Journal of Applied Ecology*, 53(6). <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12673>
- Cade, T. J. (1994). Industry Research : Kenetech Windpower. *Wind Power*, 156.
- Cieślak et Dul. (2006). *Feather identification for bird conservation* (Natura publishing house).
- Cordeiro, A., Bernardino, J., Costa, H., & Mascarenhas, M. (2012, novembre 27). *Long term survey of wind farms impacts on Common Kestrel's populations and definition of an appropriate mitigation plan*. Wind Wildlife Research Meeting IX, Denver, Colorado, USA.
- Cornut, J., & Vincent, S. (2010). *Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes* (p. 43). LPO Drôme.
- Cortés-Avizanda, A., Carrete, M., & Donázar, J. A. (2010). Managing supplementary feeding for avian scavengers : Guidelines for optimal design using ecological criteria. *Biological Conservation*, 143(7), 1707-1715. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.016>
- Cryan, P. M. (2008). *Mating Behavior as a Possible Cause of Bat Fatalities at Wind Turbines*. 72 (3), 845–849.
- Cryan, P. M., & Barclay, R. M. R. (2009). Causes of bat fatalities at wind turbines : Hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90(6), 1330-1340. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-076R1.1>
- Curry, R. C., & Kerlinger, P. (1998). *Avian Mitigation Plan : Kenetech Model Wind Turbines, Altamont Pass WRA, California*. 214.
- de Lucas, M., Janss, G. F. E., Whitfield, D. P., & Ferrer, M. (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1695-1703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.x>
- Desholm, M., & Kahlert, J. (2005). Avian collision risk at an offshore wind farm. *Biology Letters*, 1(3), 296-298. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2005.0336>
- Dietz, C., von Helversen, O., & Nill, D. (2009). *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du nord Biologie, Caractéristiques, Protection*. (Delachaux et Niestlé).
- Dirksen, S., Spaans, A. L., & Van der Winden, J. (2000). *Studies on Nocturnal Flight Paths and Altitudes of Waterbirds in Relation to Wind Turbines : A Review of Current Research in The Netherlands*. In : *PNAWPPM III, Proceeding of the National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, June 2000* : 97-109.
- Dooling, R., & Lohr, B. (2000, mai). *The role of hearing in avian avoidance of wind turbines*. National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, California.
- DREAL. (2015). *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres*. Ministère de l'Énergie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.
- DREAL. (2018). *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres*. Ministère de l'Énergie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.
- Dubourg-Savage, M. (2004). Impacts des éoliennes sur les Chiroptères, de l'hypothèse à la réalité. *Arvicola*, XVI(2).
- Dulac, P. (2008). *Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi* (p. 106). Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire.
- Dürr, T. (2002). Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. *Nyctalus*, 8(2), 115-118.
- Dürr, T. (2020, novembre). *Synthèse des bilans de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Europe, bilan de novembre 2020*.
- Erickson, W. P., Johnson, G. D., & Young, D. P. J. (2005). A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep., PSW-GTR-191*, 14.

- Foo, C. F., Bennett, V. J., Hale, A. M., Korstian, J. M., Schildt, A. J., & Williams, D. A. (2017). Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines. *PeerJ*, 5, e3985. <https://doi.org/10.7717/peerj.3985>
- Garvin, J. C., Jennelle, C. S., Drake, D., & Grodsky, S. M. (2011). Response of raptors to a windfarm : Raptor behaviour within a windfarm. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 199-209. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01912.x>
- Gaultier, S. P., Blomberg, A. S., Ijäs, A., Vasko, V., Vesterinen, E. J., Brommer, J. E., & Lilley, T. M. (2020). 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*, 54(17), 10385-10398. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00070>
- Gaultier, S. P., Marx, G., & Roux, D. (2019). *Éoliennes et biodiversité Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer* (p. 120). LPO et Office national de la chasse et de la faune sauvage. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf
- Gensbol, B. (2004). *Guide des rapaces diurnes d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient* (Delachaux et Niestlé). Editions Delachaux et Niestlé.
- Groupe Chiroptères de la SFEPM. (2016). *Suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères—Actualisation 2016 des recommandations de la SFEPM*. (Version 2; p. 17). Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères (SFEPM).
- Grünkorn, T., Diederichs, A., Poszig, D., Diederichs, B., & Nehls, G. (2009). Wie viele Vogel kollidieren mit Windenergieanlagen? *Natur und Landschaft*, 84(7), 309-314.
- Guyonne, J., & Clave, A. T. (2000, in press). *A study of bird behavior in a wind farm and adjacent areas in Tarifa (Spain); management considerations*. National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California.
- Hall, L. S., & Richards, G. C. (1972). *Notes on Tadarida australis (Chiroptera : Molossidae)*. 46-47.
- Haquart, A. (2013). *Actichiro, référentiel d'activité des chiroptères. Eléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française*. École Pratique des Hautes Études.
- Heitz, C., & Jung, L. (2016). *Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : Enjeux et solutions (Etude bibliographique)* (p. 149). Ecospère.
- Hernández-Pliego, J., de Lucas, M., Muñoz, A.-R., & Ferrer, M. (2015). Effects of wind farms on Montagu's harrier (*Circus pygargus*) in Southern Spain. *Biological Conservation*, 191, 452-458. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.07.040>
- Hill, R., Hill, K., Aumüller, R., Schulz, A., Dittmann, T., Kulemeyer, C., & Coppack, T. (2014). *Of birds, blades and barriers : Detecting and analyzing mass migration events at alpha ventus* (Springer Fachmedien, p. 111-131) [Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus]. Federal Maritime and Hydrographic Agency, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Horn, J. W., Arnett, E. B., & Kunz, T. H. (2008). Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *Journal of Wildlife Management*, 72(1), 123-132. <https://doi.org/10.2193/2006-465>
- Hötker, H., Thomsen, K.-M., & Jeromin, H. (2006). *Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : The example of birds and bats—Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation*. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Huso, M. M. P. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318-329. <https://doi.org/10.1002/env.1052>
- Itty, C., & Duriez, O. (2017). *Le suivi par GPS, une méthode efficace pour évaluer l'impact des parcs éoliens sur des espèces à fort enjeux de conservation : L'exemple de l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*) dans le sud du massif central*. 42-48.
- James, R. D., & Coady, G. (2004). Bird monitoring at Toronto's exhibition place wind turbine. *Ontario Birds*, 22(2), 78-88.
- Janss, G. F. E. (1998). *Bird Behavior In and Near a Wind Farm at Tarifa, Spain : Management Considerations*. 214.
- Johnson, G. D., Erickson, W. P., Dale Strickland, M., Shepherd, M. F., Shepherd, D. A., & Sarappo, S. A. (2003). Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 150(2), 332-342. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2003\)150\[0332:MOBAAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2003)150[0332:MOBAAL]2.0.CO;2)
- Johnston, N. N., Bradley, J. E., & Otter, K. A. (2014). Increased flight altitudes among migrating Golden Eagles suggest turbine avoidance at a rocky mountain wind installation. *PLoS ONE*, 9(3), e93030. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093030>
- Joinir, E. (2012, mars 24). *High altitude bat monitoring [Preliminary results Hainaut & Ardennes]*. CSD Ingénieurs.
- Jones, G., Cooper-Bohannon, R., Barlow, K., & Parsons, K. (2009). *Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain [Scoping and method development report]*. University of Bristol, Bat Conservation Trust.
- Katzner, T. E., Brandes, D., Miller, T., Lanzone, M., Maisonneuve, C., Tremblay, J. A., Mulvihill, R., & Merovich, G. T. (2012). Topography drives migratory flight altitude of golden eagles : Implications for on-shore wind energy development. *Journal of Applied Ecology*, 49(5), 1178-1186. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02185.x>
- Kerlinger, P., Gehring, J. L., Erickson, W. P., Curry, R., Jain, A., & Guarnaccia, J. (2010). Night migrant fatalities and obstruction lighting at wind turbines in North America. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(4), 744-754. <https://doi.org/10.1676/06-075.1>
- Kingsley, A., & Whittam, B. (2001). *Potential impacts of wind turbines on birds at North Cape, Prince Edward Island* (p. 33). Bird Studies Canada, Atlantic Region.
- Kitano, M., & Shiraki, S. (2013). *Estimation of bird fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan*. 37, 41-48.
- Kreuziger, J. (2008). *Kulissenwirkung und Vögel. Methodische Rahmenbedingungen für die Auswirkungsanalyse in der FFH-VP*. Vilmer Expertentagung.
- Kunz, T. H., Arnett, E. B., Erickson, W. P., Hoar, A. R., Johnson, G. D., Larkin, R. P., Strickland, M. D., Thresher, R. W., & Tuttle, M. D. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats : Questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6), 315-324. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[315:EIOWED\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[315:EIOWED]2.0.CO;2)
- Kurvits, T., United Nations Environment Programme, GRID--Arendal, & Secretariat, C. on M. S. (2011). *Living planet, connected planet : Preventing the end of the world's wildlife migrations through ecological networks : a rapid response assessment*. UNEP, GRID-Arendal.
- Lagrange, H., Roussel, E., Anne-Lise Ughetto, Boulnois, R., Haquart, A., & Melki, F. (2009). *Chirotech Bilan des tests d'asservissement sur le parc de Bouin—2009*. Ecospère. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.10316.21129>
- Langston, R., & Pullan, J. (2003). Windfarms and birds : An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. *23rd Meeting*, 58.
- Larsen, J. K., & Madsen, J. (2000). Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*) : A landscape perspective. *Landscape Ecology*, 15(8), 755-764. <https://doi.org/10.1023/A:1008127702944>
- Leddy, K. L., Higgins, K. F., & Naugle, D. E. (1999). Effects of wind turbines on upland nesting birds in conservation reserve program grasslands. *Wilson Bulletin*, 111(1), 100-104.
- Lekuona, J. M. (2001). *Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual* (p. 155). Dirección General de Medio Ambiente, Gobierno de Navarra.
- Lekuona, J. M., & Ursua, C. (2006). *Avian mortality in wind plants of Navarra (northern Spain)*. In : *De Lucas M., Janss G. & Ferrer M. (eds). Birds and Wind Power*. (lynx Edicions).
- Loesch, C. R., Walker, J. A., Reynolds, R. E., Gleason, J. S., Niemuth, N. D., Stephens, S. E., & Erickson, M. A. (2013). Effect of wind energy development on breeding duck densities in the Prairie Pothole Region : Wind Energy and Breeding Ducks. *The Journal of Wildlife Management*, 77(3), 587-598. <https://doi.org/10.1002/jwmg.481>
- Long, C. V., Flint, J. A., & Lepper, P. A. (2011). Insect attraction to wind turbines : Does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research*, 57(2), 323-331. <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0432-7>
- Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2015). Direct mortality of birds from anthropogenic causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46(1), 99-120. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133>
- LPO Drôme. (2010). *Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes*.
- Lucéole. (2012, janvier 14). *Coexistence Milan royal et parc éolien pour une compréhension ouverte d'un problème complexe*. Séminaire Citoyen Lucéole, Tintigny. www.luceole.be/coexistencemilan.pdf

- Marques, A. T., Batalha, H., Rodrigues, S., Costa, H., Pereira, M. J. R., Fonseca, C., Mascarenhas, M., & Bernardino, J. (2014). Understanding bird collisions at wind farms : An updated review on the causes and possible mitigation strategies. *Biological Conservation*, 179, 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.08.017>
- Marques, A. T., Santos, C. D., Hanssen, F., Muñoz, A., Onrubia, A., Wikelski, M., Moreira, F., Palmeirim, J. M., & Silva, J. P. (2020). Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds. *Journal of Animal Ecology*, 89(1), 93-103. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12961>
- Martin, G. R., & Banks, A. N. (2023). Marine birds : Vision-based wind turbine collision mitigation. *Global Ecology and Conservation*, 42, e02386. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02386>
- Marx, G. (2017). *Le parc éolien français et ses impacts sur l'aviafune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 (LN 1216-54)*. LPO France.
- May, R., Nygård, T., Falkdalen, U., Åström, J., Hamre, Ø., & Stokke, B. G. (2020). Paint it black : Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecology and Evolution*, 10(16), 8927-8935. <https://doi.org/10.1002/ece3.6592>
- Millon, L., Colin, C., Brescia, F., & Kerbiriou, C. (2018). Wind turbines impact bat activity, leading to high losses of habitat use in a biodiversity hotspot. *Ecological Engineering*, 112, 51-54. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.024>
- Millon, L., Julien, J.-F., Julliard, R., & Kerbiriou, C. (2015). Bat activity in intensively farmed landscapes with wind turbines and offset measures. *Ecological Engineering*, 75, 250-257. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.050>
- Minderman, J., Gillis, M. H., Daly, H. F., & Park, K. J. (2017). Landscape-scale effects of single- and multiple small wind turbines on bat activity. *Animal Conservation*, 20(5), 455-462. <https://doi.org/10.1111/acv.12331>
- Moriguchi, S., Mukai, H., Komachi, R., & Sekijima, T. (2019). Wind farm effects on migratory flight of Swans and foraging distribution at their stopover site. In R. Bispo, J. Bernardino, H. Coelho, & J. Lino Costa (Éds.), *Wind Energy and Wildlife Impacts* (p. 125-133). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05520-2_8
- Morinha, F., Travassos, P., Seixas, F., Martins, A., Bastos, R., Carvalho, D., Magalhães, P., Santos, M., Bastos, E., & Cabral, J. A. (2014). Differential mortality of birds killed at wind farms in Northern Portugal. *Bird Study*, 61(2), 255-259. <https://doi.org/10.1080/00063657.2014.883357>
- Osborn, R. G., Dieter, C. D., Higgins, K. F., & Usgaard, R. E. (1998). Bird flight characteristics near wind turbines in Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 139(1), 29-38. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(1998\)139\[0029:BFCNWT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(1998)139[0029:BFCNWT]2.0.CO;2)
- Osborn, R. G., Higgins, K. F., Dieter, C. D., & Usgaard, R. E. (1996). *Bat collisions with wind turbines in southwestern Minnesota*. 37(4), 105-108.
- Pagel, J. E., Kritz, K. J., Millsap, B. A., Murphy, R. K., Kershner, E. L., & Covington, S. (2013). Bald Eagle and Golden Eagle mortalities at wind energy facilities in the contiguous United States. *Journal of Raptor Research*, 47(3), 311-315. <https://doi.org/10.3356/JRR-12-00019.1>
- Paula, A., Santos, J., Cordeiro, A., Mascarenhas, M., & Reis, C. (2011, mai 2). *Habitat management for prey recovery – an off-site mitigation tool for wind farms' impacts on top avian predators*. Conference on Wind energy and Wildlife Impacts, Trondheim, Norway.
- Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Douse, A., & Langston, R. H. W. (2012). Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation : Results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology*, 49(2), 386-394. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02110.x>
- Pedersen, M. B., & Poulsen, E. (1991). Avian Response to the Implementation of the Tjaereborg Wind Turbine at the Danish Wadden Sea. Studies on Danish Fauna Report 47. Denmark Institute of Ecological Studies.
- Percival, S. M. (1998). *Birds and wind turbines—Managing potential planning issues*. 345-350.
- Percival, S. M. (2001). *Assessment of the effects of offshore wind farms on birds* (DTI/Pub URN 01/1434; p. 96).
- Perret, M. (2017). *Eolien et biodiversité : Prise en compte des enjeux relatifs à la biodiversité dans le cadre réglementaire français*. 6.
- Puzen, S. C. (2002). Bat interactions with wind turbines in northeastern Wisconsin. *Wisconsin Public Service Corporation, Green Bay, USA*.
- Richardson, W. J. (1998). *Bird migration and wind turbines : Migration timing, flight behavior, and collision risk*. 214.
- Rico, P., & Lagrange, H. (2011). *Chirotech Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint Martin de Crau-13)—2011*. Biotope. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.23108.83849>
- Rico, P., & Lagrange, H. (2015). *Etude de l'impact des parcs éoliens sur l'activité et la mortalité des chiroptères par trajectographie acoustique, imagerie thermique et recherche de cadavres au sol—Contributions aux évaluations des incidences sur l'environnement*. (p. 174). Sens Of Life, DGO3, SPW.
- Rico, P., Lagrange, H., Cosson, E., & Allouche, L. (2012). *Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Mas de Leuze (commune de Saint Martin de Crau-13)—2012* (p. 67). Biotope.
- Riols-Loyrette, C. (2015). Impact de parcs éoliens sur un couple d'aigle royal Aquila chrysaetos dans les Corbières. *Ornithos*, 22(4), 196-207.
- Roeleke, M., Blohm, T., Kramer-Schadt, S., Yovel, Y., & Voigt, C. C. (2016). Habitat use of bats in relation to wind turbines revealed by GPS tracking. *Scientific Reports*, 6(1), 28961. <https://doi.org/10.1038/srep28961>
- Roemer, C., Disca, T., Coulon, A., & Bas, Y. (2017). Bat flight height monitored from wind masts predicts mortality risk at wind farms. *Biological Conservation*, 215, 116-122. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.002>
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Green, M., Rodrigues, L., & Hedenstrom, A. (2010a). Bat mortality at wind turbines in Northwestern Europe. *Acta Chiropterologica*, 12(2), 261-274. <https://doi.org/10.3161/150811010X537846>
- Rydell, J., Bach, L., Dubourg-Savage, M.-J., Green, M., Rodrigues, L., & Hedenstrom, A. (2010b). Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *European Journal of Wildlife Research*, 56(6), 823-827. <https://doi.org/10.1007/s10344-010-0444-3>
- Schaub, T., Klaassen, R., Zutter, C. D., & Millon, A. (2021). *Analyse des comportements de vol par pistage GPS haute-résolution afin de réduire l'impact des parcs éoliens sur les populations de rapaces*.
- Schuster, E., Bulling, L., & Köppel, J. (2015). Consolidating the state of knowledge : A synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management*, 56(2), 300-331. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5>
- Seiche, K. (2007). *Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen 2006*. (Naturschutz und Landschaftspflege). Freistaat Sachsen, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.
- Shaffer, J. A., & Buhl, D. A. (2016). Effects of wind-energy facilities on breeding grassland bird distributions : Wind-energy effects on grassland birds. *Conservation Biology*, 30(1), 59-71. <https://doi.org/10.1111/cobi.12569>
- Smallwood, K. S. (2013). Comparing bird and bat fatality-rate estimates among North American wind-energy projects. *Wildlife Society Bulletin*, 37(1), 19-33. <https://doi.org/10.1002/wsb.260>
- Smith, J. A., & Dwyer, J. F. (2016). Avian interactions with renewable energy infrastructure : An update. *The Condor*, 118(2), 411-423. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-15-61.1>
- Strickland, M. D., Johnson, G., Erickson, W. P., & Kronner, K. (2001). *Avian studies at wind plants located at Buffalo Ridge, Minnesota and Vansycle Ridge, Oregon*. 38-52.
- Svensson, L., Mullarney, K., & Zetterström, D. (2015). *Le Guide Ornitho* (Delachaux et Niestlé).
- Thaxter, C. B., Buchanan, G. M., Carr, J., Butchart, S. H. M., Newbold, T., Green, R. E., Tobias, J. A., Foden, W. B., O'Brien, S., & Pearce-Higgins, J. W. (2017). Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1862), 20170829. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0829>
- Thelander, C. G., & Rugge, L. (2000). *Examining relationships between bird risk behaviors and fatalities at the Altamont wind resource area : A second year's progress report*. 5-14.
- Thomas, R. (2000). *An Assessment of the Impact of Wind Turbines on Birds at Ten Windfarm Sites in the UK*. 215-219.
- Vogelwarte. (2016). *Energie eolienne et protection des oiseaux*.
- Whitfield, D. P., & Madders, M. (2006). A review of the impacts of wind farms on Hen Harriers Circus cyaneus and an estimation of collision avoidance rates. *Natural Research Ltd*, 33.
- Winkelmann, J. E. (1985). Vogelhinder door middelgrote windturbines—Over vlieggedrag, slachtoffers en verstoreng [Bird impact by middle-sized wind turbines on flight behaviour, victims, and disturbance]. *Limosa*, 58, 117-121.
- Winkelmann, J. E. (1992). *De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. I : Aanvaringsslachtoffers. [The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds, I : Collision victims.]* (RIN-rapport92/2; p. 144). DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek.
- Winkelmann, J. E. (1994). BirdWind Turbine Investigations in Europe. *Wind Power*, 156.

Zeiler, H. P., & Grünschachner-Berger, V. (2009). Impact of wind power plants on black grouse, *Lyrurus tetrix* in Alpine regions. *Folia Zoologica*, 58(2), 173-182.