

RAPPORT DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL POST-IMPLANTATION

SUIVI ENVIRONNEMENTAL 2023 PARC EOLIEN DE PLÉSIDY CÔTES D'ARMOR (22), BRETAGNE

Référence du document : Rapport_Enviro_2023_SOL_Plésidy_BayWare_2024.03.15 | Mars 24



Client : BayWa r.e France SAS
+33 (0)7 64 87 64 33
juliette.valsecchi@baywa-re.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

Approbation
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	13/03/2024	Tristan Bourhis	Caroline Cosnard	Rédaction initiale du rapport
V2	15/03/2024	Tristan Bourhis	Caroline Cosnard	Intégration des commentaires SOL
V3				Intégration des commentaires client

SOMMAIRE

1 Cadre général de l'étude.....	5
1.1 Contexte réglementaire applicable aux parcs éoliens.....	5
1.2 Caractéristiques du parc éolien	5
1.3 Photographies du parc étudié	7
2 Rappel des enjeux identifiés sur le site	8
2.1 Zonages d'inventaires et réglementaires	8
2.2 Etude d'impact initiale réalisée en 2016	8
2.3 Suivi environnemental post-implantation réalisé en 2021.....	9
2.4 Suivi environnemental post-implantation réalisé en 2022.....	9
3 Suivi de la mortalité au sol.....	12
3.1 Protocole.....	12
3.2 Mortalité brute constatée au pied des éoliennes	13
3.3 Occupation du sol et surface prospectée	18
3.4 Test de préation.....	21
3.5 Tests du taux de détection.....	21
3.6 Estimation de la mortalité réelle	23
4 Suivi de l'activité acoustique des chiroptères	26
4.1 Matériel et méthodes	26
4.2 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique en nacelle de l'éolienne E2	29
4.3 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique en nacelle de l'éolienne E4	34
4.4 Patrimonialité des espèces de chiroptères.....	39
4.5 Caractérisation du niveau d'activité par rapport au référentiel Sens Of Life	41
5 Discussion	42
5.1 Synthèse du suivi de la mortalité aviaire	42
5.2 Synthèse du suivi acoustique et de la mortalité des chiroptères.....	42
6 Conclusion et préconisations pour la suite de l'exploitation du parc.....	43
7 Annexes	44
7.1 Fiches d'identification des cadavres retrouvés sur le parc éolien de Plésidy en 2023.....	44
7.2 Tableau 41 : Référentiel National d'activité chiroptérologique en altitude, Sens Of Life	46
7.3 Sensibilité des oiseaux à l'éolien	47
7.4 Sensibilité des chiroptères à l'éolien	53
7.5 Bibliographie	59

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Carte 1 : Implantation du parc éolien de Plésidy (22).....	6
Carte 2 : Zones naturelles d'intérêt recensées dans un rayon de 20 kilomètres autour du parc éolien de Plésidy (22).	11
Carte 3 : Localisation des cadavres trouvés sous les éoliennes du parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	14
Carte 4 : Surfaces théoriques prospectables au maximum et asselements, sous les huit éoliennes du parc éolien de Plésidy en 2023.....	20
Carte 5 : Carte de répartition et de migration de la Pipistrelle de Natusius (Kurvis et al., 2011)	55
 Figure 1 : Parc éolien de Plésidy, de gauche à droite,.....	7
Figure 2 : Eolienne E1 du parc éolien depuis la plateforme de l'éolienne E3.....	7
Figure 3 : Friche se trouvant sous l'éolienne E4 du.....	7
Figure 4 : Représentation du trajet de prospection réalisé pour la recherche de cadavres sous une éolienne.	12
Figure 5 : Comparaison de la dentition pour identification de la Noctule de Leisler.....	13
Figure 6 : Cadavre de chauve-souris parmi 19 leurres utilisés pour tester le taux de détection.	21
Figure 7 : Pipistrelle commune (CCO, domaine public).	25
Figure 8 : Exemple de fichier son collecté sur le système d'enregistrement TrackBat.....	26
Figure 9 : Microphone installé pour les études en altitude (à gauche) et boîtier TrackBat avec microphones déportés, installé en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy (à droite).	26
Figure 10 : Représentation des volumes de détection en fonction des groupes d'espèces	27
Figure 11 : Distance de détection des espèces de chauves-souris en fonction de leur fréquence d'émission	28
Figure 12 : Cycle biologique des chiroptères, LPO Touraine.	28
Figure 13 : Roitelet à triple bandeau	50
Figure 14 : Différentes méthodes de mise en évidence des éoliennes pour augmenter leur visibilité par les oiseaux	51
Figure 15 : Aigle royal	52
Figure 16 : Stratégie de franchissement d'un parc éolien sur le littoral audois (source : LPO Aude, 2001)	52
Figure 17 : Description du phénomène de barotraumatisme.....	53
Figure 18 : Pipistrelle commune. CCO domaine public.....	54
Figure 19 : Sonogramme de cris émis par une Pipistrelle commune.....	54
Figure 20 : Pipistrelle de Natusius. CCO domaine public.....	54
Figure 21 : Sonogramme des cris de Pipistrelle de Natusius/Kuhl.....	55
Figure 22 : Pipistrelle de Kuhl. CCO domaine public.....	55
Figure 23 : Noctule de Leisler. CCO domaine public.....	56
Figure 24 : Sonogramme de cris émis par une Noctule de Leisler.....	56
Figure 25 : Sérotine commune. CCO domaine public.....	56
Figure 26 : Sonogramme de cris émis par une Sérotine commune	57
 Graphique 1 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de l'éolienne.	15
Graphique 2 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de la distance au mât de l'éolienne la plus proche.	15
Graphique 3 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de leur orientation par rapport au mât le plus proche.	15
Graphique 4 : Répartition des cadavres en fonction de la distance des mâts aux éléments boisés les plus proches, sur le parc éolien de Plésidy en 2023.	16
Graphique 5 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de la date. ..	16
Graphique 6 : Conditions météorologiques caractérisant les mortalités constatées en 2023 sur le parc éolien de Plésidy	17

Graphique 7 : Surface moyenne prospectée sous chaque éolienne du parc éolien de Plésidy entre mai et octobre 2023.	18
Graphique 8 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	29
Graphique 9 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy en 2023.	30
Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy.	31
Graphique 11 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy.	31
Graphique 12 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent ($m.s^{-1}$), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	32
Graphique 13 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^{\circ}C$), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	32
Graphique 14 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	34
Graphique 15 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy en 2023.	35
Graphique 16 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy.	36
Graphique 17 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy.	36
Graphique 18 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent ($m.s^{-1}$), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	37
Graphique 19 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^{\circ}C$), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.	37
Graphique 20 : Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes en France et leur statut de conservation (Dürr, 2023).....	50
Graphique 21 : 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).	50
 Tableau 1 : Caractéristiques techniques des éoliennes de Plésidy	5
Tableau 2 : Caractéristiques du parc éolien de Plésidy	7
Tableau 3 : Recensement des espèces de chiroptères lors des écoutes actives et passives du suivi environnemental effectué en 2021 par Synergis Environnement	9
Tableau 4 : Synthèse des cas de mortalité lors des suivis de 2021 et 2022 et de la présence de ces espèces lors de l'étude d'impact en 2016.	10
Tableau 5 : Conditions météorologiques observées lors des suivis de mortalité sur le parc éolien de Plésidy entre mai et octobre 2023.	12
Tableau 6 : Liste des oiseaux et des chauves-souris retrouvés lors des suivis de mortalité effectués en 2023 sur le parc éolien de Plésidy. L'éolienne E4* est soumise au bridage dynamique ProBat.....	13
Tableau 7 : Caractéristiques météorologiques des trois jours précédant les mortalités de chiroptères constatées sur le parc de Plésidy entre mai et octobre 2023.	17
Tableau 8 : Couvert végétal et surface prospectée pour chaque éolienne du parc éolien de Plésidy en 2023.....	19
Tableau 9 : Évaluation du biais de préddation sur le parc éolien de Plésidy en 2023.....	21
Tableau 10 : Évaluation du taux de détection des cadavres de chiroptères sous chaque éolienne du parc éolien Plésidy en 2023.	21
Tableau 11 : Évaluation du taux de détection des cadavres d'oiseaux sous chaque éolienne du parc éolien Plésidy en 2023.	22
Tableau 12 : 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 Plésidy en 2023	23

Tableau 13 : Mortalité réelle estimée des chiroptères, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Plésidy en 2023.....	24
Tableau 14 : Mortalité réelle estimée des oiseaux, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Plésidy en 2023.....	24
Tableau 15 : 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.....	25
Tableau 16 : Vulnérabilité de chaque espèce retrouvée lors des suivis de mortalité au sol effectués sur le parc éolien de Plésidy en 2023.....	25
Tableau 17 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores.....	27
Tableau 18 : Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes, M. Barataud, 2020.....	28
Tableau 19 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, sur le parc éolien de Plésidy, en nacelle de l'éolienne E2 entre mai et octobre 2023.....	29
Tableau 20 : 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 Plésidy, entre mai et octobre 2023.....	33
Tableau 21 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, sur le parc éolien de Plésidy, en nacelle de l'éolienne E4 entre mai et octobre 2023.....	34
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 E4 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.....	38
Tableau 23 : Synthèse des valeurs patrimoniales (statuts de protection et de conservation) de chaque espèce de chiroptère recensée sur le parc éolien de Plésidy en nacelle de l'éolienne E2 entre mai et octobre 2023.....	39
Tableau 24 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.....	39
Tableau 25 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.....	39
Tableau 26 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.....	39
Tableau 27 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.....	39
Tableau 28 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.....	40
Tableau 29 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.....	40
Tableau 30 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.....	40
Tableau 31 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.....	40
Tableau 32 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.....	40
Tableau 33 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.....	40
Tableau 34 : Activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le parc de Plésidy en 2023.....	41
Tableau 35 : Activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc de Plésidy en 2023.....	41
Tableau 36 : Activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le parc de Plésidy en 2023.....	41
Tableau 37 : Caractérisation du niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères enregistrée sur le parc éolien de Plésidy en 2023.....	41
Tableau 38 : Comparaison des oiseaux recensées sur le parc éolien de Plésidy lors de l'étude d'impact en 2016 et lors des suivis de la mortalité en 2021, 2022 et 2023.....	42
Tableau 39 : Comparaison du cortège d'espèces de chiroptères en nacelle des éoliennes E1, E2 et E4 du parc éolien de Plésidy en 2021, 2022 et 2023 avec les suivis de la mortalité au sol.....	43
Tableau 40 : Paramètres temporels et météorologiques caractérisant les contacts acoustiques de Pipistrelle commune, pouvant correspondre au cadavre découvert sous l'éolienne E4 lors du suivi de mortalité effectué le 20/09/2023.....	43
7.2 Tableau 41 : Référentiel National d'activité chiroptérologique en altitude, Sens Of Life	46
Tableau 42 : 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).....	47
Tableau 43 : Récapitulatif des données de mortalité des oiseaux, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023)	49
Tableau 44 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023).....	57
Tableau 45 : Vulnérabilité à l'éolien par espèce (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016)	57

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 post-implantation sert à estimer l'incidence du parc sur l'avifaune et les chiroptères, notamment en termes de mortalité due à la présence des aérogénérateurs, mais aussi à s'assurer que la construction et l'exploitation du parc ne dégradent pas l'état de conservation de certaines espèces et des habitats protégés.
- « *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 2023 sur le parc éolien de Plésidy, soit la troisième 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

BayWa-r.e. France est exploitant du parc éolien de Plésidy, composé de 5 éoliennes.

Le parc éolien de Plésidy est situé sur la commune de Plésidy (22720) dans le département des Côtes d'Armor (22), en région Bretagne. Le parc est composé de cinq éoliennes Vestas V100 d'une puissance unitaire de 2,2 MW. Ces éoliennes sont équipées d'un rotor de 100 mètres de diamètre et d'une tour de 95 mètres de hauteur, le bas de pale est donc à 45 mètres de hauteur. Le Tableau 1 indique les caractéristiques techniques des éoliennes du parc éolien de Plésidy 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	95 m	145 m	100 m	45 m
E2	95 m	145 m	100 m	45 m
E3	95 m	145 m	100 m	45 m
E4	95 m	145 m	100 m	45 m
E5	95 m	145 m	100 m	45 m

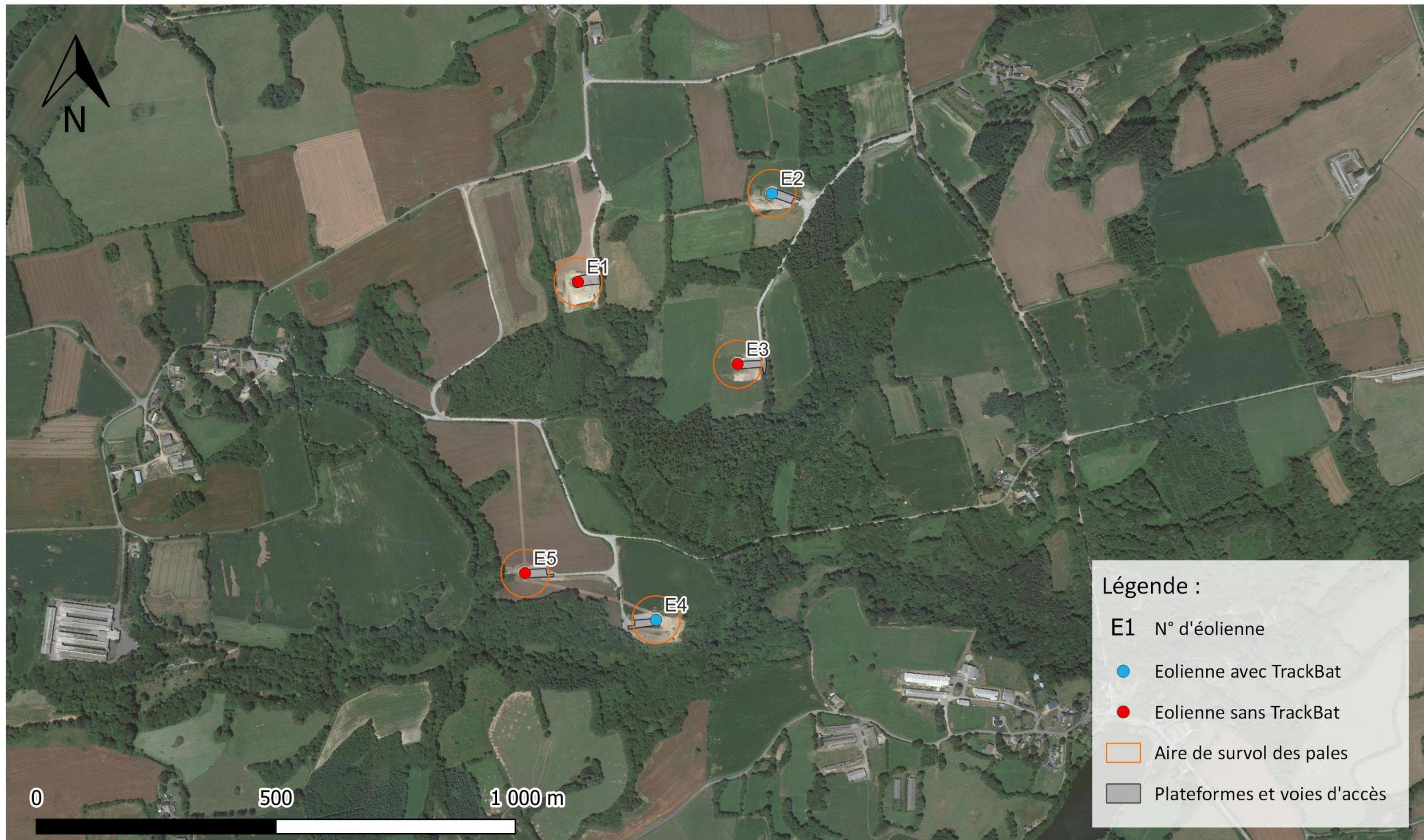
Tableau 1 : Caractéristiques techniques des éoliennes de Plésidy

Le parc éolien de Plésidy est implanté sur un plateau dont l'aire d'étude immédiate culmine à 235 mètres d'altitude. Le paysage bocager est dominé par des parcelles agricoles exploitées de manière intensive et entourées de boisements et haies arborées. Le parc est séparé par un boisement de feuillus et une exploitation de conifères entre le groupe d'éoliennes E1, E2 et E3 et celui formé par E4 et E5. Deux petits cours d'eau parcourent la zone d'implantation formant des vallons arborés rejoignant l'étang Neuf se trouvant au sud du parc. Les cultures présentes sont des poacées (orge, maïs).

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 parc éolien de Plésidy Côtes-d'Armor (22), Bretagne



Sens Of Life 2023. Fond de carte : Google satellite.

Carte 1 : Implantation du parc éolien de Plésidy (22)

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

Nom du parc éolien	Plésidy
Exploitant	BayWa.r.e
Région	Bretagne
Département	Côtes d'Armor
Commune(s)	Plésidy (22720)
Date de mise en service	2020
Nombre et modèle d'éoliennes	5 éoliennes Vestas V100/2,2 MW
Date de réalisation de l'état initial pré-implantation	2016
Précédents suivis environnementaux	Premier suivi environnemental par Synergis Environnement en 2021 Second suivi environnemental par Synergis Environnement en 2022
Mesures environnementales en place (type chiro ou SDA)	Bridage nocturne dynamique via le système ProBat sur les éoliennes E2, E4 et E5
Objet du suivi réalisé en 2023	Suivi de la 3ème année d'exploitation du parc Suivi de la mesure de bridage ProBat appliquée suite aux conclusions du précédents suivis
Nature du suivi réalisé en 2023	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 Plésidy

1.3 Photographies du parc étudié



Figure 1 : Parc éolien de Plésidy, de gauche à droite, éolienne E4, E5 et E3.



Figure 2 : Eolienne E1 du parc éolien depuis la plateforme de l'éolienne E3.



Figure 3 : Friche se trouvant sous l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy.

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'études Calidris en 2016 et lors des suivis environnementaux par Synergis Environnement en 2021 et en 2022, afin de les comparer avec les résultats de ce suivi post-implantation en 2023, et de valider l'efficacité du système de bridage dynamique ProBat.

2.1 Zonages d'inventaires et réglementaires

Dans l'aire d'étude rapprochée (5 km autour du parc éolien), deux zones naturelles d'intérêt ont été recensées :

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

Dans l'aire d'étude éloignée (20 km autour du parc éolien), 33 autres zones naturelles d'intérêt ont été recensées :

- 2 Arrêtés de Protection de Biotope (APB),
- 3 zones Natura 2000 inscrites au titre de la Directive Habitats (ZSC, SIC, PSIC),
- 24 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type I (ZNIEFF I),
- 4 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 Plésidy.

2.2 Etude d'impact initiale réalisée en 2016

2.2.1 Flore et habitats

La zone d'implantation du parc est caractérisée par des cultures agricoles cultivées de manière intensive, tels que l'orge et le maïs, la flore est donc peu diversifiée au niveau de ces habitats. Différents habitats d'intérêts communautaire à enjeux modérés ont été identifiés sur et à proximité de la zone d'étude : hêtraies atlantiques acidiphiles, hêtraies-chênaies neutrophile. Mais également des habitats avec un enjeu plus fort lié aux zones humides tels qu'un cours d'eau eutrophe, des forêts de frênes et d'aulnes, des ruisselets et des sources, des prairies à junc acutiflore, des prairies humides de transition à hautes herbes, des ourlets de cours d'eau, et des saussaies marécageuses. Aucune espèce végétale protégée n'a été observée sur la Zone d'Implantation Potentielle (ZIP).

2.2.2 Avifaune

Le bureau d'étude Calidris a pris en charge l'étude de l'avifaune en 2014. L'avifaune migratrice, hivernante et nicheuse a été recensée sur l'ensemble de l'année de fin 2013 à fin 2014. Au total, 55 espèces ont été répertoriées. Sur l'ensemble de ces 55 espèces, 5 sont considérées comme patrimoniales : l'**Alouette lulu** (*Lullula arborea*), la **Bondrée apivore** (*Pernis apivorus*), le **Bouvreuil pivoine** (*Pyrrhula pyrrhula*), le **Faucon hobereau** (*Falco subbuteo*) et la **Linotte mélodieuse** (*Linaria cannabina*).

Pendant la période d'hivernage, 30 espèces ont été recensées dont 2 considérées comme patrimoniales : l'**Alouette lulu** (*Lullula arborea*) et le **Bouvreuil pivoine** (*Pyrrhula pyrrhula*). L'habitat de la ZIP étant en partie forestier, il n'est pas particulièrement favorable à l'avifaune hivernante. Aucun dortoir, ni rassemblement d'envergure ont été observés durant cette période. Au niveau de l'avifaune nicheuse, 30 espèces nicheuses ont été inventoriées dont 4 considérées comme patrimoniales : la **Bondrée apivore** (*Pernis apivorus*), le **Bouvreuil pivoine** (*Pyrrhula pyrrhula*), le **Faucon hobereau** (*Falco subbuteo*) et la **Linotte mélodieuse** (*Linaria cannabina*). En période de migration, ce sont respectivement 8 et 10 espèces qui ont été recensées en migration prénuptiale et postnuptiale. Les passages migratoires sont faibles et répartis sur un front large sur toute la zone d'étude, les

grands axes de migration ne se trouvant pas à proximité de la ZIP. Seule la **Linotte mélodieuse** (*Linaria cannabina*), considérée comme remarquable, a été inventoriée en migration prénuptiale.

2.2.3 Chiroptères

En 2016, ce sont 13 espèces de chiroptères qui ont été répertoriées au sol : le **Petit Rhinolophe** (*Rhinolophus hipposideros*), la **Barbastelle d'Europe** (*Barbastella barbastellus*), la **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*), la **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*), le **Grand Murin** (*Myotis myotis*), le **Murin de Daubenton** (*Myotis daubentonii*), le **Murin à oreilles échancrées** (*Myotis emarginatus*), **Murin de Natterer** (*Myotis nattereri*), le **Murin à moustaches** (*Myotis mystacinus*), des **Oreillards** indéterminés (*Plecotus sp.*), la **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*), la **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) et la **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*), qui est l'espèce la plus abondante sur le site. Deux sites de reproduction sont connus sur les communes de Boquého et de Saint-Péver pour la **Barbastelle d'Europe** (*Barbastella barbastellus*). Des potentialités faibles à moyennes de gîtes existent sur l'ensemble des boisements de feuillus se trouvant à proximité du site d'étude.

Aucune écoute en altitude n'avait été réalisée lors de l'étude d'impact.

2.2.4 Entomofaune

Les recherches d'insectes ont surtout été portées sur le groupe des Lépidoptères et des Odonates, aucune espèce protégée n'a été observé sur la zone d'étude, ni aucune trace de la présence de coléoptères saproxylophages sur la ZIP.

2.2.5 Herpétofaune

Au sein de la zone d'étude, sept espèces de reptiles et d'amphibiens ont été identifiées sur la zone d'étude : la **Salamandre tachetée** (*Salamandra salamandra*), la **Grenouille verte** (*Pelophylax kl. Esculentus*), le **Crapaud commun** (*Bufo bufo*), la **Vipère pétiaude** (*Vipera berus*), la **Couleuvre à collier** (*Natrix natrix*), le **Lézard des murailles** (*Podarcis muralis*) et l'**Orvet fragile** (*Anguis fragilis*). Toutes ces espèces sont protégées, mais communes en Bretagne.

2.2.6 Mammifères terrestres

Huit espèces de mammifères ont été recensées sur la zone d'étude en 2016 : le **Chevreuil d'Europe** (*Capreolus capreolus*), la **Martre des pins** (*Martes martes*), le **Blaireau européen** (*Meles meles*), le **Sanglier d'Europe** (*Sus scrofa*), le **Renard roux** (*Vulpes vulpes*), la **Belette d'Europe** (*Mustela nivalis*) et des épreintes de **Loutre d'Europe** (*Lutra lutra*) ont été trouvées sur un pont en pierre à l'est de la zone d'étude.

2.3 Suivi environnemental post-implantation réalisé en 2021

2.3.1 Suivi acoustique des chiroptères

Le suivi acoustique des chiroptères a été effectué grâce à un enregistreur ultrasonore GSM-Batcorder mis en place de début avril à fin octobre 2021 en nacelle de l'éolienne E1. Au cours de cette étude, cinq espèces de chiroptères ont été identifiées en altitude :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représentait 78,6% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représentait 15,9% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représentait 3,5% des contacts ;
- La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) représentait 0,7% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représentait 0,1% des contacts ;
- Le groupe indéterminé des Sérotules représentait 0,7% des contacts ;
- Le groupe indéterminé des Murins représentait 0,3% des contacts ;
- Le groupe indéterminé Pipistrelle commune/Pipistrelle de Nathusius représentait 0,2% des contacts.

En 2021 :

- 70% de l'activité chiroptérologique se manifestait entre 0 et 1 heure après le coucher du soleil,
- 93% de l'activité chiroptérologique se caractérisait pour des vitesses de vent inférieures à $6,0 \text{ m.s}^{-1}$,
- 79% de l'activité chiroptérologique se caractérisait pour des températures comprises entre 15°C et 20°C .

Des écoutes au sol actives et passives et des prospections des gîtes artificiels posés après la phase de chantier ont également eu lieu en 2021 : six sorties d'écoute active sur 10 points d'écoute en 2021, permettant de recenser neuf espèces de chauves-souris différentes et 1 903 contacts, ainsi que six nuits d'écoute passive sur 6 points d'écoute permettant de recenser 14 espèces de chauves-souris différentes et 7 036 contacts

Espèce	Présence de l'espèce lors des écoutes actives	Présence de l'espèce lors des écoutes passives
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	Oui	Oui
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	Oui	Oui
Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	Oui	Oui
Barbastelle d'Europe (<i>Barbastella barbastellus</i>)	Oui	Oui
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Oui	Oui
Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)	Oui	Oui
Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)		Oui
Petit Rhinolophe (<i>Rhinolophus hipposideros</i>)	Oui	Oui
Grand Rhinolophe (<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>)		Oui
Murin à moustaches (<i>Myotis mystacinus</i>)	Oui	Oui
Murin de Natterer (<i>Myotis nattereri</i>)		Oui
Murin de Daubenton (<i>Myotis daubentonii</i>)		Oui
Murin à oreilles échancrées (<i>Myotis emarginatus</i>)		Oui
Grand Murin (<i>Myotis myotis</i>)	Oui	Oui
Oreillard gris (<i>Plecotus austriacus</i>)		Oui

Tableau 3 : Recensement des espèces de chiroptères lors des écoutes actives et passives du suivi environnemental effectué en 2021 par Synergis Environnement

Après huit mois de pose, les cinq gîtes à chiroptères ne présentaient aucun signe d'activité au cours des quatre sorties réalisées en 2021, chacune correspondant à une phase du cycle biologique des chiroptères.

2.3.2 Suivi de la mortalité au sol

Entre mi-mai et fin octobre 2021, vingt suivis de la mortalité au sol ont été effectués, au cours desquels 4 cadavres d'oiseaux et 7 cadavres de chiroptères ont été retrouvés :

- Un **Martinet noir** (*Apus apus*),
- Un **Epervier d'Europe** (*Accipiter nisus*),
- Un **Pigeon ramier** (*Columba palumbus*),
- Un **Colombidé indéterminé** (*Columbidae sp.*),
- Trois **Pipistrelles communes** (*Pipistrellus pipistrellus*),
- Une **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*),
- Trois Pipistrelles non identifiées (*Pipistrellus sp.*)

La mortalité réelle estimée variait entre 9 et 72 oiseaux tués par éolienne et par an et entre 30 et 128 chauves-souris tuées par éolienne et par an sur le parc éolien de Plésidy, d'avril à octobre 2021. Cette mortalité était supérieure aux chiffres indiqués dans la bibliographie pour les deux taxons, il a donc été préconisé des mesures de réduction d'impact avec le renouvellement d'un suivi environnemental en 2022 et la mise en place d'un bridage sur les éoliennes E4 et E5 selon les paramètres suivants afin de préserver les populations de chiroptères :

- Du 1^{er} mai au 31 octobre,
- De 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures à 6 m.s^{-1} ,
- Pour des températures supérieures à 13°C ,
- En l'absence de précipitations.

2.4 Suivi environnemental post-implantation réalisé en 2022

2.4.1 Suivi acoustique des chiroptères

Le suivi acoustique des chiroptères a été effectué grâce à un Batlogger WE-X1 et un microphone MC32W mis en place de début mai à fin octobre 2022 en nacelle de l'éolienne E4. Au cours de cette étude, six espèces de chiroptères ont été identifiées en altitude :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représentait 65,9% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représentait 24,0% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représentait 5,8% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représentait 2,2% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représentait 1,7% des contacts ;
- La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) représentait 0,3% des contacts ;
- Le groupe indéterminé des Sérotules représentait 0,1% des contacts.

En 2022 :

- 76% de l'activité chiroptérologique se manifestait entre 0 et 3 heures après le coucher du soleil,
- 92% de l'activité chiroptérologique se caractérisait pour des vitesses de vent comprises entre 1 et $6,5 \text{ m.s}^{-1}$,
- Plus de 95% de l'activité chiroptérologique se caractérisait pour des températures comprises entre 12°C et 24°C .

2.4.2 Suivi de la mortalité au sol

Entre mi-mai et fin octobre 2022, vingt-trois suivis de la mortalité au sol ont été effectués, au cours desquels 4 cadavres d'oiseaux et 3 cadavres de chiroptères ont été retrouvés :

- Deux **Martinets noirs** (*Apus apus*),
- Un **Pigeon ramier** (*Columba palumbus*),
- Un oiseau indéterminé (*Aves sp.*),
- Une **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*),
- Une **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*),
- Une Pipistrelle non identifiable (*Pipistrellus sp.*).

La mortalité réelle estimée variait entre 4 et 13 oiseaux tués par éolienne et par an et entre 3 et 28 chauves-souris tuées par éolienne et par an sur le parc éolien de Plésidy, de mai à octobre 2022. Cette mortalité était supérieure aux chiffres indiqués dans la bibliographie pour les deux taxons, il a donc été préconisé l'extension de la mesure de réduction d'impact avec le renouvellement d'un suivi environnemental en 2023 et la mise en place d'un bridage sur les éoliennes E2, E4 et E5 selon les paramètres suivants afin de préserver les populations de chiroptères :

- Du 1^{er} mai au 31 octobre,
- De 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 6 m.s⁻¹,
- Pour des températures supérieures ou égales à 12°C,
- En l'absence de précipitations.

Le bridage retenu par l'exploitant pour l'année 2023 est le suivant :

- Un bridage dynamique ProBat,
- Sur les éoliennes E2, E4 et E5,
- Du 1^{er} mai au 31 octobre,
- De 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil.

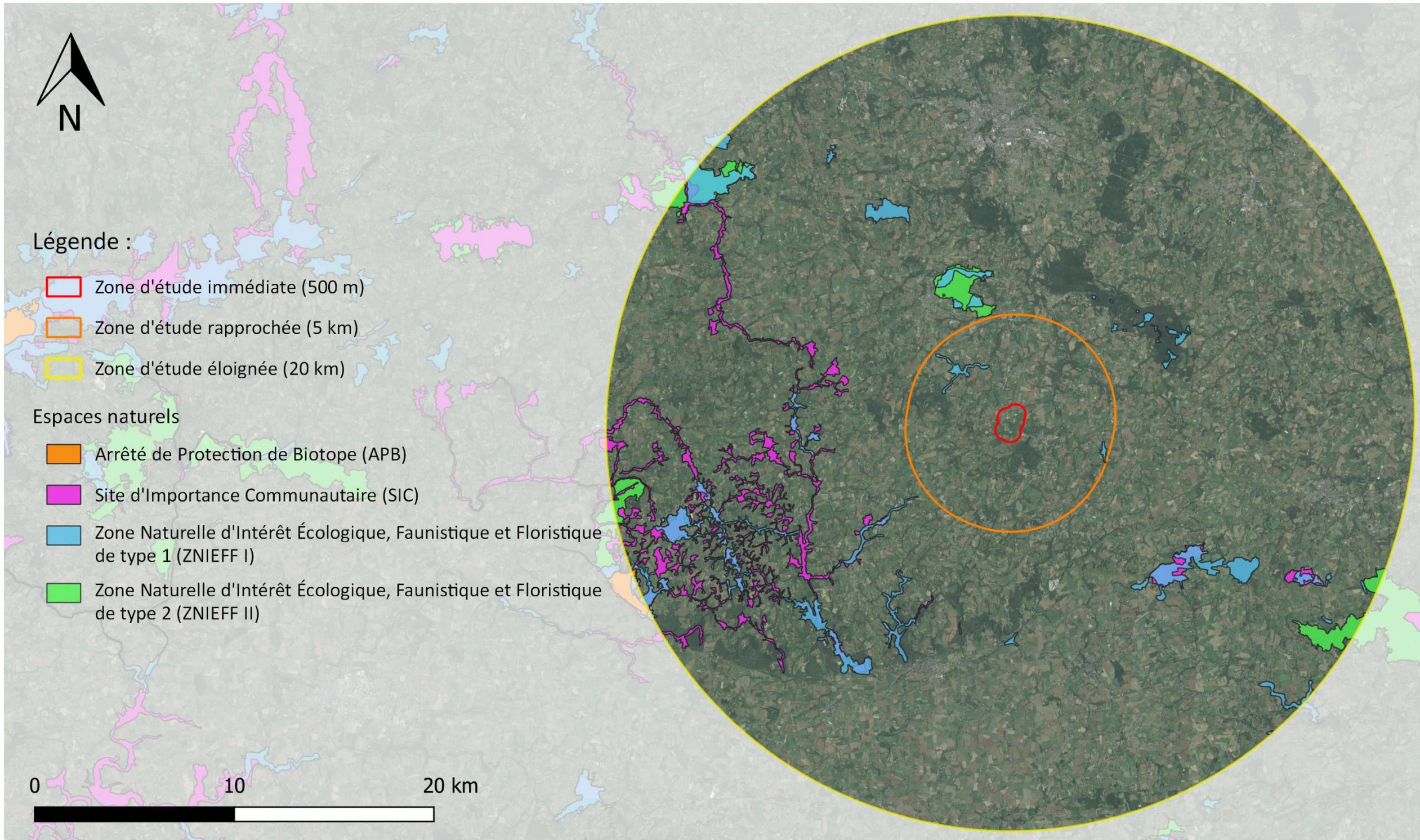
Ce bridage est actif depuis juillet 2023.

Espèce	Présence de l'espèce lors de l'étude d'impact	Cas de mortalité recensés en 2021	Cas de mortalité recensés en 2022
Avifaune			
Martinet noir (<i>Apus apus</i>)	Oui	1	2
Epervier d'Europe (<i>Accipiter nisus</i>)	Oui	1	-
Pigeon ramier (<i>Columba palumbus</i>)	Oui	1	1
Colombidé indéterminé (<i>Columbidae sp.</i>)	-	1	-
Oiseau indéterminé (<i>Aves sp.</i>)	-	-	1
Chiroptérofaune			
Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	Oui	3	1
Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	Oui	1	-
Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	Oui	-	1
Pipistrelle indéterminée (<i>Pipistrellus sp.</i>)	-	3	1
Total des cadavres retrouvés	11		7

Tableau 4 : Synthèse des cas de mortalité lors des suivis de 2021 et 2022 et de la présence de ces espèces lors de l'étude d'impact en 2016.



**Espaces naturels recensés dans un périmètre de 20 km
autour du parc éolien de Plésidy
Côtes-d'Armor (22), Bretagne**



Sens Of Life 2023. Fond de carte : Google satellite.

Carte 2 : Zones naturelles d'intérêt recensées dans un rayon de 20 kilomètres autour du parc éolien de Plésidy (22).

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 Plésidy sur ces deux taxons, mais également de vérifier l'efficacité de la mesure de réduction d'impact mise en place en 2023, consistant en un bridage dynamique nocturne ProBat sur les éoliennes E2, E4 et E5, du 1^{er} mai au 31 octobre et de 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil, afin de préserver les populations de chiroptères.

3.1 Protocole

Le suivi de la mortalité **est conforme au protocole ministériel publié en 2018**. Il s'est déroulé sur 26 prospections, réparties entre les semaines 18 et 43 (début mai à fin octobre).



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

Ce protocole consiste à proscrire 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 10 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 m² ($S = \pi \cdot R^2$, 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 préddation 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 Plésidy 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
1	04/05/2023	Nuageux	14°C	28 km/h	Non
2	10/05/2023	Couvert / Pluie	12°C	20 km/h	Oui
3	17/05/2023	Nuageux	17°C	19 km/h	Non
4	25/05/2023	Ensoleillé	16°C	31 km/h	Non
5	01/06/2023	Nuageux / Couvert	16°C	28 km/h	Non
6	07/06/2023	Eclaircies	22°C	22 km/h	Non
7	12/06/2023	Nuageux - Ensoleillé	19°C	11 km/h	Non
8	21/06/2023	Ensoleillé	22°C	9 km/h	Non
9	28/06/2023	Nuageux	21°C	9 km/h	Non
10	05/07/2023	Nuageux / Pluie	18°C	19 km/h	Oui
11	11/07/2023	Nuageux / Pluie	20°C	24 km/h	Oui
12	19/07/2023	Nuageux	18°C	19 km/h	Non
13	24/07/2023	Nuageux	18°C	19 km/h	Non
14	02/08/2023	Pluie	17°C	46 km/h	Oui
15	09/08/2023	Ensoleillé	19°C	2 km/h	Non
16	16/08/2023	Ensoleillé	20°C	7 km/h	Non
17	21/08/2023	Ensoleillé	23°C	4 km/h	Non
18	28/08/2023	Nuageux	19°C	20 km/h	Non
19	04/09/2023	Ensoleillé	26°C	26 km/h	Non
20	13/09/2023	Nuageux	19°C	11 km/h	Non
21	20/09/2023	Nuageux	20°C	43 km/h	Non
22	26/09/2023	Ensoleillé	20°C	20 km/h	Non
23	04/10/2023	Ensoleillé	18°C	9 km/h	Non
24	11/10/2023	Nuageux	15°C	17 km/h	Non
25	18/10/2023	Nuageux / Bruine	19°C	33 km/h	Oui
26	25/10/2023	Nuageux	12°C	18 km/h	Non

Tableau 5 : Conditions météorologiques observées lors des suivis de mortalité sur le parc éolien de Plésidy entre mai et octobre 2023.

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.

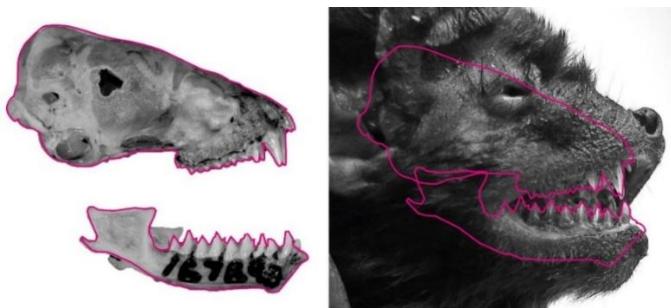


Figure 5 : Comparaison de la dentition pour identification de la *Noctule de Leisler*.

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>

3.2 Mortalité brute constatée au pied des éoliennes

Le suivi de mortalité du parc éolien de Plésidy est basé sur un passage hebdomadaire entre mai et octobre 2023, soit une pression d'échantillonnage relativement importante.

Au total, deux cadavres de chiroptères ont été retrouvés au cours des suivis de mortalité et aucun cadavre d'oiseau. 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.

Le Tableau 6 indique les caractéristiques générales des mortalités constatées sur le parc éolien de Plésidy entre mai et octobre 2023. 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).

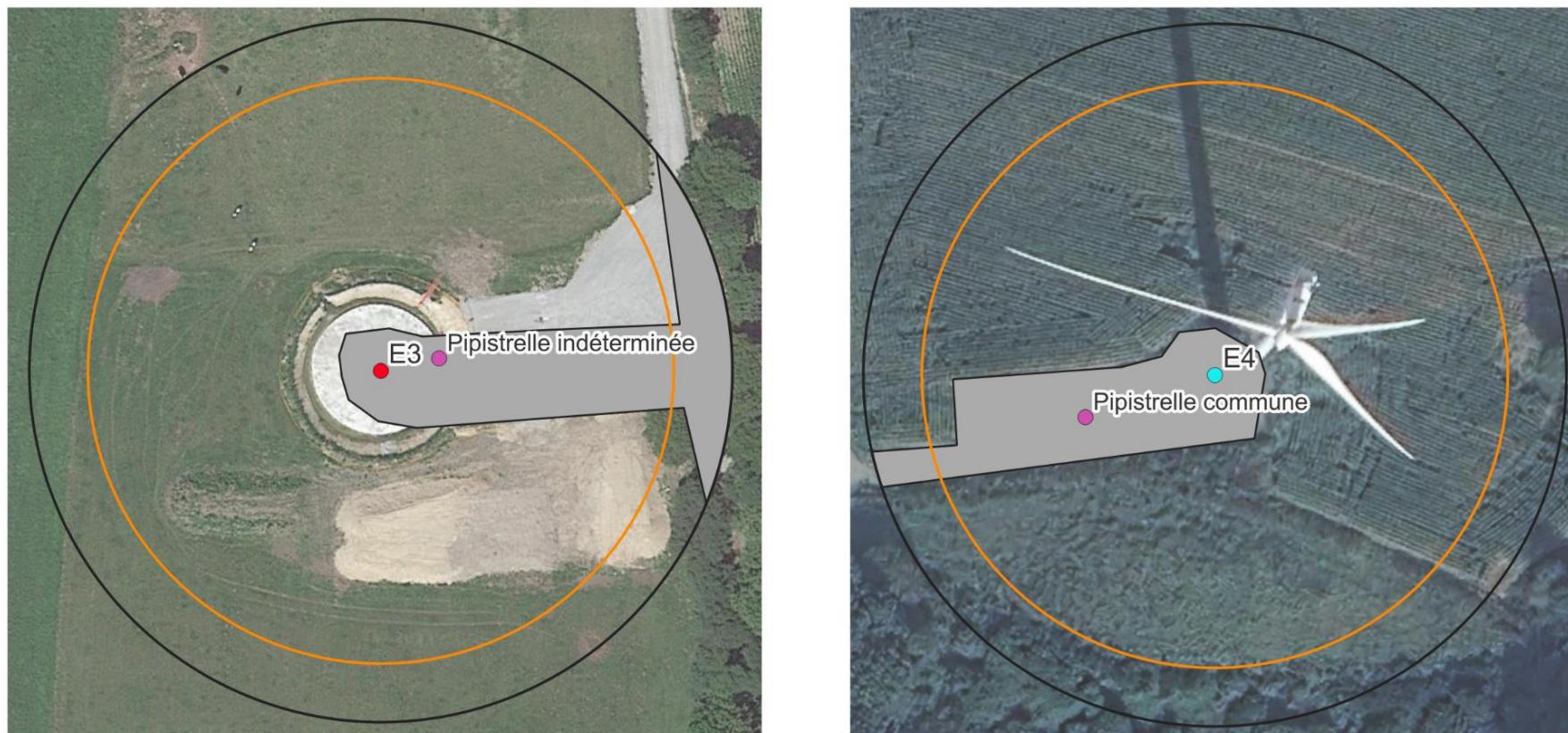
La Carte 3 permet la visualisation de la répartition spatiale de ces cadavres sous les éoliennes du parc. Toutes les fiches d'identification des cadavres sont disponibles en annexe 7.1.

Date	Espèce	Nom latin	Type	LR France	Sexe	Age	Coordonnées GPS	Eolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât	Etat du cadavre
20/09/2023	Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	Chiroptère	NT	Femelle	-	48.425005 ; -3.121369	E3	8 m	nord-est	Avancé
20/09/2023	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	-	-	48.419996 ; -3.123527	E4*	28 m	ouest	Décomposé

Tableau 6 : Liste des oiseaux et des chauves-souris retrouvés lors des suivis de mortalité effectués en 2023 sur le parc éolien de Plésidy. L'éolienne E4* est soumise au bridage dynamique ProBat.



Localisation des cadavres retrouvés en 2023 sous les éoliennes
Parc éolien de Plésidy
Côtes-d'Armor (22), Bretagne



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

0 50 100 m

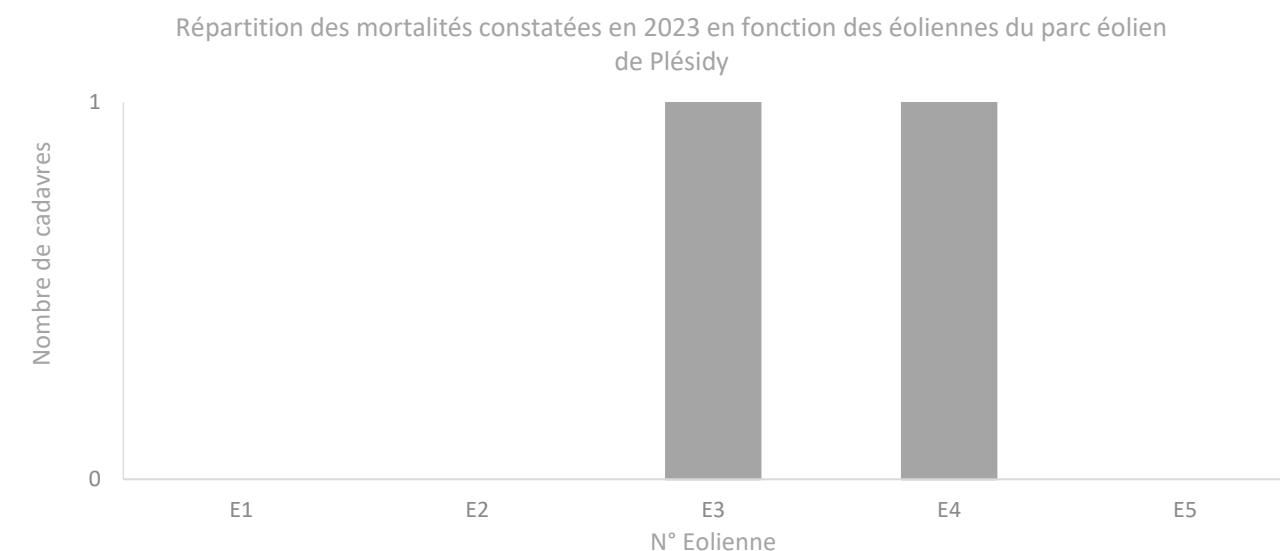


Fond de carte: Google Satellite. Sens Of Life 2023

Carte 3 : Localisation des cadavres trouvés sous les éoliennes du parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

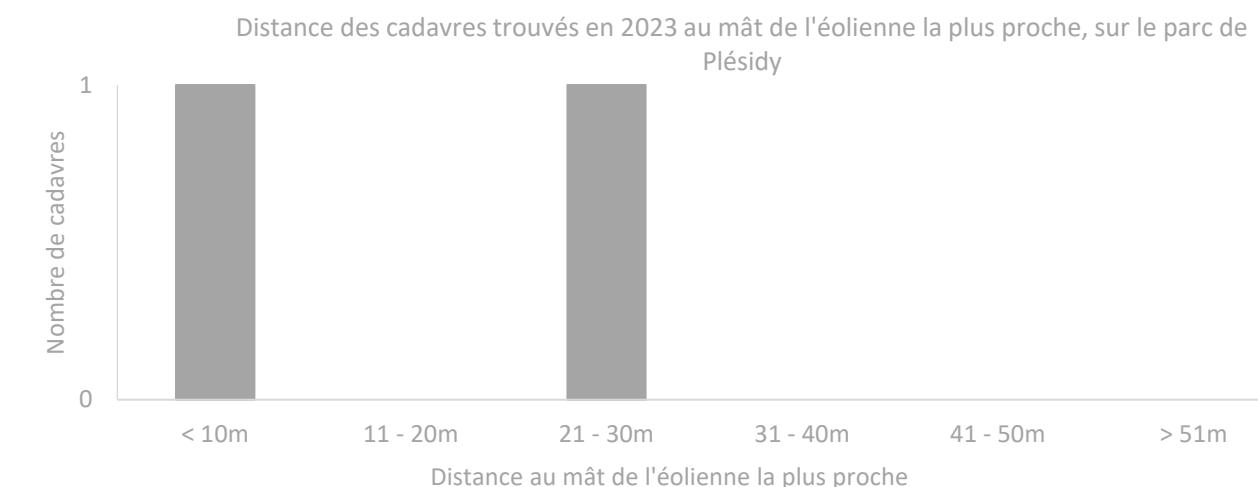
3.2.1 Analyse spatiale des mortalités sur le parc éolien

Le Graphique 1 permet d'analyser la répartition géographique des cadavres retrouvés sur l'ensemble du parc éolien de Plésidy. Un chiroptère a été retrouvé sous l'éolienne E3 et un chiroptère sous l'éolienne E4. Aucune mortalité n'a été relevée sous les éoliennes E1, E2 et E5. Les éoliennes E3 et E4, et de façon générale l'ensemble du parc de Plésidy, se situe dans un contexte paysager constitué de nombreux boisements se trouvant à proximité immédiate des mâts. Ces structures arborées étant favorables aux chiroptères, cela peut expliquer la mortalité sous les éoliennes et plus particulièrement E3 et E4 qui se trouvent « entourées » de ces structures arborées.



Graphique 1 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de l'éolienne.

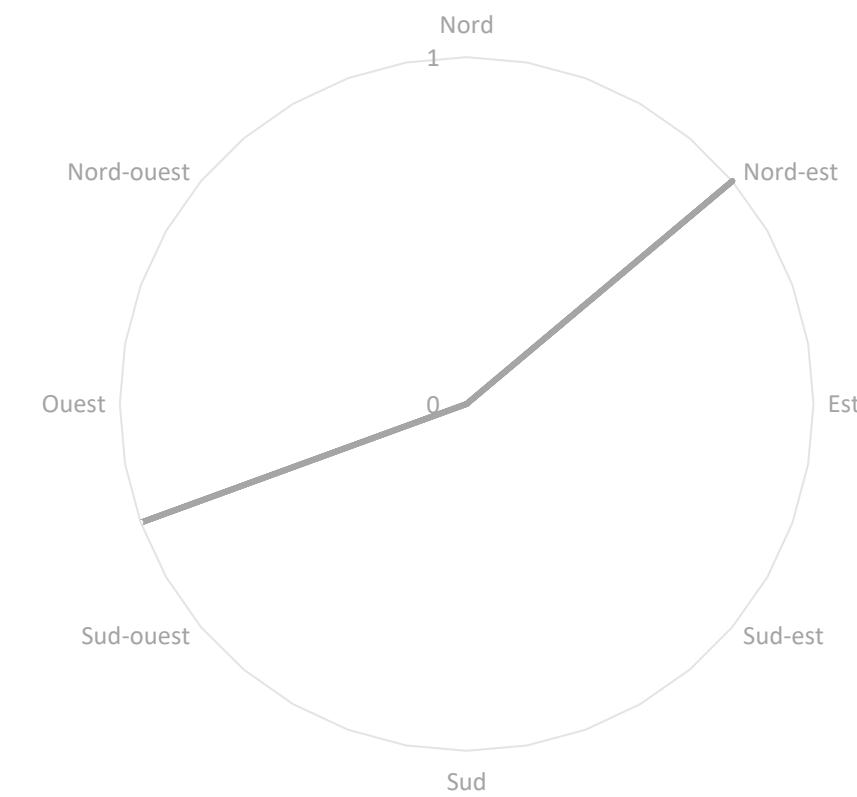
En ce qui concerne la distance des cadavres au mât de l'éolienne (Graphique 2), un chiroptère a été retrouvé à moins de 10 mètres du mât des éoliennes et le second chiroptère a été retrouvé entre 11 et 20 mètres d'un mât.



Graphique 2 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy 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). Les chiroptères semblent se répartir plutôt de manière aléatoire autour des mâts, avec un cadavre trouvé au nord-est du mât et un second cadavre à l'ouest-sud-ouest du mât.

Répartition des cadavres en fonction de l'orientation par rapport au mât, sur le parc éolien de Plésidy en 2023

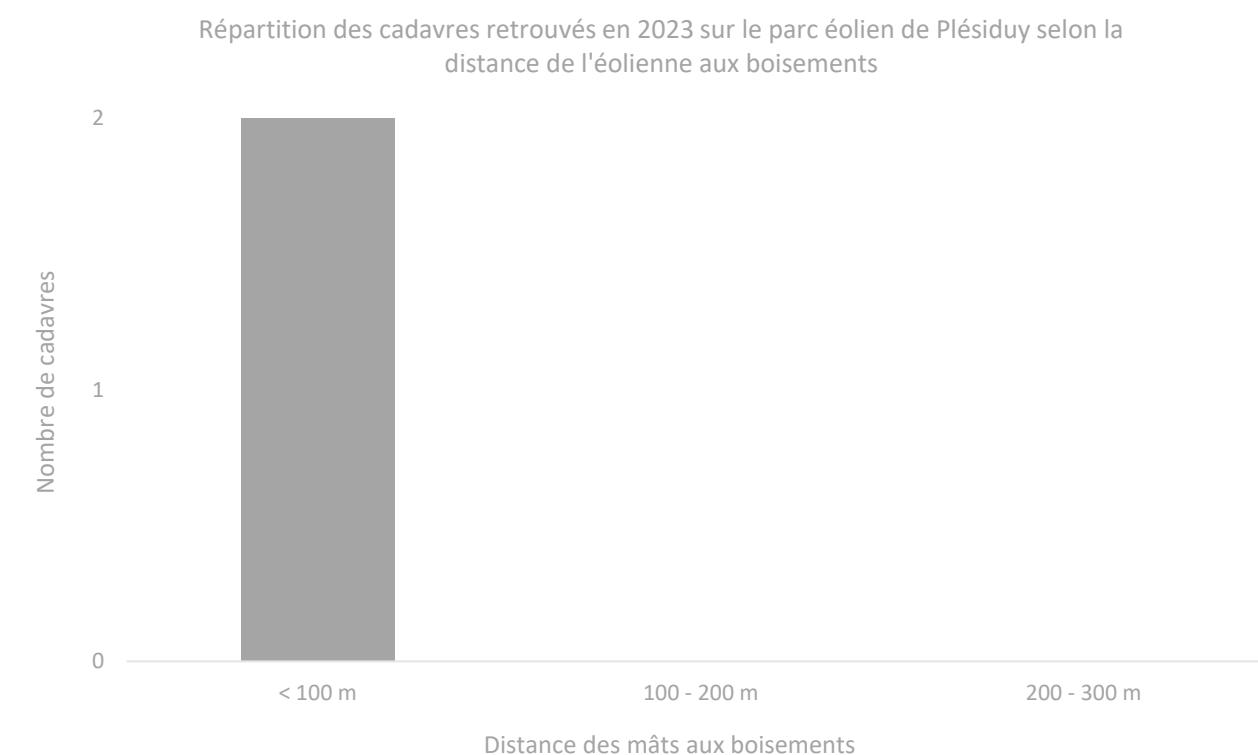


Graphique 3 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de leur orientation par rapport au mât le plus proche.

3.2.2 Analyse 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 Plésidy, cela se confirme puisque les deux cadavres de chiroptères ont été retrouvés au niveau des plateformes, indiquant plutôt une plus grande facilité à trouver les cadavres sur ce type d'assoulements qu'une réelle attractivité de ceux-ci.

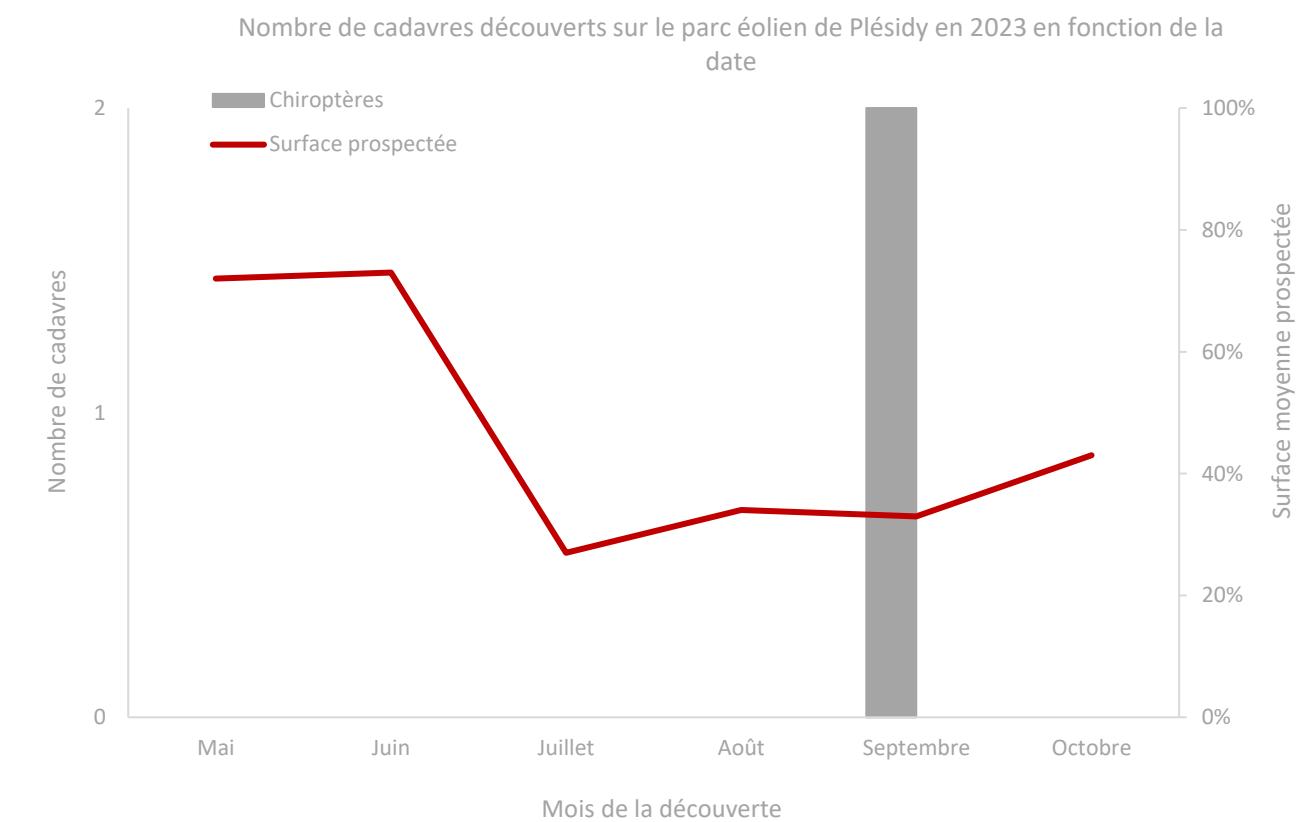
Les boisements et haies arborées sont particulièrement favorables à l'activité des oiseaux et chiroptères. Sur le parc éolien de Plésidy, deux chiroptères ont été retrouvés sous les éoliennes situées à moins de 100 mètres de boisements et haies arborées. Au vu du milieu constitué d'habitats mixtes dans lequel se situe le parc éolien de Plésidy, une corrélation entre la mortalité sous les éoliennes et la distance aux éléments boisés les plus proches pourrait être envisagée (Graphique 4), mais le faible nombre de cadavres retrouvés ne permet pas de confirmer ou d'infirmer cette corrélation.



Graphique 4 : Répartition des cadavres en fonction de la distance des masts aux éléments boisés les plus proches, sur le parc éolien de Plésidy en 2023.

3.2.3 Analyse temporelle des mortalités sur le parc éolien

Le Graphique 5 permet d'analyser la mortalité constatée sur le parc éolien Plésidy en fonction de la période biologique. Deux chiroptères ont été retrouvés en septembre en période de migration automnale, malgré une surface prospectée relativement faible, cela peut s'expliquer par une augmentation de l'activité à cette période de l'année (cf. paragraphe 4.2.2 et 4.3.2 dans lequel nous mettons en lumière des pics d'activité acoustique en septembre).



Graphique 5 : Répartition des cadavres retrouvés en 2023 sur le parc éolien de Plésidy en fonction de la date.

3.2.4 Analyse météorologique des mortalités sur le parc éolien

Les données météorologiques récoltées sur le parc éolien de Plésidy permettent d'analyser les conditions de vent et de température pouvant expliquer les mortalités constatées en 2023. 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 21h00 à 07h00 pour les mortalités de chiroptères. 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.

Conditions météorologiques caractérisant les mortalités constatées sur le parc éolien de Plésidy en 2023



Graphique 6 : Conditions météorologiques caractérisant les mortalités constatées en 2023 sur le parc éolien de Plésidy

En ce qui concerne les nuits entourant les dates estimées des mortalités des chiroptères, les conditions météorologiques sont caractérisées par des vitesses de vent moyennes comprises entre 5,29 et 5,92 m.s⁻¹ et des températures moyennes comprises entre 16,3°C et 18°C (Tableau 7), correspondant à des températures plutôt basses et un vent plutôt faible, qui sont les conditions météorologiques les plus favorables à l'activité chiroptérologique. Les rafales de vent pouvant aller jusqu'à 11,0 m.s⁻¹ pourraient expliquer certaines mortalités.

Date à laquelle la mortalité a été constatée	Date estimée de la mortalité	Vitesse moyenne du vent la nuit (m.s ⁻¹)	Vitesse maximale du vent la nuit (m.s ⁻¹)	Moyenne des températures la nuit (°C)
20/09/2023	17-18/09/23	5,92	11,0	16,3
20/09/2023	14 au 15/09/23	5,29	7,3	18,0

Tableau 7 : Caractéristiques météorologiques des trois jours précédant les mortalités de chiroptères constatées sur le parc de Plésidy entre mai et octobre 2023.

Ces données doivent être interprétées avec précaution car les dates estimées des mortalités sont souvent imprécises. Ces conclusions ne doivent en aucun cas servir à l'élaboration d'éventuelles mesures de réduction d'impact.

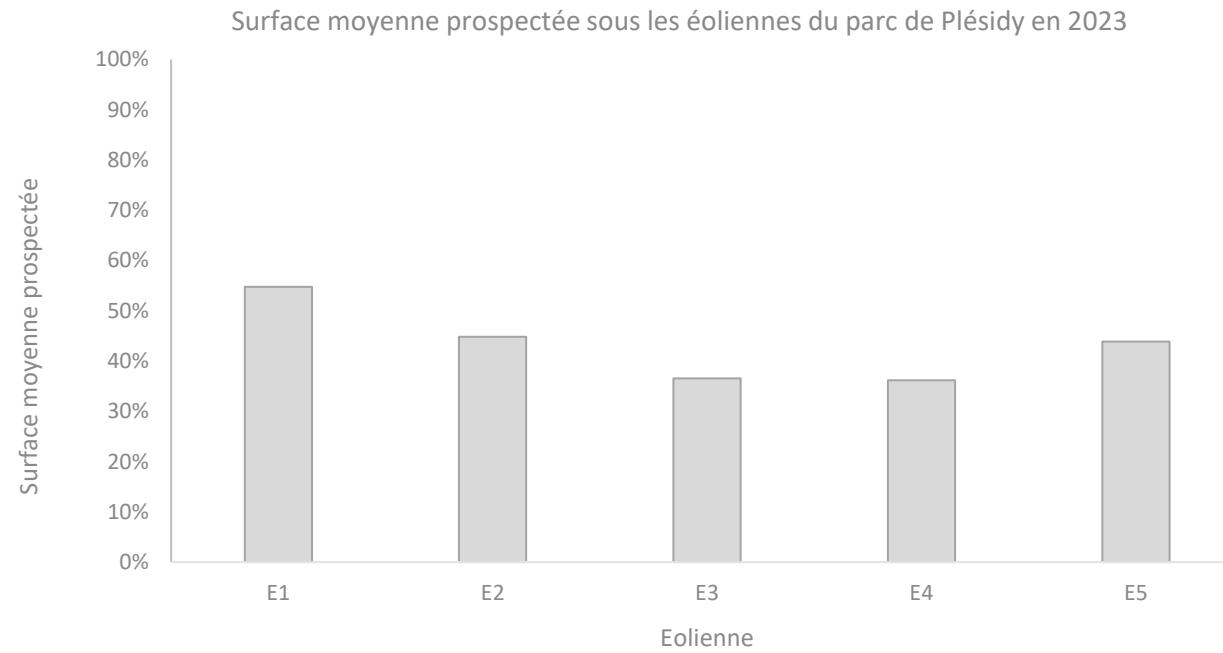
3.3 Occupation du sol et surface prospectée

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.

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 : $A = \frac{\sum_{x=1}^6 C_x / S_x}{\sum_{x=1}^6 C_x}$

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.



Graphique 7 : Surface moyenne prospectée sous chaque éolienne du parc éolien de Plésidy entre mai et octobre 2023.

Jusqu'à début juillet, la majorité des cultures étaient suffisamment basses pour être prospectées avec efficacité et sans être abîmées, par la suite la hauteur des cultures a pu réduire les surfaces prospectables sous les éoliennes. De plus, des travaux agricoles ont eu lieu le 25/10/2023 sous l'éolienne E2, ainsi qu'une maintenance le 12/06/2023 sous l'éolienne E3, empêchant la prospection sous les éoliennes concernées.

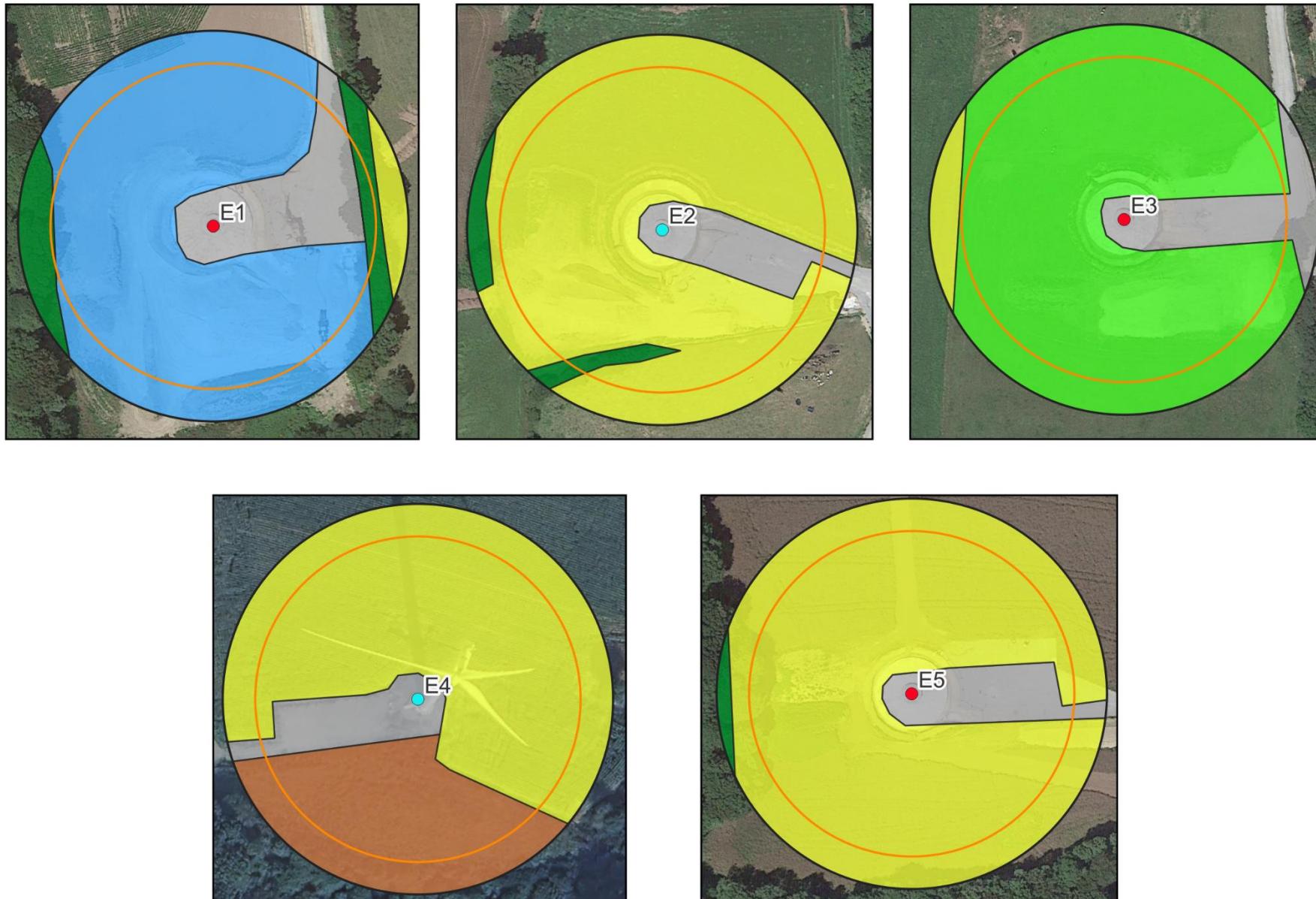
La couverture végétale sous les éoliennes de Plésidy étant très variable, la surface moyenne prospectée a été calculée sur l'année de recherche pour estimer ce biais (Tableau 8). Les éoliennes ont été prospectées entre 36,2% (éolienne E4 sous laquelle étaient se trouvaient une culture de maïs et une zone de friche) et 54,8% (éolienne E1 sous laquelle était cultivé de l'orge), soit en moyenne 43% sur l'ensemble du suivi de mortalité sur le parc éolien de Plésidy, le biais de surface prospectée est donc fort.

Eolienne et assolement	E1		E2		E3		E4		E5		
	Date de prospection	Total cadavres	Orge	Cadavres retrouvés	Maïs	Cadavres retrouvés	Pâture + Maïs	Cadavres retrouvés	Maïs + Friche	Cadavres retrouvés	Maïs
04/05/2023	-	45%	-	95%	-	15%	-	75%	-	99%	-
10/05/2023	-	45%	-	95%	-	15%	-	75%	-	99%	-
17/05/2023	-	45%	-	95%	-	15%	-	90%	-	99%	-
25/05/2023	-	45%	-	95%	-	100%	-	90%	-	99%	-
01/06/2023	-	30%	-	95%	-	100%	-	90%	-	99%	-
07/06/2023	-	30%	-	95%	-	100%	-	90%	-	99%	-
12/06/2023	-	30%	-	95%	-	0%	-	90%	-	99%	-
21/06/2023	-	30%	-	95%	-	90%	-	90%	-	99%	-
28/06/2023	-	30%	-	90%	-	60%	-	55%	-	60%	-
05/07/2023	-	30%	-	75%	-	40%	-	35%	-	40%	-
11/07/2023	-	25%	-	30%	-	11%	-	10%	-	10%	-
19/07/2023	-	15%	-	20%	-	11%	-	10%	-	10%	-
24/07/2023	-	15%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
02/08/2023	-	90%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
09/08/2023	-	90%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
16/08/2023	-	90%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
21/08/2023	-	90%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
28/08/2023	-	90%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
04/09/2023	-	90%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
13/09/2023	-	75%	-	8%	-	11%	-	10%	-	10%	-
20/09/2023	2	60%	-	8%	-	45%	1	10%	1	10%	-
26/09/2023	-	60%	-	8%	-	45%	-	10%	-	10%	-
04/10/2023	-	60%	-	8%	-	45%	-	10%	-	10%	-
11/10/2023	-	60%	-	8%	-	45%	-	10%	-	10%	-
18/10/2023	-	75%	-	95%	-	45%	-	10%	-	10%	-
25/10/2023	-	80%	-	0%	-	80%	-	10%	-	99%	-
Somme des cadavres / Surface moyenne prospectée	2	54,8%	0	44,8%	0	36,5%	1	36,2%	1	43,9%	0
Coefficient A		1,82		2,23		2,74		2,77		2,28	

Tableau 8 : Couvert végétal et surface prospectée pour chaque éolienne du parc éolien de Plésidy en 2023.



Surfaces prospectées sous les éoliennes
Parc éolien de Plésidy
Côtes-d'Armor (22), Bretagne



Légende :

- Eolienne sans TrackBat
- Eolienne avec TrackBat
- Plateforme et voies d'accès
- Surface de prospection
- Aire de survol des pales

Assolement

- Culture de maïs
- Culture d'orge
- Prairie en pâture
- Haie arborée
- Friche

0 60 120 m

Sens Of Life 2023. Fond de carte : Google satellite.

Carte 4 : Surfaces théoriques prospectables au maximum et assolements, sous les huit éoliennes du parc éolien de Plésidy en 2023.

3.4 Test de prédation

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 prédation 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 prédation 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 2023, trois cadavres (cuisses de poulet) ont été déposés sous les éoliennes E1, E3 et E4 le 04/10/2023 et une deuxième série de test a été réalisée sous les éoliennes E1, E2 et E4 le 18/10/2023. 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

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 04/10/23	E1	3	2	1	1	0	0	3,17
	E3	3	3	3	2	0	0	6,33
	E4	3	3	3	2	0	0	6,33
Test n°2 J0 le 18/10/23	E1	3	2	2	0	0	0	2,83
	E2	3	3	3	0	0	0	4,00
	E4	3	2	1	0	0	0	2,00
Moyenne des tests							4,1	28%

Tableau 9 : Évaluation du biais de prédation sur le parc éolien de Plésidy en 2023.

Sur le parc éolien de Plésidy, le temps de séjour moyen d'un cadavre est estimé à 4,1 jours et le taux de persistance au sixième jour est estimé à 28% (Tableau 9). Etant donné que l'intervalle moyen entre deux prospections est de 7,0 jours, une chauve-souris ou un oiseau, tué durant les premières nuits suivant une recherche, aura une probabilité moyenne d'être retrouvé lors de la recherche suivante. **Le biais de prédation est modéré.**

3.5 Tests du taux 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 prédation.

Un premier chargé d'étude a ainsi déposé 5 leurres d'oiseaux et 10 leurres de chauves-souris (Figure 6), 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.

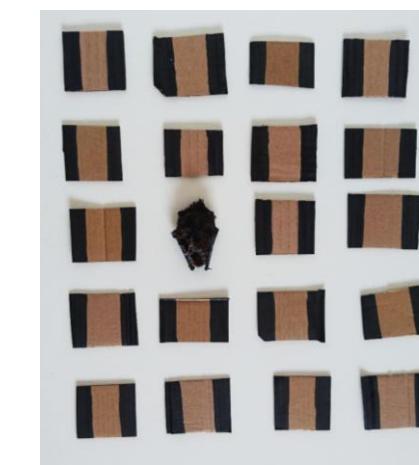


Figure 6 : Cadavre de chauve-souris parmi 19 leurres utilisés pour tester le taux de détection.

Ce test a été réalisé deux fois durant l'année 2023, d'abord le 07/06/2023 sous les éoliennes E2, E3, E4 et E5, puis le 18/10/2023 sous les éoliennes E1, E2 et E3, 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.

CHIROPTERES	Test n°1 le 07/06/23			Test n°2 le 18/10/23			Efficacité moyenne
	Eolienne	Leurres déposés	Leurres trouvés	Efficacité 1	Leurres déposés	Leurres trouvés	
E1	-	-	-	-	10	5	50%
E2	10	10	100%	10	8	80%	90%
E3	10	6	60%	10	7	70%	65%
E4	10	8	80%	-	-	-	80%
E5	10	10	100%	-	-	-	100%
Parc	40	34	85%	30	20	67%	77%

Tableau 10 : Évaluation du taux de détection des cadavres de chiroptères sous chaque éolienne du parc éolien Plésidy en 2023.

OISEAUX	Test n°1 le 07/06/23			Test n°2 le 18/10/23			Efficacité moyenne
	Eolienne	Leurres déposés	Leurres trouvés	Efficacité 1	Leurres déposés	Leurres trouvés	
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%	-	-	-	100%
E5	5	5	100%	-	-	-	100%
Parc	20	20	100%	15	15	100%	100%

Tableau 11 : Évaluation du taux de détection des cadavres d'oiseaux sous chaque éolienne du parc éolien Plésidy en 2023.

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 Plésidy, le taux de détection sous les éoliennes varie de 50% à 100%, avec une détection moyenne de 100% pour les oiseaux et de 77% pour les chiroptères, sur l'ensemble du parc éolien. **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 12 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	2 individus
A = coefficient de correction surfacique (dépend de l'éolienne considérée)	36% minimum 55% maximum
Biais de surface considéré comme	fort
p = proportion de cadavres qui perdurent au-delà de l'intervalle entre deux passages	28%
t = temps de séjour moyen des cadavres	4,1 jour(s)
Biais de prédation considéré comme	modéré
d = probabilité de détection des leurre	77% pour les chiroptères 100% pour les oiseaux
Biais d'observateur considéré comme	faible pour les chiroptères faible pour les oiseaux
b = nombre de recherches effectués sur le terrain	26 suivis
I = intervalle de temps entre chaque recherche	7,0 jour(s)
i = intervalle effectif = $-\log(0,01) \times t$	8,2 jour(s)
ê = coefficient correcteur de l'intervalle = $\text{Min}(I : i) / I$	1,0
M = nombre de turbines prospectées	5 éoliennes

Tableau 12 : 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 Plésidy en 2023

La formule d'Erickson *et al.* (2005) utilise le taux de persistance des cadavres comme le nombre moyen de jours de persistance (t) divisé par l'intervalle entre les recherches (I). Cette formule a l'avantage de s'adapter à un changement d'intervalle imprévu. Mathématiquement, si le taux de persistance est supérieur à l'intervalle, alors il est supérieur à 1, ce qui est impossible en pratique. Avec des intervalles courts, cette méthode a tendance à sous-estimer le taux de prédation et donc sous-estimer le nombre de cadavres tués. Sur le parc éolien de Plésidy, l'intervalle de temps entre les suivis étant en moyenne de 7,0 jours, l'application de cette formule est tout-à-fait pertinente.

$$N = \frac{I \cdot C}{t \cdot d} * A$$

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.

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

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.

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.

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

3.6.1 Mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien

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

Eolienne	Nombre de cadavres	Mortalité estimée des chiroptères selon la formule de :		
		Erickson et al. (2005)	Jones et al. (2009)	Huso (2010)
E1	0	-	-	-
E2	0	-	-	-
E3	1	7,1	9,8	8,7
E4	1	5,9	8,1	7,2
E5	0	-	-	-
Parc	2	10,4	14,3	12,8
Nombre de chiroptères/éolienne	2,1	2,9	2,6	
Intervalles de confiance à 95%	0,2	0,2	0,2	

Tableau 13 : Mortalité réelle estimée des chiroptères, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Plésidy en 2023.

En utilisant les biais testés sur le parc éolien, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Plésidy est estimée entre **2,1 ± 0,2** (Erickson et al., 2005) et **2,9 ± 0,2** (Jones et al., 2009) chiroptères tués par éolienne, 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 Plésidy est assimilable à la deuxième configuration décrite par cet auteur. En 2023, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Plésidy est donc **moins élevée** que les taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Rydell et al., 2010a). Pour rappel, seules les éoliennes E3 et E4 ont présenté un cas de mortalité sur la saison 2023.

3.6.2 Mortalité réelle estimée des oiseaux sur le parc éolien

En l'absence de mortalité brute, seule la formule de Bastos et al. (2013), présentée précédemment, peut être appliquée sur l'ensemble des données brutes de mortalité des oiseaux afin de calculer leur mortalité réelle estimée sur le parc éolien de Plésidy (Tableau 14).

Eolienne	Nombre de cadavres	Mortalité estimée des oiseaux selon la formule de Bastos et al. (2013)
E1	0	2,3
E2	0	2,9
E3	0	3,5
E4	0	3,6
E5	0	2,9
Parc	0	6,5
Nombre d'oiseaux/éolienne		1,3
Intervalles de confiance à 95%		0,1

Tableau 14 : Mortalité réelle estimée des oiseaux, selon les différentes formules, sur le parc éolien de Plésidy en 2023.

En utilisant les biais testés sur le parc éolien, la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Plésidy est estimée à **1,3 ± 0,1** (Bastos et al., 2013) 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 Plésidy avec moins d'enjeux avifaunistiques, est attendue plus faible que ce seuil.

En 2023, la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Plésidy est donc **conforme** aux taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Marx, 2017). Pour rappel, aucune mortalité brute n'a été découverte en 2023 sur l'ensemble du parc éolien de Plésidy.

3.6.3 Vulnérabilité des espèces retrouvées

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 (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.

		Sensibilité à l'éolien				
		0	1	2	3	4
Enjeu de conservation	Espèce non protégée	0,5				
	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 15 : 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 Plésidy, un cadavre présente une vulnérabilité élevée (c'est-à-dire une note de risque supérieure ou égale à 3) : une **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*). Les détails de ces calculs de note de risque sont présentés dans le Tableau 16.

Espèce	Nombre de cadavres en 2023	Eolienne(s) mortifère(s)	Période du cycle biologique	LR France	Note de risque
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1	E4	Migration automnale	NT
Pipistrelle indéterminée	<i>Pipistrellus sp.</i>	1	E3	Migration automnale	-

Tableau 16 : Vulnérabilité de chaque espèce retrouvée lors des suivis de mortalité au sol effectués sur le parc éolien de Plésidy en 2023.



Figure 7 : Pipistrelle commune (CCO, domaine public).

⇒ Synthèse du suivi de mortalité au sol effectué en 2023 sur le parc éolien de Plésidy

Deux cadavres ont été retrouvés au pied des éoliennes du parc éolien de Plésidy en 2023.

Aucun cadavre d'oiseau n'a été découvert sur l'ensemble du parc éolien en 2023. Une fois cette mortalité brute corrigée avec les biais de préddation et d'observateur, ainsi qu'avec la surface réellement prospectée, la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien de Plésidy est estimée à **1,3 ± 0,1** (Bastos et al., 2013) **oiseaux tués par éolienne**, sur la période étudiée, de mai à octobre 2023, ce qui est **conforme** aux taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires pour les éoliennes (Marx, 2017).

On dénombre seulement deux chiroptères : une **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) et une **Pipistrelle indéterminée** (*Pipistrellus sp.*). Une fois cette mortalité brute corrigée avec les biais de préddation et d'observateur, ainsi qu'avec la surface réellement prospectée, la mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien de Plésidy varie **entre 2,1 ± 0,2** (Erickson et al., 2005) et **2,9 ± 0,2** (Jones et al., 2009) **chiroptères tués par éolienne**, sur la période étudiée, de mai à octobre 2023. En 2023, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien de Plésidy est donc **moins élevée** que les taux de mortalité rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires pour les éoliennes (Rydell et al., 2010a). Pour rappel, aucun cadavre n'a été découvert sous les éoliennes E1, E2 et E5.

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 1^{er} mai au 31 octobre 2023, 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. 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.
- 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).

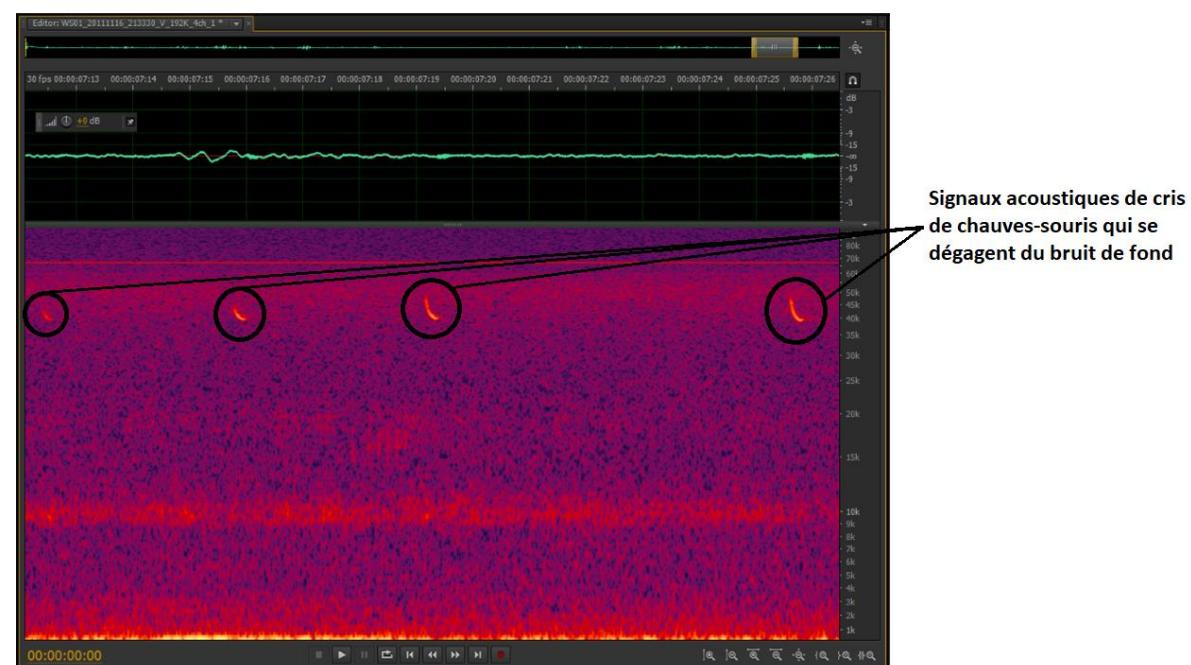


Figure 8 : Exemple de fichier son collecté sur le système d'enregistrement TrackBat.

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, omnidirectionnelle, connectée à deux étages d'amplification et des stabilisateurs d'alimentation. L'ensemble est protégé par une coque en acier inoxydable et une membrane hydrophobe assurant la protection du microphone contre les intempéries. Les microphones sont connectés à leurs câbles blindés par des connecteurs IP68 en acier inoxydable. Ces microphones, développés spécifiquement pour des études sur les nacelles des éoliennes, présentent des performances optimales à la fois en termes de sensibilité et en termes de résistance aux intempéries et aux perturbations électromagnétiques.

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 intégrés aux boîtiers qui sont fixés à l'intérieur de la nacelle.



Figure 9 : Microphone installé pour les études en altitude (à gauche) et boîtier TrackBat avec microphones déportés, installé en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy (à droite).

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 17.

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 bechsteinii</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>Vespertilio 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 17 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores.

Les sons bruts sont analysés par un logiciel automatique avec un contrôle manuel des identifications ambiguës. Cette analyse permet d'identifier les espèces fréquentant le site en altitude. 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 notamment avec le support du logiciel Kaleidoscope Pro Bat Auto-ID (<https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope/automatic-bat-identification>), développé par Wildlife Acoustics.

Afin de mesurer quantitativement l'activité, l'unité utilisée est celle de la méthode dite de "la minute-positive", une minute positive correspondant à un cri minimum d'une espèce durant les 60 secondes de cette minute. Quel que soit le nombre de cri enregistrés durant cette minute cela correspondra à une minute-positive. Dans la suite de ce rapport le terme de « contact » sera utilisé, représentant ici une minute-positive et non une unité à part entière.

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 atténuées de manière différente par l'atmosphère (Figure 10 et Figure 11).

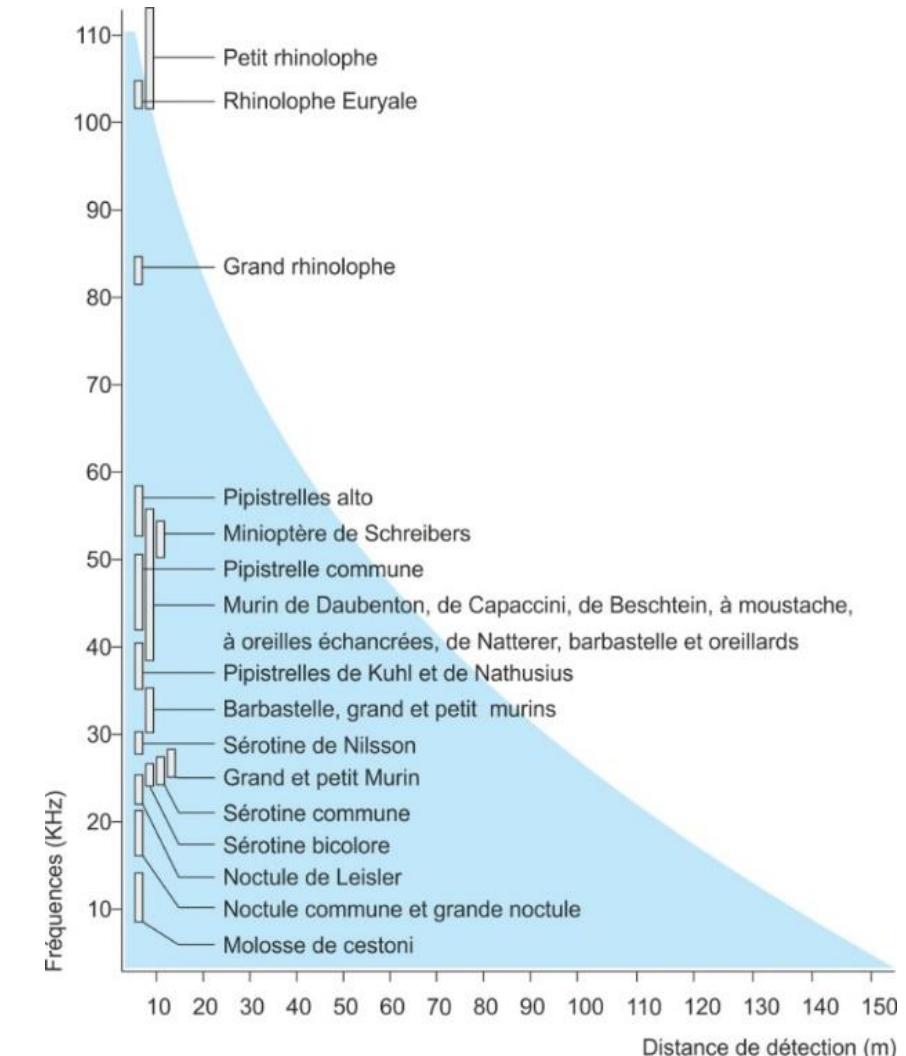


Figure 10 : Représentation des volumes de détection en fonction des groupes d'espèces

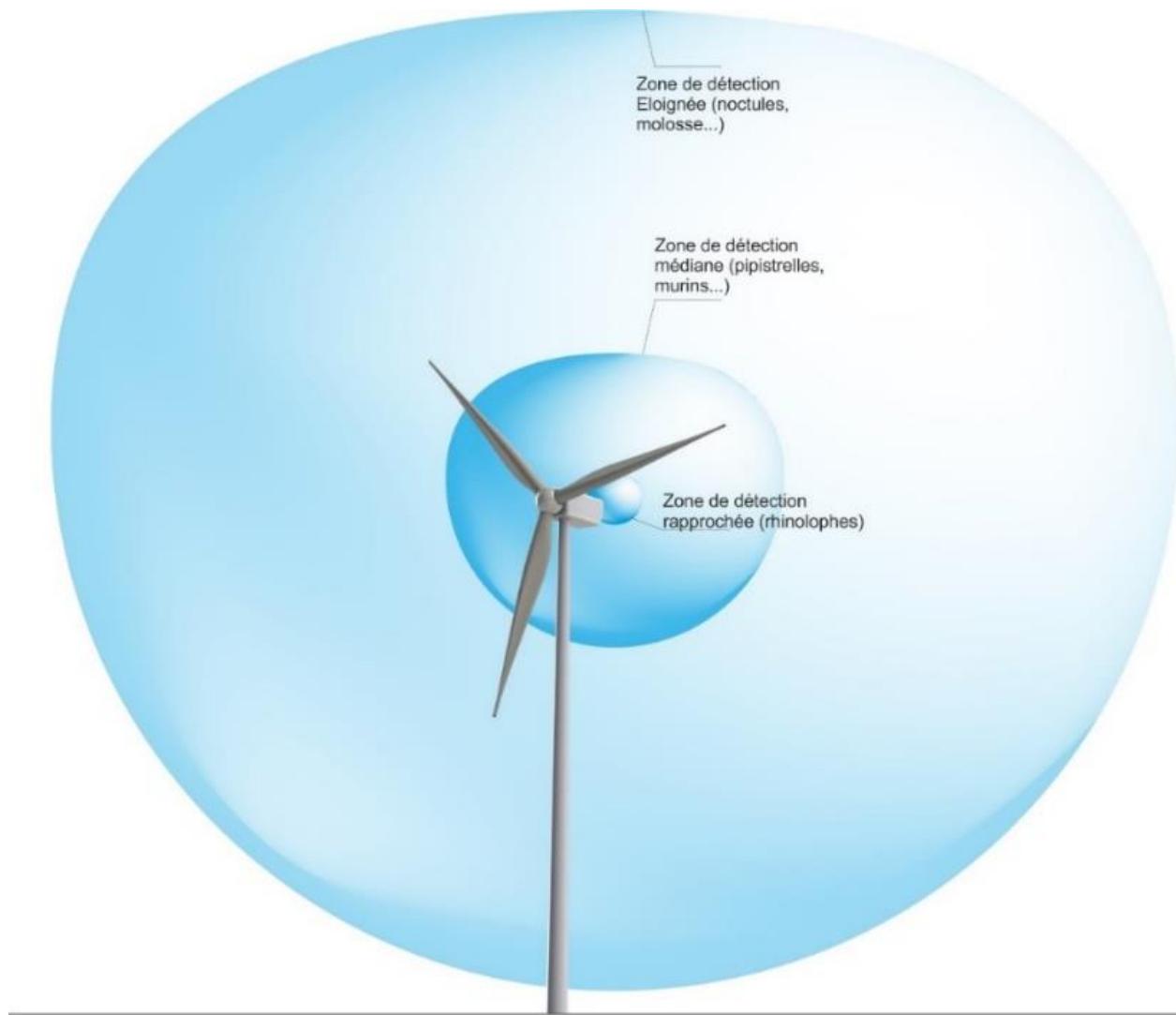


Figure 11 : Distance de détection des espèces de chauves-souris en fonction de leur fréquence d'émission

Pour prendre en compte ces variations, nous avons utilisé les facteurs de correction préconisés par Michel Barataud récapitulés dans le Tableau 18. 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 Plésidy, les coefficients appliqués sont ceux en milieu ouvert et semi-ouvert.

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

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

Tableau 18 : Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes, M. Barataud, 2020

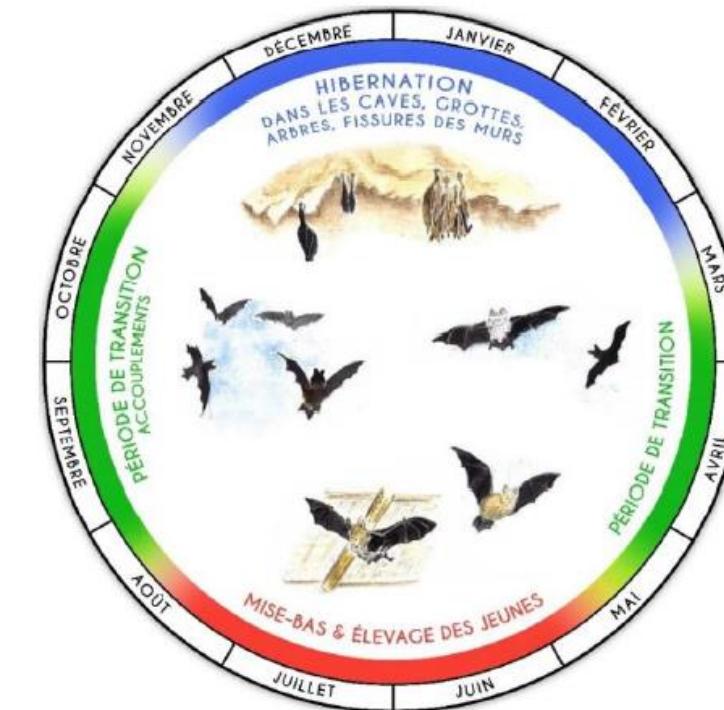


Figure 12 : Cycle biologique des chiroptères, LPO Touraine.

4.1.4 Problème technique survenu pendant l'étude

Le suivi acoustique des chiroptères effectué par Sens Of Life en 2023 a malheureusement subi une défaillance au cours de l'étude à l'origine d'un impact conséquent sur la disponibilité des données. Pour cause, le module de compression et d'archivage des fichiers sons sur le disque dur en local du TrackBat s'est avéré défaillant, rendant inexploitable les fichiers collectés sur une grande partie de l'étude. Cette anomalie n'a été détectée que tardivement car l'ensemble des scripts était bien fonctionnel sur la période, et l'augmentation du volume de données sur les disques au fur et à mesure de la saison était cohérente. La procédure de suivi du bon fonctionnement des systèmes n'a donc pu révéler ce défaut.

Sur le parc éolien de Plésidy, une action correctrice à distance a été effectuée sur le software défaillant le 17/08/2023 sur le TrackBat en nacelle de l'éolienne E4 et le 31/08/2023 sur le TrackBat en nacelle de l'éolienne E2. De plus, des opérations de récupération de données ont été effectuées afin de pouvoir analyser les données antérieures à ces dates de mise à jour.

Ceci implique une disponibilité des données acoustiques de seulement 28% sur la durée de l'étude.

4.2 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique en nacelle de l'éolienne E2

4.2.1 Activité brute et corrigée par espèce

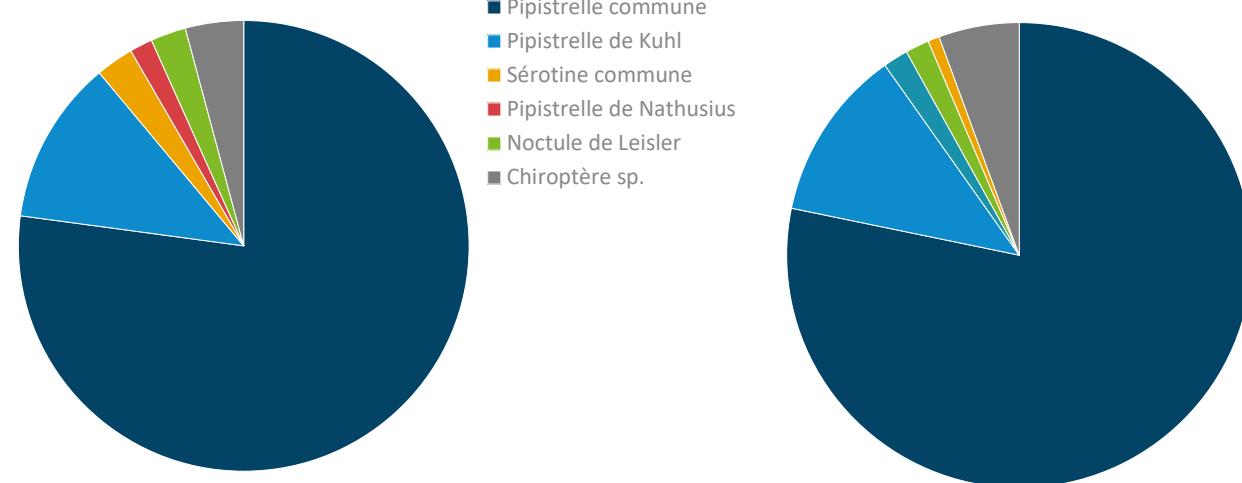
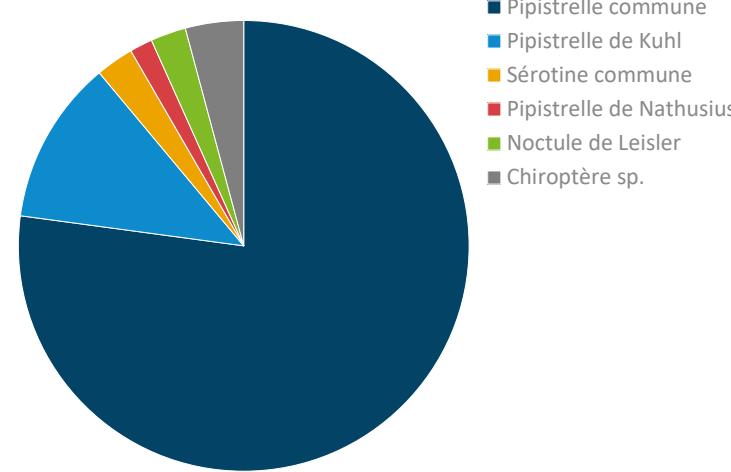
Les enregistrements des ultrasons sont disponibles du 08 juin au 10 octobre 2023. Ces suivis permettent de caractériser les espèces fréquentant les différents sites, et leurs activités. Le Tableau 19 synthétise le nombre de contacts bruts et corrigés pour chaque espèce contactée à hauteur de la nacelle de l'éolienne E2. Au total, 551 contacts de chiroptères ont été enregistrés sur le parc éolien de Plésidy. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 543,2 contacts sont comptabilisés.

Cinq espèces ont été contactées et déterminées avec précision (Graphique 8) :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 78,2% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 12,0% des contacts ;
- Le groupe des chiroptères indéterminés représente 5,6% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 1,7% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 1,7% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 0,8% des contacts.

		Contacts bruts		Contacts corrigés	
		Nombre	Proportion	Nombre	Proportion
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	425	77,1%	425,0	78,2%
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	65	11,8%	65,0	12,0%
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	15	2,7%	9,5	1,7%
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	9	1,6%	9,0	1,7%
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	14	2,5%	4,3	0,8%
Chiroptère indéterminé	<i>Chiroptera sp.</i>	23	4,2%	30,4	5,6%
Total toutes espèces confondues		551	-	543,2	-

Tableau 19 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, sur le parc éolien de Plésidy, en nacelle de l'éolienne E2 entre mai et octobre 2023.

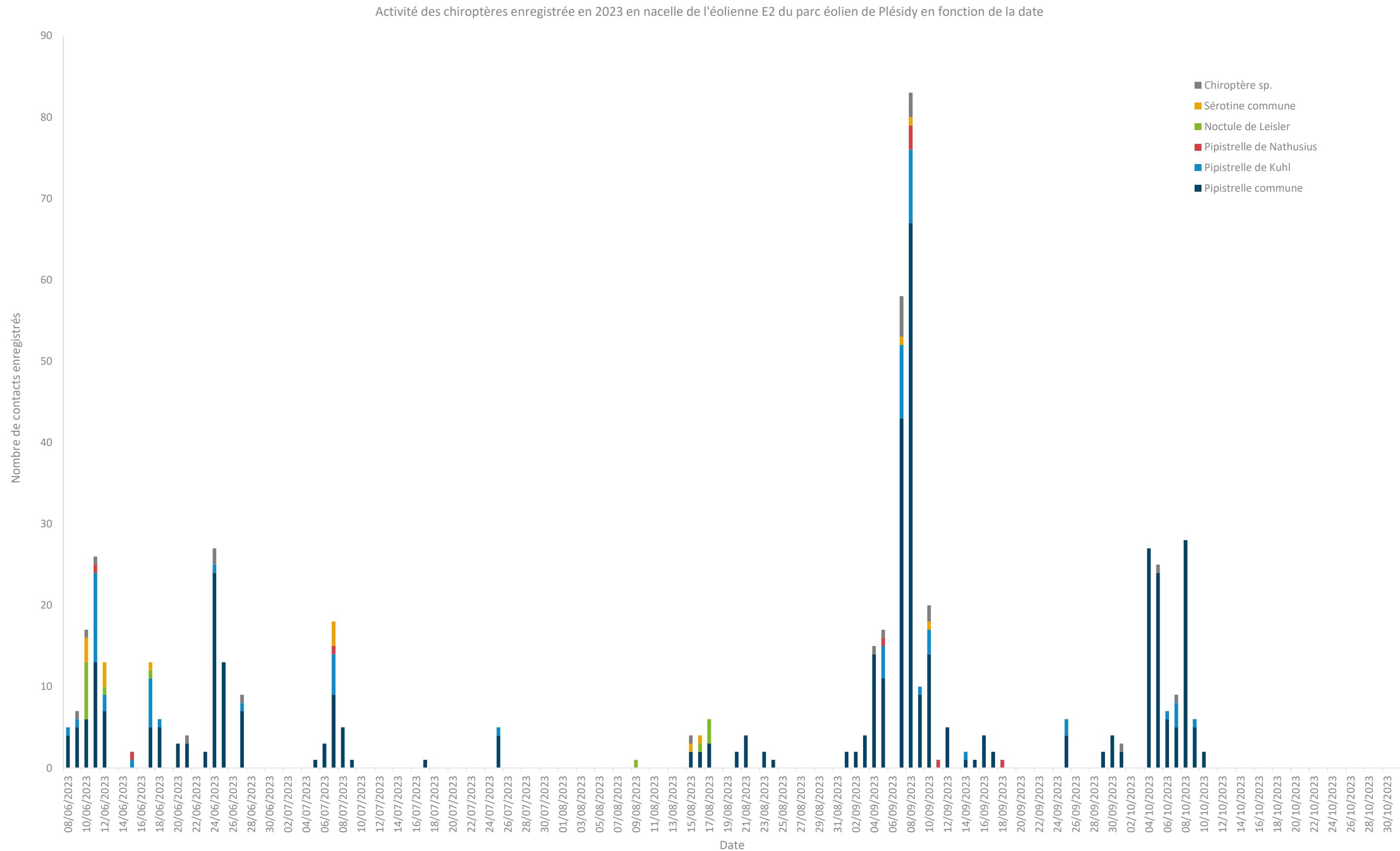


Graphique 8 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

4.2.2 Activité des chiroptères en fonction de la date

En nacelle de l'éolienne E2, la totalité des contacts a été enregistrée du 08 juin au 10 octobre 2023 (Graphique 9). Sur cette période, un pic d'activité a été enregistré le 08/09/2023 (avec n = 83 contacts, soit 15,1% de l'activité totale enregistrée) soit en période de migration automnale, et était composé de 67 contacts de Pipistrelle commune, 9 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 3 contacts de Pipistrelle de Nathusius, 1 contact de Sérotine commune et 3 contacts de chiroptères indéterminés.

La Pipistrelle commune est parmi les premières espèces à avoir été enregistrées (avec la Pipistrelle de Kuhl) et est la dernière espèce 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 12/06/2023 et le 10/10/2023.



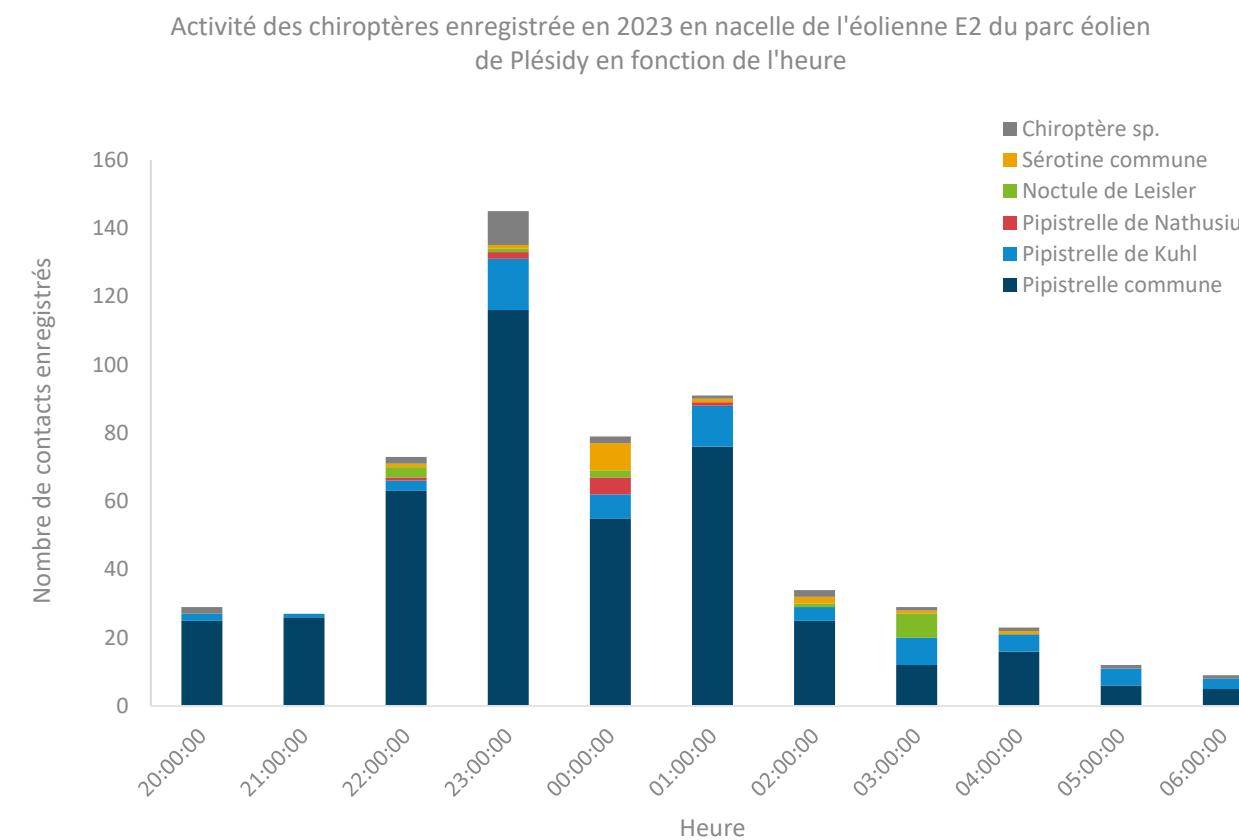
Graphique 9 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy en 2023.

4.2.3 Activité des chiroptères en fonction de l'heure

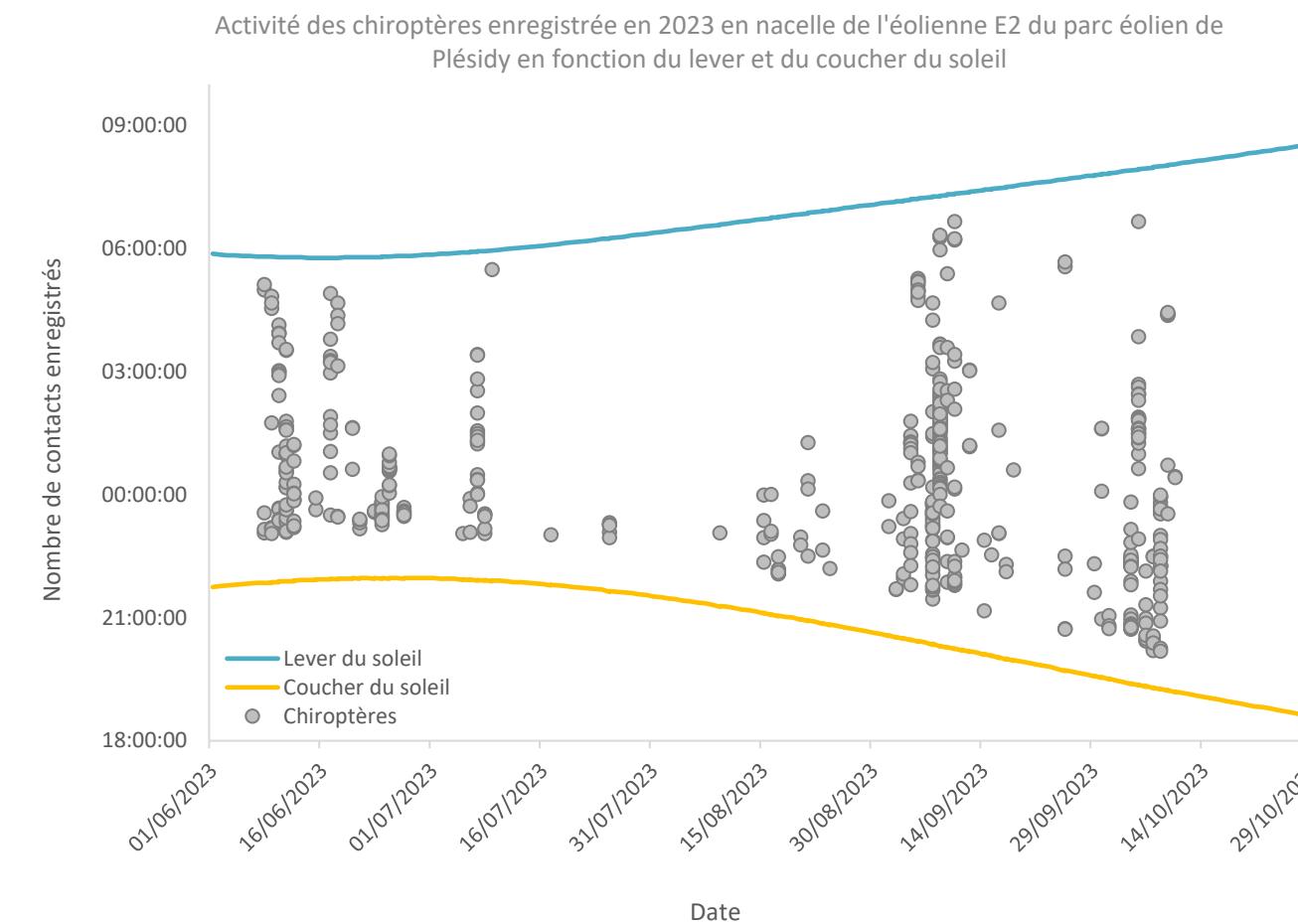
En nacelle de l'éolienne E2, l'ensemble de l'activité se déroule entre 20h00 et 07h00 (Graphique 10) avec un pic d'activité entre 23h00 et 00h00 (n = 145 contacts, soit 26,3% de l'activité totale enregistrée), composé de 116 contacts de Pipistrelle commune, 15 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 2 contacts de Pipistrelle de Nathusius, 1 contact de Noctule de Leisler, 1 contact de Sérotine commune et 10 contacts de chiroptères indéterminés.

La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont les espèces enregistrées le plus tôt, entre 20h00 et 21h00, et le plus tard, entre 06h00 et 07h00, montrant ainsi la plus grande amplitude d'activité en termes d'horaires.

La majeure partie de l'activité des chiroptères est concentrée entre le coucher et le lever du soleil (Graphique 11), dont plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2023 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 10 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy.



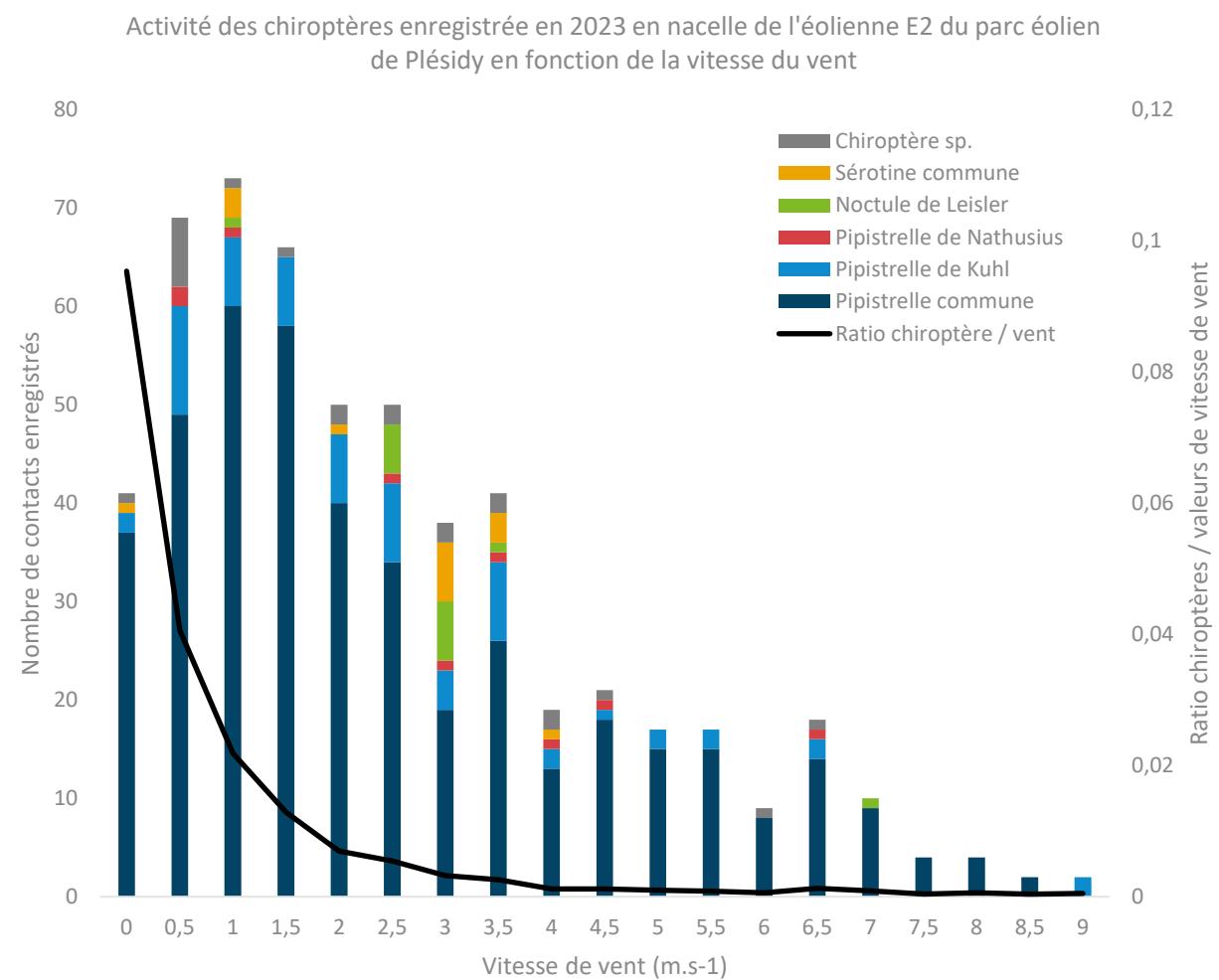
Graphique 11 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E2 du parc éolien de Plésidy.

4.2.4 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 9,0 m.s⁻¹ (Graphique 12). Elle augmente de manière régulière avec la vitesse de vent jusqu'à un pic d'activité pour des vents de 1,0 m.s⁻¹ (n = 73 contacts, soit 15,7% de l'activité totale enregistrée), composé de 60 contacts de Pipistrelle commune, 7 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 3 contacts de Sérotine commune, 1 contact de Pipistrelle de Nathusius, 1 contact de Noctule de Leisler et 1 contact de chiroptère indéterminé. 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 2023 se caractérisent par des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s⁻¹. La Pipistrelle de Kuhl 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 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 diminue avec le nombre de valeurs enregistrées pour chaque vitesse de vent.



Graphique 12 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent (m.s⁻¹), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

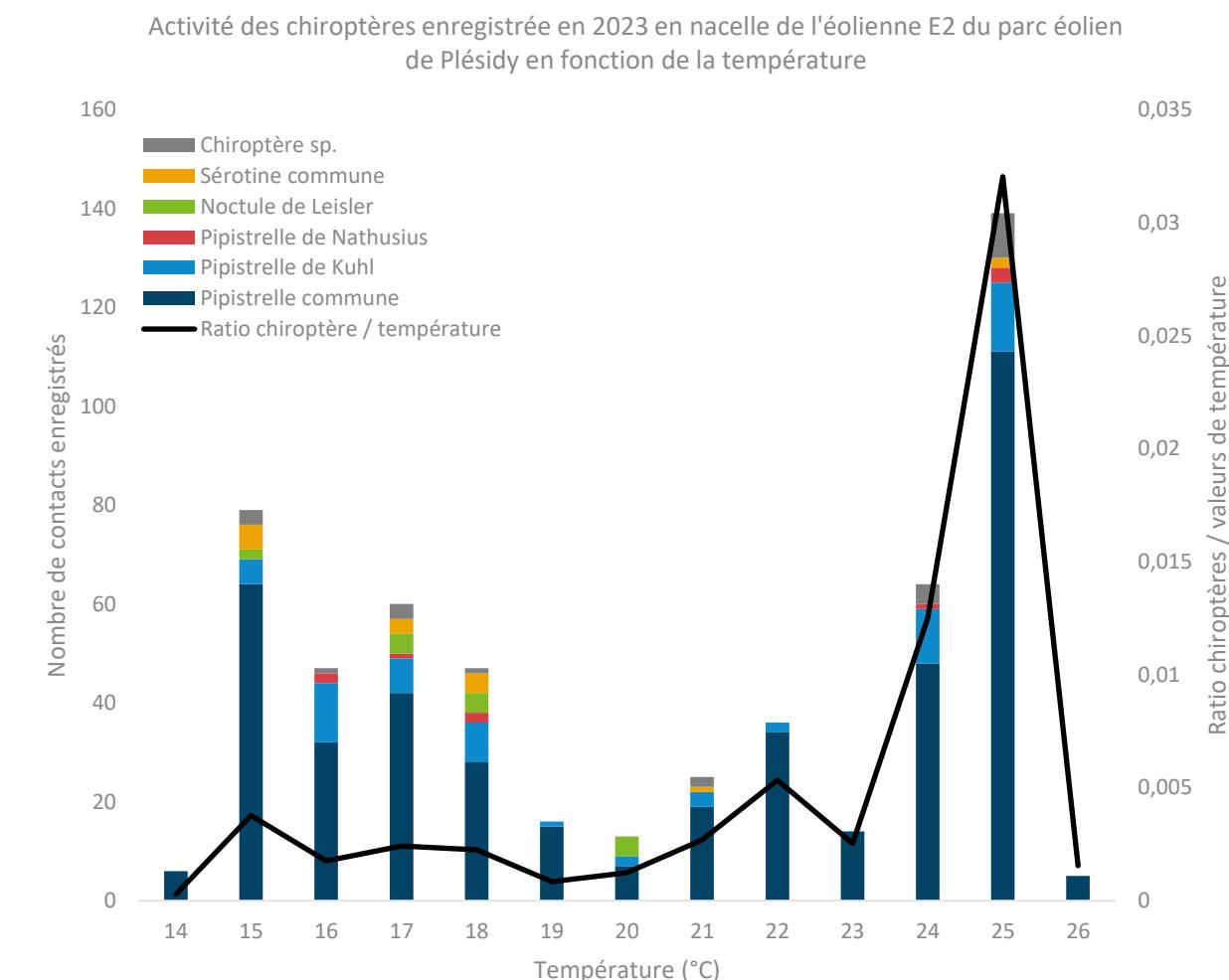
4.2.5 Activité des chiroptères en fonction de la température

L'activité des chiroptères est caractérisée par des températures comprises entre 14°C et 26°C (Graphique 13), alors que des valeurs de température plus extrêmes (de 6°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 25°C (n = 139 contacts, soit 25,2% de l'activité totale), composé de 111 contacts de Pipistrelle commune, 14 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 3 contacts de Pipistrelle de Nathusius, 2 contacts de Sérotine commune et 9 contacts de chiroptères indéterminés. Ensuite cette activité diminue drastiquement jusqu'à devenir nulle après 26°C.

Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2023 se caractérisent par des températures comprises entre 15°C et 25°C. La Pipistrelle commune est l'espèce qui a été enregistrée pour la température la plus fraîche.

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 que le nombre de contacts de chiroptères suit globalement le nombre de valeurs enregistrées pour chaque température.



Graphique 13 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C), en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

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

Le Tableau 20 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 53 contacts pour une température de 25°C combinée à une vitesse de vent de 0,5 m.s⁻¹ (Tableau 20). **Plus de 90% de l'activité chiroptérologique enregistrée en 2023 se caractérise par une vitesse de vent inférieure ou égale à 5,5 m.s⁻¹ combinée à une température supérieure ou égale à 14°C (encadré rouge).**

Vitesse de vent (m.s ⁻¹)	Température (°C)														Total
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	27	27
0,5	0	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	53	0	60	
1	0	9	2	0	4	0	1	4	2	1	0	35	0	58	
1,5	2	24	0	4	0	0	3	0	18	3	15	10	0	79	
2	0	12	3	20	6	7	0	0	5	1	2	0	0	56	
2,5	0	4	9	4	8	1	3	0	1	0	27	0	0	57	
3	0	8	11	10	5	2	0	0	1	0	2	0	0	39	
3,5	1	10	3	6	5	0	0	0	1	0	4	4	0	34	
4	0	3	2	5	7	1	0	1	1	0	12	0	0	32	
4,5	0	1	3	1	6	0	0	2	1	0	2	0	0	16	
5	3	2	4	5	3	1	0	0	1	3	0	0	0	22	
5,5	0	1	3	2	1	1	3	0	0	4	0	1	0	16	
6	0	0	0	3	0	1	1	0	0	2	0	1	1	9	
6,5	0	0	2	0	0	0	0	9	0	0	0	3	2	16	
7	0	0	1	0	2	0	1	6	0	0	0	4	1	15	
7,5	0	0	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	6	
8	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	
8,5	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	
Total	6	79	47	60	47	16	13	25	36	14	64	139	5	551	

Tableau 20 : 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 Plésidy, entre mai et octobre 2023.

⇒ Synthèse du suivi d'activité des chiroptères par TrackBat en nacelle de l'éolienne E2 sur le parc éolien de Plésidy

Un total de 544 contacts corrigés de chiroptères a été comptabilisé en nacelle de l'éolienne E2, parmi lesquels au moins cinq espèces ont été identifiées avec précision :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 78,2% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 12,0% des contacts ;
- Le groupe des chiroptères indéterminés représente 5,6% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 1,7% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 1,7% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 0,8% des contacts.

L'ensemble des contacts a été enregistré du 08 juin au 10 octobre 2023. Plus de 90% des contacts sont concentrés entre le 12 juin et le 10 octobre 2023, avec un pic d'activité enregistré le 08 septembre en période de migration automnale.

L'ensemble de l'activité se déroule entre 20h00 et 07h00, avec un pic d'activité entre 23h00 et 00h00. Plus de 90% des contacts de chiroptères sont concentrés entre le coucher du soleil et le lever du soleil (précisément entre 20h00 et 04h00), 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, dont 90% de cette activité pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s⁻¹. Un pic d'activité a été enregistré pour une vitesse de vent de 1,0 m.s⁻¹.

La totalité de l'activité est enregistrée pour des températures comprises entre 14°C et 26°C, dont 90% de cette activité pour des températures entre 15°C et 25°C inclus. Un pic d'activité a été enregistré pour une température de 25°C.

4.3 Résultats des suivis d'activité chiroptérologique en nacelle de l'éolienne E4

4.3.1 Activité brute et corrigée par espèce

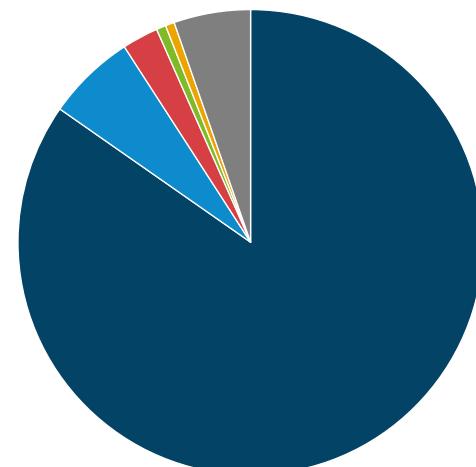
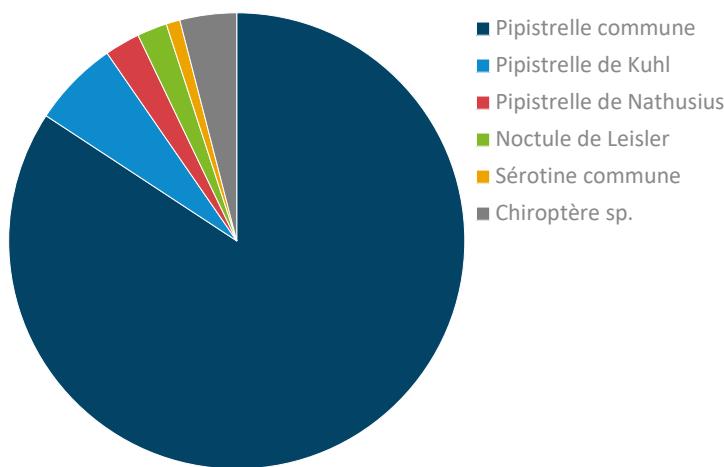
Les enregistrements des ultrasons sont disponibles du 07 mai au 10 octobre 2023. Ces suivis permettent de caractériser les espèces fréquentant les différents sites, et leurs activités. Le Tableau 21 synthétise le nombre de contacts bruts et corrigés pour chaque espèce contactée à hauteur de la nacelle de l'éolienne E4. Au total, 1 320 contacts de chiroptères ont été enregistrés sur le parc éolien de Plésidy. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 1 312,8 contacts sont comptabilisés.

Cinq espèces ont été contactées et déterminées avec précision (Graphique 14) :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 84,7% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 6,2% des contacts ;
- Le groupe des chiroptères indéterminés représente 5,3% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 2,5% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 0,7% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 0,6% des contacts.

		Contacts bruts		Contacts corrigés	
		Nombre	Proportion	Nombre	Proportion
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	1 112	84,2%	1 112,0	84,7%
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	81	6,1%	81,0	6,2%
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	33	2,5%	33,0	2,5%
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	28	2,1%	8,7	0,7%
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	13	1,0%	8,2	0,6%
Chiroptère indéterminé	<i>Chiroptera sp.</i>	53	4,0%	70,0	5,3%
Total toutes espèces confondues		1 320	-	1 312,8	-

Tableau 21 : Nombre de contacts bruts et corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, sur le parc éolien de Plésidy, en nacelle de l'éolienne E4 entre mai et octobre 2023.

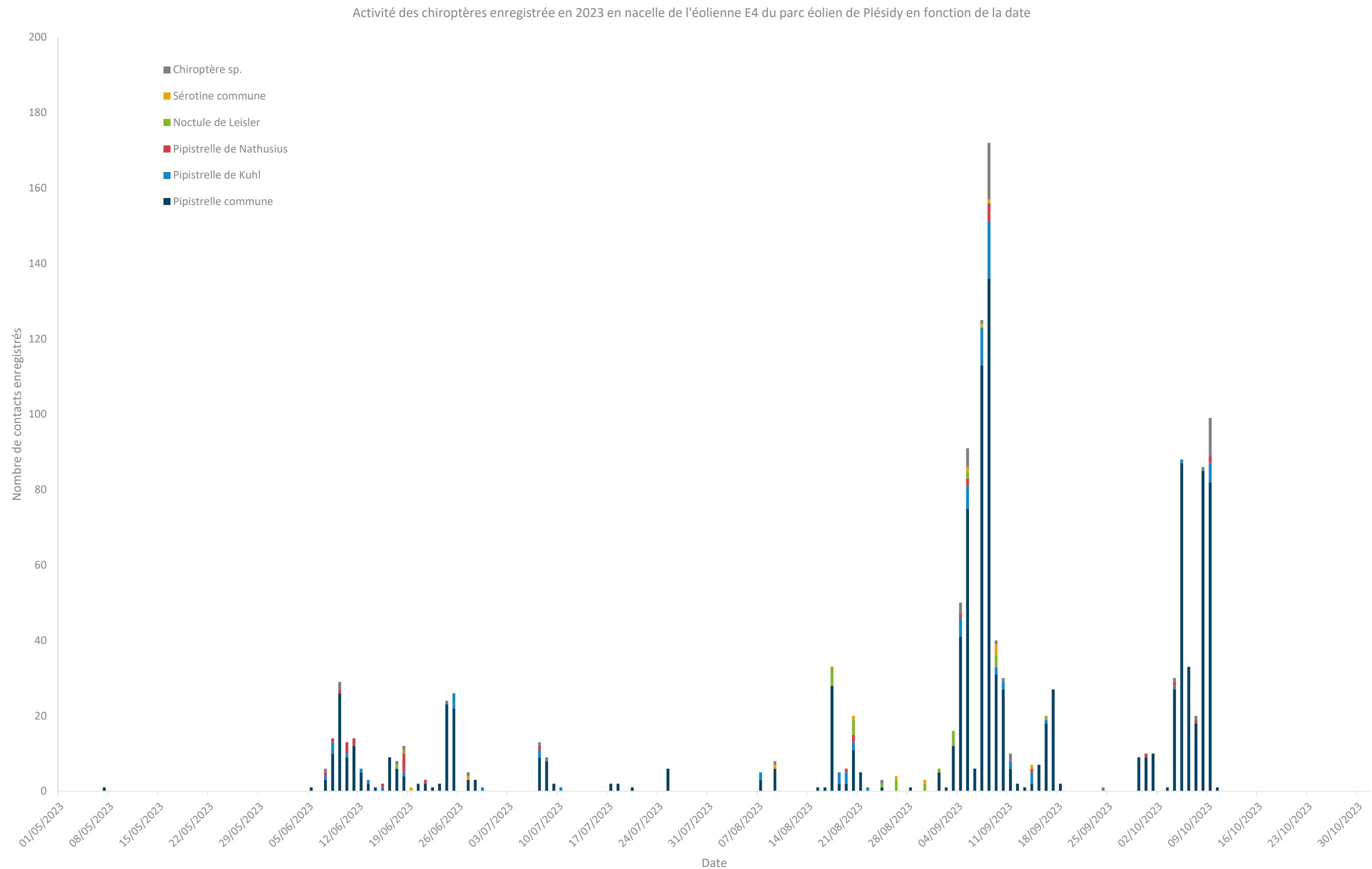


Graphique 14 : Proportion brute (à gauche) et corrigée (à droite) des espèces de chiroptères contactées en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

4.3.2 Activité des chiroptères en fonction de la date

En nacelle de l'éolienne E4, la totalité des contacts a été enregistrée du 08 juin au 10 octobre 2023 (Graphique 15). Sur cette période, un pic d'activité a été enregistré le 08/09/2023 (avec n = 172 contacts, soit 13,0% de l'activité totale enregistrée) soit en période de migration automnale, et était composé de 136 contacts de Pipistrelle commune, 15 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 5 contacts de Pipistrelle de Nathusius, 1 contact de Sérotine commune et 15 contacts de chiroptères indéterminés.

La Pipistrelle commune est la première espèce à avoir été enregistrée et est la dernière espèce 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 24/06/2023 et le 09/10/2023.



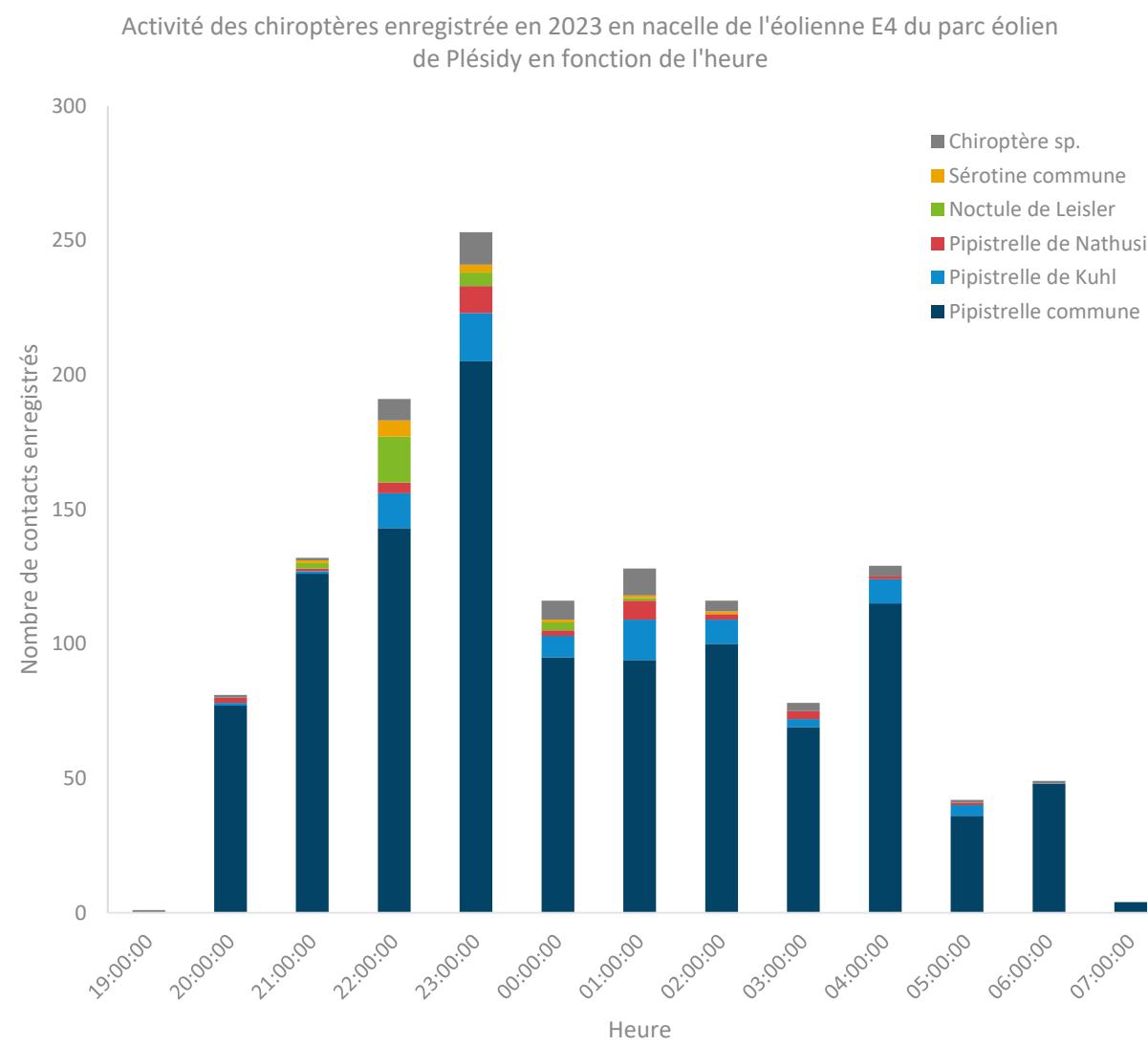
Graphique 15 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy en 2023.

4.3.3 Activité des chiroptères en fonction de l'heure

En nacelle de l'éolienne E4, l'ensemble de l'activité se déroule entre 19h00 et 08h00 (Graphique 16) avec un pic d'activité entre 23h00 et 00h00 (n = 253 contacts, soit 19,2% de l'activité totale enregistrée), composé de 205 contacts de Pipistrelle commune, 18 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 10 contacts de Pipistrelle de Natusius, 5 contacts de Noctule de Leisler, 3 contacts de Sérotine commune et 12 contacts de chiroptères indéterminés.

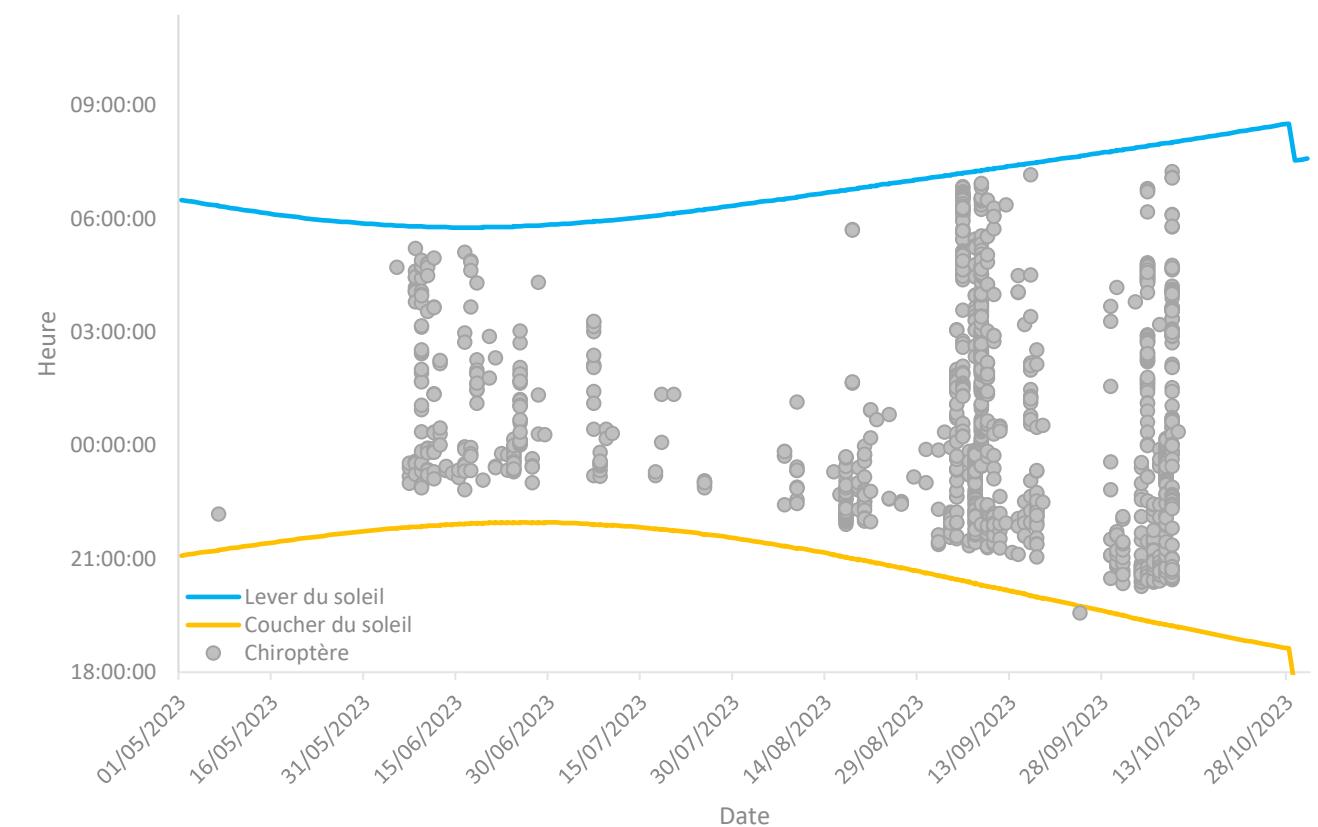
La Pipistrelle commune fait partie des espèces enregistrées le plus tôt (avec la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Natusius), entre 20h00 et 21h00, et est l'espèce identifiée enregistrée le plus tard, entre 07h00 et 08h00, montrant ainsi la plus grande amplitude d'activité en termes d'horaires.

La majeure partie de l'activité des chiroptères est concentrée entre le coucher et le lever du soleil (Graphique 17), dont plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2023 se situant entre 20h00 et 05h00, ce qui illustre donc que l'activité est bien continue tout au long de la nuit sur le parc éolien.



Graphique 16 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy.

Activité des chiroptères enregistrée en 2023 en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy en fonction du lever et du coucher du soleil



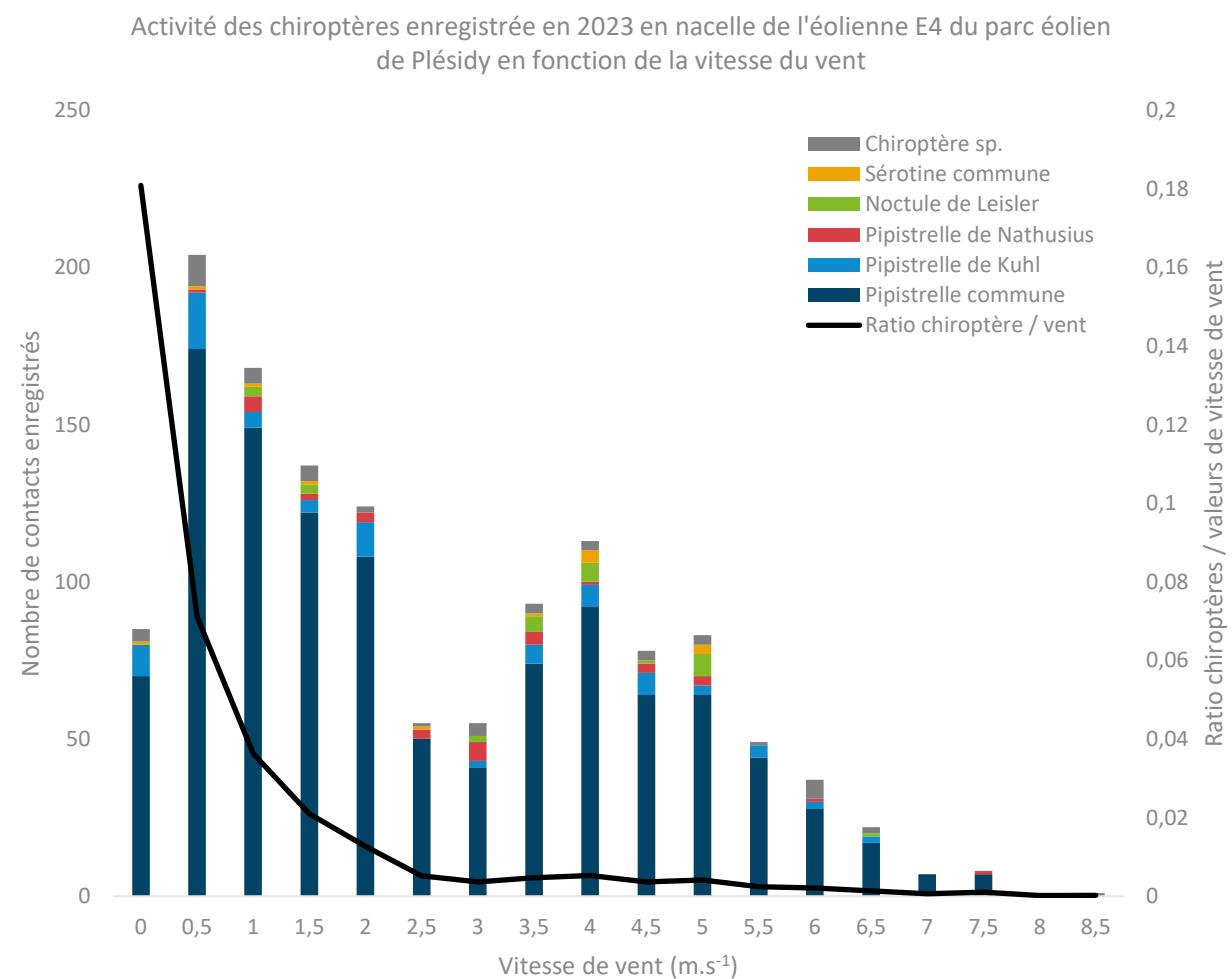
Graphique 17 : Activité des chiroptères en fonction du lever et du coucher du soleil, enregistrée entre mai et octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien de Plésidy.

4.3.4 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 $8,5 \text{ m.s}^{-1}$ (Graphique 18). Elle augmente avec la vitesse de vent jusqu'à un pic d'activité pour des vents de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ ($n = 204$ contacts, soit 15,5% de l'activité totale enregistrée), composé de 174 contacts de Pipistrelle commune, 18 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 1 contact de Pipistrelle de Nathusius, 1 contact de Sérotine commune, 10 contacts de chiroptères indéterminés. Ensuite, cette activité diminue irrégulièrement jusqu'à devenir nulle après $8,5 \text{ m.s}^{-1}$, alors que des valeurs de vitesses de vent jusqu'à $17,0 \text{ m.s}^{-1}$ ont bien été enregistrées sur le parc.

Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2023 se caractérisent par des vitesses de vent inférieures ou égales à $5,0 \text{ m.s}^{-1}$. La Pipistrelle commune est l'espèce identifiée 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 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 diminue avec le nombre de valeurs enregistrées pour chaque vitesse de vent.



Graphique 18 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent (m.s^{-1}), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

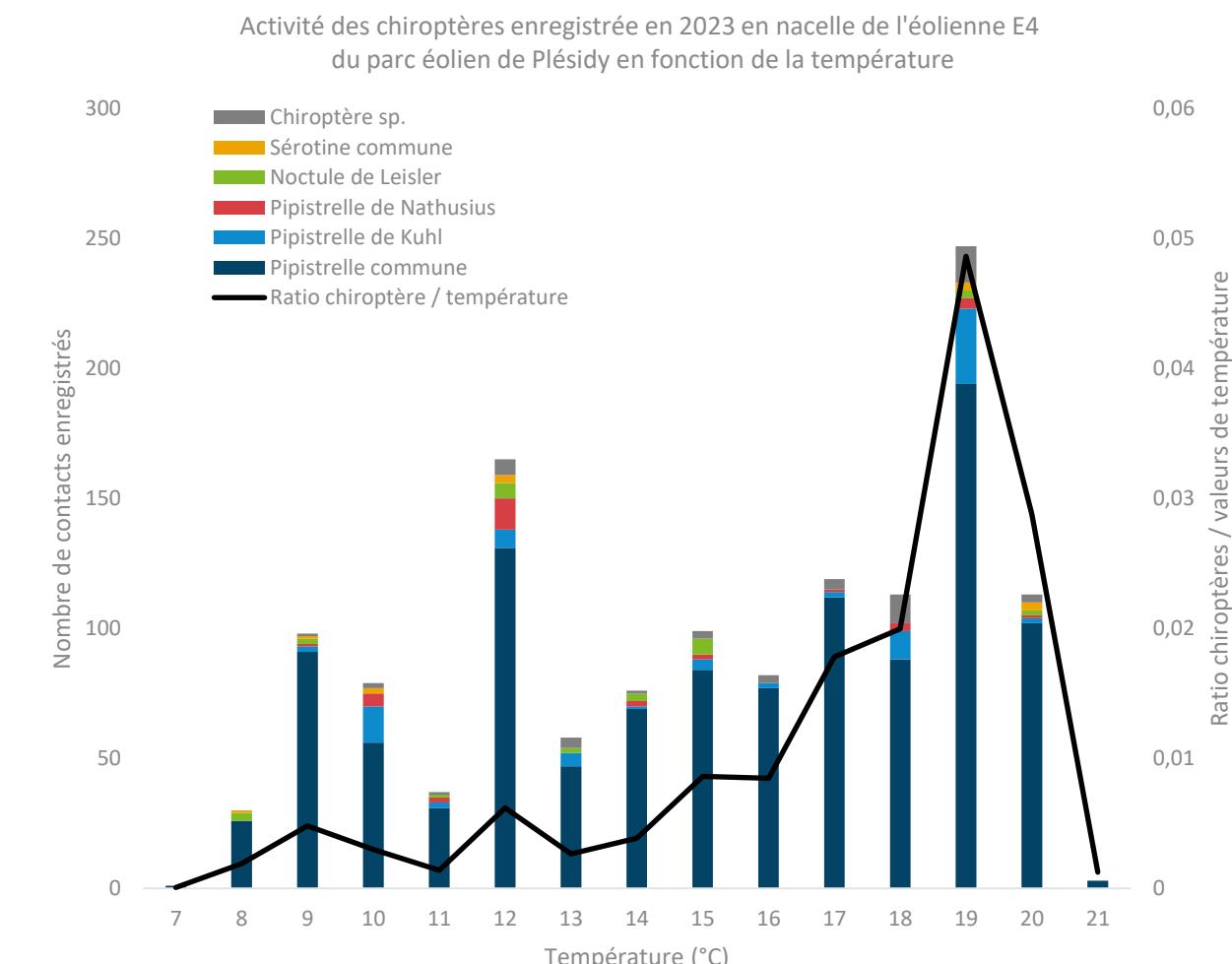
4.3.5 Activité des chiroptères en fonction de la température

L'activité des chiroptères est caractérisée par des températures comprises entre 12°C et 26°C (Graphique 19), alors que des valeurs de température plus extrêmes (de 7°C à 31°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 24°C ($n = 247$ contacts, soit 18,7% de l'activité totale), composé de 194 contacts de Pipistrelle commune, 29 contacts de Pipistrelle de Kuhl, 4 contacts de Pipistrelle de Nathusius, 3 contacts de Noctule de Leisler, 3 contacts de Sérotine commune et 14 contacts de chiroptères indéterminés. Ensuite, cette activité diminue drastiquement jusqu'à devenir nulle après 26°C .

Plus de 90% des contacts de chiroptères enregistrés en 2023 se caractérisent par des températures comprises entre 15°C et 26°C . La Pipistrelle commune est l'espèce qui a été enregistrée pour la température la plus fraîche.

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 que le nombre de contacts de chiroptères suit globalement le nombre de valeurs enregistrées pour chaque température.



Graphique 19 : Activité des chiroptères en fonction de la température ($^\circ\text{C}$), en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

4.3.6 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 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 un pic d'activité de 130 contacts pour une température de 24°C combinée à une vitesse de vent de 0,5 m.s⁻¹ (Tableau 22). **Plus de 90% de l'activité chiroptérologique enregistrée en 2023 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).**

Vitesse de vent (m.s ⁻¹)	Température (°C)															Total
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
0,0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	4
0,5	0	0	0	0	0	3	6	0	24	18	10	0	130	32	0	223
1,0	0	0	13	1	1	10	2	10	5	33	17	19	30	25	0	166
1,5	0	0	18	4	3	4	11	14	2	9	35	22	11	18	0	151
2,0	0	3	16	15	3	8	7	21	2	1	13	25	10	0	0	124
2,5	0	0	13	13	6	11	1	2	1	2	6	16	23	0	0	94
3,0	0	0	6	7	3	14	2	2	0	0	3	2	3	1	0	43
3,5	1	10	6	11	4	29	3	5	0	4	4	2	4	2	0	85
4,0	0	10	15	8	1	19	3	7	3	1	12	2	7	21	0	109
4,5	0	1	5	11	8	30	3	4	5	0	4	2	5	0	0	78
5,0	0	4	3	2	3	13	2	1	21	0	11	4	10	7	0	81
5,5	0	0	2	5	1	1	10	2	19	1	1	6	5	5	0	58
6,0	0	0	0	0	2	15	2	4	9	0	1	9	2	0	0	44
6,5	0	1	0	2	1	5	3	3	3	11	1	4	1	2	0	37
7,0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	1	0	4	0	0	9
7,5	0	1	0	0	0	3	2	0	2	0	0	0	0	0	1	9
8,0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	4
8,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total	1	30	98	79	37	165	58	76	99	82	119	113	247	113	3	1 320

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 E4 sur le parc éolien de Plésidy, entre mai et octobre 2023.

⇒ Synthèse du suivi d'activité des chiroptères par TrackBat en nacelle de l'éolienne E4 sur le parc éolien de Plésidy

Un total de 1 313 contacts corrigés de chiroptères a été comptabilisé en nacelle de l'éolienne E4, parmi lesquels au moins cinq espèces ont été identifiées avec précision :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 84,7% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 6,2% des contacts ;
- Le groupe des chiroptères indéterminés représente 5,3% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 2,5% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 0,6% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 0,7% des contacts.

L'ensemble des contacts a été enregistré du 07 mai au 10 octobre 2023. Plus de 90% des contacts sont concentrés entre le 24 juin et le 09 octobre 2023, avec un pic d'activité enregistré le 08 septembre en période de migration automnale.

L'ensemble de l'activité se déroule entre 19h00 et 08h00, avec un pic d'activité entre 23h00 et 00h00. Plus de 90% des contacts de chiroptères sont concentrés entre le coucher du soleil et le lever du soleil (précisément entre 20h00 et 05h00), 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 8,5 m.s⁻¹, dont 90% de cette activité pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,0 m.s⁻¹. Un pic d'activité a été enregistré pour une vitesse de vent de 0,5 m.s⁻¹.

La totalité de l'activité est enregistrée pour des températures comprises entre 12°C et 26°C, dont 90% de cette activité pour des températures entre 15°C et 26°C inclus. Un pic d'activité a été enregistré pour une température de 24°C.

4.4 Patrimonialité des espèces de chiroptères

Le Tableau 23 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	EURO BATS	LR Europe	LR France	LR Région	Note de risque
Pipistrelle de Nathusius	IV	II	II	I	LC	NT	NT	3,5
Pipistrelle commune	IV	III	II	I	LC	NT	LC	3,5
Noctule de Leisler	IV	II	II	I	LC	NT	NT	3,5
Sérotine commune	IV	II	II	I	LC	NT	LC	3
Pipistrelle de Kuhl	IV	II	II	I	LC	LC	LC	2,5

Tableau 23 : Synthèse des valeurs patrimoniales (statuts de protection et de conservation) de chaque espèce de chiroptère recensée sur le parc éolien de Plésidy en nacelle de l'éolienne E2 entre mai et octobre 2023.

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) / Régionale (2007), validée par le CSRPN mais pas l'IUCN, Champagne-Ardenne).

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

Selon la méthodologie de calcul de la note de risque, présentée dans le paragraphe 3.6.3, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle commune et la Noctule de Leisler sont les espèces les plus vulnérables face au risque de collision avec les pales des éoliennes (note de 3,5/4,5). La Sérotine commune présente une vulnérabilité moins élevée (3/4,5), et celle de la Pipistrelle de Kuhl est la plus faible (2,5/4,5).

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de chaque espèce de chiroptères sont les suivantes :

Pipistrelle commune – E2		
Pic d'activité	Plage d'activité	
Nombre de contacts bruts	N = 425	
Nombre de contacts corrigés	N = 425	
Proportion par rapport aux contacts totaux	78,2%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 67, le 08/09	Du 08/06 au 10/10/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 116 entre 23h00 et 00h00	Entre 20h00 et 07h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 22 pour 25°C	14°C à 26°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 60 pour 1,0 m.s ⁻¹	0,0 à 8,5 m.s ⁻¹

Tableau 24 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.

Pipistrelle commune – E4		
Pic d'activité	Plage d'activité	
Nombre de contacts bruts	N = 1 112	
Nombre de contacts corrigés	N = 1 112	
Proportion par rapport aux contacts totaux	84,7%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 136, le 08/09	Du 07/05 au 10/10/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 205 entre 23h00 et 00h00	Entre 20h00 et 08h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 194 pour 24°C	13°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 174 pour 0,5 m.s ⁻¹	0,0 à 8,0 m.s ⁻¹

Tableau 25 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.

Pipistrelle de Nathusius – E2		
Pic d'activité	Plage d'activité	
Nombre de contacts bruts	N = 9	
Nombre de contacts corrigés	N = 9	
Proportion par rapport aux contacts totaux	1,7%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 3, le 08/09	Du 11/06 au 18/09/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 5 entre 00h00 et 01h00	Entre 22h00 et 02h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 3 pour 25°C	16°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 2 pour 0,5 m.s ⁻¹	0,5 à 6,5 m.s ⁻¹

Tableau 26 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.

Pipistrelle de Nathusius – E4		
Pic d'activité	Plage d'activité	
Nombre de contacts bruts	N = 33	
Nombre de contacts corrigés	N = 33	
Proportion par rapport aux contacts totaux	2,5%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 5, le 18/06 et le 08/09	Du 07/06 au 09/10/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 10 entre 23h00 et 00h00	Entre 20h00 et 06h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 12 pour 17°C	14°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 6 pour 3,0 m.s ⁻¹	0,5 à 7,5 m.s ⁻¹

Tableau 27 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.

Pipistrelle de Kuhl – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 65	
Nombre de contacts corrigés	N = 65	
Proportion par rapport aux contacts totaux	12%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 11, le 11/06	Du 08/06 au 09/10/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 15 entre 23h00 et 00h00	Entre 20h00 et 07h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 14 pour 25°C	15°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 11 pour 0,5 m.s ⁻¹	0,0 à 9,0 m.s ⁻¹

Tableau 28 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.

Sérotine commune – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 15	
Nombre de contacts corrigés	N = 9,5	
Proportion par rapport aux contacts totaux	1,7%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 3, le 10/06, le 12/06 et le 07/07	Du 10/06 au 10/09/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 8 entre 00h00 et 01h00	Entre 22h00 et 05h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 5 pour 15°C	15°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 6 pour 3,0 m.s ⁻¹	0,0 à 4,0 m.s ⁻¹

Tableau 32 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.

Pipistrelle de Kuhl – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 81	
Nombre de contacts corrigés	N = 81	
Proportion par rapport aux contacts totaux	6,2%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 15, le 08/09	Du 07/06 au 09/10/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 18 entre 23h00 et 00h00	Entre 20h00 et 06h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 29 pour 24°C	14°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 18 pour 0,5 m.s ⁻¹	0,0 à 6,5 m.s ⁻¹

Tableau 29 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.

Sérotine commune – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 13	
Nombre de contacts corrigés	N = 8,19	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,6%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 3, le 09/09	Du 19/06 au 14/09/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 6 entre 22h00 et 23h00	Entre 21h00 et 03h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 3 pour 17°C, 24°C et 25°C	13°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 4 pour 4,0 m.s ⁻¹	0,0 à 5,0 m.s ⁻¹

Tableau 33 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.

Noctule de Leisler – E2		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 14	
Nombre de contacts corrigés	N = 2,54	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,8%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 7, le 10/06	Du 10/06 au 17/08/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 7 entre 03h00 et 04h00	Entre 22h00 et 04h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 4 pour 17°C, 18°C et 20°C	14°C et 20°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 6 pour 3,0 m.s ⁻¹	1,0 à 9,0 m.s ⁻¹

Tableau 30 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E2 de Plésidy en 2023.

Noctule de Leisler – E4		
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 28	
Nombre de contacts corrigés	N = 8,68	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,7%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 5, le 17/08	Du 17/06 au 16/09/23
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 17 entre 22h00 et 23h00	Entre 21h00 et 02h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 6 pour 17°C et 20°C	13°C et 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 7 pour 5,0 m.s ⁻¹	1,0 à 6,5 m.s ⁻¹

Tableau 31 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E4 de Plésidy en 2023.

4.5 Caractérisation du niveau d'activité par rapport au référentiel Sens Of Life

Rappelons ici que l'activité des chiroptères sur le parc éolien de Plésidy a pu être analysée du 1^{er} mai au 31 octobre 2023 et correspond donc à :

- 14 nuits d'enregistrement lors de la migration printanière (du 1^{er} mai au 15 mai),
- 92 nuits d'enregistrement lors de la parturition (du 16 mai au 15 août),
- 76 nuits d'enregistrement lors de la migration automnale (du 16 août au 31 octobre).

Le Tableau 34, le Tableau 35 et le Tableau 36 précisent le détail de l'activité brute puis corrigée de chaque espèce de chiroptères par nuit, en prenant en compte toutes les nuits, respectivement lors des périodes de migration printanière, parturition et migration automnale.

Migration printanière	Contacts bruts		Contacts corrigés		Moyenne toutes nuits	
	E2	E4	E2	E4	E2	E4
Pipistrelle commune	-	1	-	1	-	0,071429

Tableau 34 : Activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le parc de Plésidy en 2023.

Parturition	Contacts bruts		Contacts corrigés		Moyenne toutes nuits	
	E2	E4	E2	E4	E2	E4
Pipistrelle commune	123	186	123	186	1,336957	2,021739
Pipistrelle de Kuhl	31	19	31	19	0,336957	0,206522
Pipistrelle de Nathusius	3	16	3	16	0,032609	0,173913
Sérotine commune	11	3	6,93	1,89	0,119565	0,032609
Noctule de Leisler	10	2	3,1	0,62	0,108696	0,021739

Tableau 35 : Activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc de Plésidy en 2023.

Migration automnale	Contacts bruts		Contacts corrigés		Moyenne toutes nuits	
	E2	E4	E2	E4	E2	E4
Pipistrelle commune	302	925	302	925	3,973684	12,17105
Pipistrelle de Kuhl	34	62	34	62	0,447368	0,815789
Pipistrelle de Nathusius	6	17	6	17	0,078947	0,223684
Sérotine commune	4	10	2,52	6,3	0,052632	0,131579
Noctule de Leisler	4	26	1,24	2,4	0,052632	0,342105

Tableau 36 : Activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le parc de Plésidy en 2023.

Un référentiel d'activité des chiroptères en altitude a été établi par R. Castel, de Sens Of Life, à partir d'une importante base de données provenant de mesures réalisées en nacelle de 89 éoliennes en France et en Belgique (plus de 100 saisons d'enregistrement, pour chaque période du cycle biologique, utilisées pour simuler aléatoirement 10 000 saisons d'enregistrement pour chaque période suivant la méthode du bootstrapping).

Tout comme le référentiel d'activité au sol de Vigie-chiro (<https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/vigie-chiro?lang=fr>), le niveau d'activité peut alors être caractérisé selon une échelle définie comme suit :

- Si l'activité enregistrée est inférieure à Q2, alors elle est définie comme « très faible » ;
- Si l'activité enregistrée est comprise entre Q2 et Q25, alors elle est définie comme « faible » ;
- Si l'activité enregistrée est comprise entre Q25 et Q75, alors elle est définie comme « moyenne » ;
- Si l'activité enregistrée est comprise entre Q75 et Q98, alors elle est définie comme « forte » ;
- Si l'activité enregistrée est supérieure à Q98, alors elle est définie comme « très forte ».

- Si l'activité enregistrée est supérieure à Q98, alors elle est définie comme « très forte ».

Q2, Q25, Q75, Q98 sont les quartiles, c'est-à-dire les valeurs-seuils de niveau d'activité en-dessous desquelles respectivement 2%, 25%, 75% et 98% de l'activité des chiroptères a été enregistrée.

Ainsi, le référentiel Sens Of Life définit des valeurs seuils pour les espèces contactées sur le parc éolien de Plésidy (détaillées en annexe 7.2) qui nous permettent de caractériser le niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères (Tableau 37).

Espèce	Migration printanière		Parturition		Migration automnale	
	E2	E4	E2	E4	E2	E4
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	-	Faible	Moyenne	Très forte	Très forte
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	-	-	Très forte	Faible	Moyenne
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	-	-	Faible	Très faible	Moyenne
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	-	-	Très faible	Faible	Très faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	-	-	Faible	Très faible	Faible

Tableau 37 : Caractérisation du niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères enregistrée sur le parc éolien de Plésidy en 2023.

La **Pipistrelle commune** présente une activité très forte en migration automnale au niveau des deux points d'écoute, et est également très forte en parturition au niveau de l'éolienne E4 mais moyenne à proximité de l'éolienne E2. Lors de la migration printanière, son activité est faible au niveau de l'éolienne E4 et aucun contact n'a été enregistré sur l'éolienne E2.

La **Noctule de Leisler** présente une activité très forte en migration printanière mais moyenne en migration automnale à proximité de l'éolienne E2, à l'inverse de l'éolienne E4 où son activité est faible en parturition mais très forte en migration automnale.

La **Pipistrelle de Kuhl** présente une activité très faible à faible en parturition mais son activité augmente en migration automnale variant de moyenne à très forte entre les deux points d'enregistrements.

La **Pipistrelle de Nathusius** présente une activité très faible en parturition et en migration automnale au niveau de l'éolienne E2 et faible lors de ces deux périodes au niveau de l'éolienne E4, et n'a pas du tout été enregistrée en migration printanière pour les deux éoliennes.

Enfin, la **Sérotine commune** présente une activité faible en parturition et très faible en migration automnale à proximité de l'éolienne E2 à l'inverse de l'éolienne E4, avec une activité très faible en parturition et faible en migration automnale.

5 DISCUSSION

5.1 Synthèse du suivi de la mortalité aviaire

D'après l'étude d'impact effectuée en 2016, le projet du parc éolien de Plésidy ne se situait pas sur un site de reproduction majeur, ni sur un axe migratoire important à l'échelle de la région. Les enjeux se trouvant principalement dans la préservation des corridors écologiques locaux. Cinq espèces patrimoniales avaient été recensées comme nicheuses et/ou utilisant le site comme zone de nourrissage : l'**Alouette lulu** (*Lullula arborea*), la **Bondrée apivore** (*Pernis apivorus*), le **Bouvreuil pivoine** (*Pyrrhula pyrrhula*), le **Faucon hobereau** (*Falco subbuteo*) et la **Linotte mélodieuse** (*Linaria cannabina*).

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 d'aucun cadavre d'oiseau en 2023. La mortalité réelle a donc été estimée à **1,3 ± 0,1 oiseaux tués par éolienne et par an**. Ce taux de mortalité est **conforme** à ceux rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Marx, 2017).

L'analyse qualitative de la mortalité aviaire permet ensuite d'évaluer l'impact du parc éolien espèce par espèce (Tableau 38).

Espèce	Présence de l'espèce lors de l'étude d'impact	Cas de mortalité recensés en		
		2021	2022	2023
Martinet noir (<i>Apus apus</i>)	Oui	1	2	-
Epervier d'Europe (<i>Accipiter nisus</i>)	Oui	1	-	-
Pigeon ramier (<i>Columba palumbus</i>)	Oui	1	1	-
Colombidé indéterminé (<i>Columbidae sp.</i>)	-	1	-	-
Oiseau indéterminé (<i>Aves sp.</i>)	-	-	1	-
Total des cadavres retrouvés		4	4	0

Tableau 38 : Comparaison des oiseaux recensés sur le parc éolien de Plésidy lors de l'étude d'impact en 2016 et lors des suivis de la mortalité en 2021, 2022 et 2023.

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.

En 2023, les TrackBat positionnés en nacelle des éoliennes E2 et E4 ont permis de recenser au moins cinq espèces en altitude :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 78,2% des contacts sur E2 et 84,7% sur E4 ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 12,0% des contacts sur E2 et 6,2% sur E4 ;
- Le groupe des chiroptères indéterminés représente 5,6% des contacts sur E2 et 5,3% sur E4 ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 1,7% des contacts sur E2 et 0,6% sur E4 ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 1,7% des contacts sur E2 et 2,5% sur E4 ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 0,8% des contacts sur E2 et 0,7% sur E4.

Entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2023, en nacelle de l'éolienne E2, environ 90% de l'activité chiroptérologique a été caractérisée par les paramètres suivants :

- Entre le coucher du soleil et le lever du soleil (entre 20h00 et 04h00 sur E2 vs. 05h00 sur E4),
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s⁻¹ sur E2 et 5,0 m.s⁻¹ sur E4,
- Pour des températures comprises entre 15°C et 25°C sur E2 vs. 26°C sur E4.

Néanmoins, la défaillance technique qui est survenue dans l'enregistrement des données acoustiques en 2023 ne permet pas de présumer que ces conditions temporelles et météorologiques sont bien représentatives de l'ensemble du cycle biologique.

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 fait état de deux cadavres de chauves-souris retrouvés en 2023. La mortalité réelle a donc été estimée entre **2,1 ± 0,2 et 2,9 ± 0,2 chiroptères tués par éolienne et par an**. Ces taux de mortalité sont **moins élevés** que ceux rencontrés usuellement dans les parcs situés dans des contextes paysagers similaires (Rydell *et. al*, 2010).

De plus, pour le chiroptère retrouvé sous l'éolienne E4, bridée grâce au système de bridage dynamique ProBat, la date de mortalité estimée lors de la nuit du 14 au 15 septembre pourrait correspondre à un problème de communication entre le SCADA et le système ProBat, qui a empêché la régulation dynamique des éoliennes du parc, pouvant ainsi expliquer cette mortalité malgré des conditions favorables à l'activité des chiroptères.

L'analyse qualitative de la mortalité chiroptérologique permet ensuite d'évaluer l'impact du parc éolien espèce par espèce : un cadavre de **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) a été retrouvé en 2023. L'espèce représentait 78,6% du cortège lors de l'étude acoustique en nacelle (E1) en 2021 (n = 518 contacts), 65,9% du cortège lors de l'étude acoustique en nacelle (E4) en 2022 (n = 799 contacts), 78,2% du cortège lors de l'étude acoustique en nacelle de l'éolienne E2 (n = 425 contacts) et 84,7% du cortège lors de l'étude acoustique en nacelle de l'éolienne E4 (n = 1112 contacts) en 2023. De plus, trois cadavres avaient déjà été découverts lors du suivi environnemental effectué par Synergis Environnement en 2021 et un cadavre avait été retrouvé lors du suivi environnemental effectué par Synergis Environnement en 2022. L'impact du parc éolien de Plésidy est considéré comme **faible** sur cette espèce.

Espèce	Présence de l'espèce lors de l'étude d'impact	Contacts corrigés enregistrés				Cas de mortalité recensés		
		en 2021 sur E1	en 2022 sur E4	en 2023 sur E2	en 2023 sur E4	2021	2022	2023
Pipistrelle commune	Oui	518	799,0	425,0	1 112,0	3	1	1
Pipistrelle de Kuhl	Oui	23	21,0	65,0	81,0	1	-	-
Pipistrelle de Nathusius	Oui	105	291,0	9,5	33,0	-	-	-
Noctule de Leisler	Oui	-	26,7	9,0	8,7	-	-	-
Sérotine commune	Oui	0,6	70,6	4,3	8,2	-	1	-
Noctule commune	Oui	4,5	3,3	-	-	-	-	-
Pipistrelle indéterminée	-	1	-	-	-	3	1	1
Sérotules	-	4,7	1,6	-	-	-	-	-
Murins indéterminés	-	2,0	-	-	-	-	-	-
Chiroptère indéterminé	-	-	-	30,4	70,0	-	-	-
Total toutes espèces confondues		658,8	1 213,0	543,2	1 312,8	7	3	2

Tableau 39 : Comparaison du cortège d'espèces de chiroptères en nacelle des éoliennes E1, E2 et E4 du parc éolien de Plésidy en 2021, 2022 et 2023 avec les suivis de la mortalité au sol.

Parmi les deux cadavres de chiroptères retrouvés au sol en 2023, un cadavre de Pipistrelle commune a été découvert sous l'éolienne E4 portant un enregistreur TrackBat, sur la période de disponibilité des données. Selon les contacts acoustiques enregistrés au cours de la nuit de la date estimée de cette mortalité, trois contacts acoustiques pourraient correspondre au cadavre découvert (Tableau 40).

Date	Heure	Vitesse de vent (m.s ⁻¹)	Température (°C)
14/09/2023	21:07	5,0	16
14/09/2023	21:52	5,2	15
15/09/2023	03:12	6,3	17

Tableau 40 : Paramètres temporels et météorologiques caractérisant les contacts acoustiques de Pipistrelle commune, pouvant correspondre au cadavre découvert sous l'éolienne E4 lors du suivi de mortalité effectué le 20/09/2023.

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 Plésidy, de comparer l'état initial de l'environnement avec l'état actuel et d'évaluer l'efficacité du système de bridage dynamique ProBat en faveur des chiroptères, mis en service en juillet 2023 et paramétré comme suit :

- Sur les éoliennes E2, E4 et E5,
- Du 1^{er} mai au 31 octobre,
- De 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil.

Au moins cinq espèces de chiroptères ont été identifiées en altitude, que ce soit à proximité de l'éolienne E2 ou de l'éolienne E4. Entre le 1^{er} mai et le 31 octobre 2023, environ 90% de l'activité chiroptérologique a été caractérisée par les paramètres suivants :

- Entre le coucher du soleil et le lever du soleil (entre 20h00 et 04h00 sur E2 vs. 05h00 sur E4),
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à 5,5 m.s⁻¹ sur E2 et 5,0 m.s⁻¹ sur E4,
- Pour des températures comprises entre 15°C et 25°C sur E2 vs. 26°C sur E4.

Comme détaillé précédemment (cf. paragraphe 4.1.4), la disponibilité des données acoustiques en 2023 est de 28% sur la durée de l'étude, en raison d'une défaillance sur le module de compression et d'archivage des données.

La mortalité réelle est estimée à $1,3 \pm 0,1$ oiseaux tués par éolienne et entre $2,1 \pm 0,2$ et $2,9 \pm 0,2$ chiroptères tués par éolienne et par an sur le parc éolien de Plésidy, de mai à octobre 2023. Cette mortalité est conforme aux chiffres indiqués dans la bibliographie pour les chiroptères (Rydell *et al.*, 2010) et pour les oiseaux (Marx, 2017).

Au vu de la mortalité des chiroptères, ce bridage environnemental est considéré efficace et satisfaisant pour une bonne préservation des chiroptères, nous préconisons le renouvellement des suivis environnementaux conformément au protocole ministériel en vigueur, c'est-à-dire un prochain suivi environnemental à la date anniversaire des 10 ans suite à la mise en service du parc éolien, soit en 2026, ou dans les trois dernières années de fonctionnement du parc éolien en cas de repowering envisagé.

Au vu de la mortalité des oiseaux, nous préconisons le renouvellement des suivis environnementaux conformément au protocole ministériel en vigueur, c'est-à-dire un prochain suivi environnemental à la date anniversaire des 10 ans suite à la mise en service du parc éolien, soit en 2026, ou dans les trois dernières années de fonctionnement du parc éolien en cas de repowering envisagé.

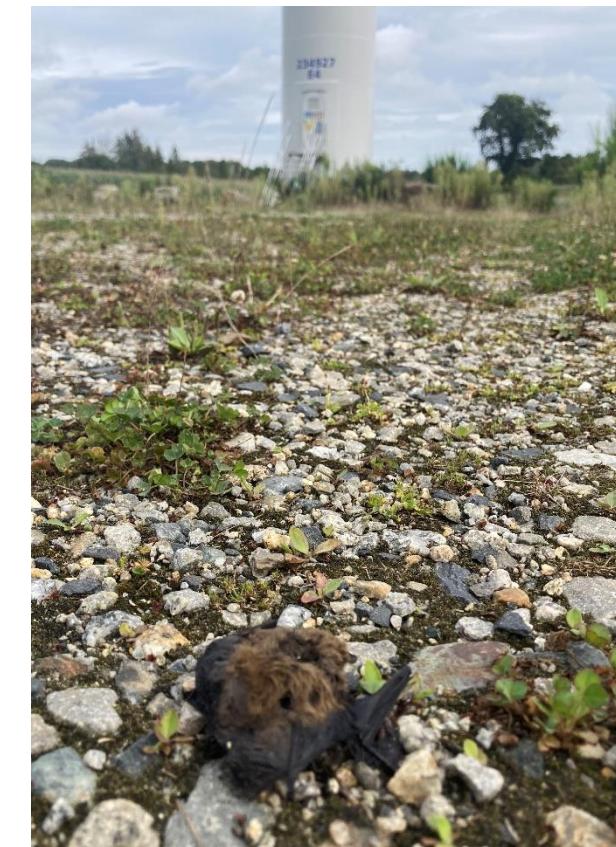
7 ANNEXES

7.1 Fiches d'identification des cadavres retrouvés sur le parc éolien de Plésidy en 2023

1	Informations sur la découverte	Nom du site :	Plésidy
		Date du suivi :	20/09/2023
		Heure du relevé :	11h05
		Observateur :	T.Bourhis
		N° de l'éolienne :	E3
		Latitude :	48.425005
		Longitude :	-3.121369
		Assolement et hauteur :	Plateforme - 0 cm
		Distance au pied du mât (m) :	8 m
		Direction par rapport au mât (°) :	NE (051°)
Informations sur le cadavre retrouvé	Date présumée de la mortalité	Date présumée :	Nuit du 17/09/23
		Température moyenne :	16,28
		Vitesse du vent :	5,92
	Informations sur le cadavre retrouvé	Nom vernaculaire de l'espèce :	Pipistrelle indéterminée
		Nom scientifique de l'espèce :	<i>Pipistrellus sp.</i>
		Statut de conservation national :	Quasi menacée (NT)
		Statut de conservation régional :	Préoccupation mineure (LC)
		Fiche incident :	Déclaration non nécessaire
		Identifiant de la photo :	C1E3_Plésidy
		Envergure (cm) :	AB:33 mm / 5e doigt: 41 mm
		Sexe :	Femelle
		Âge :	Indéterminé
		Statut biologique :	Inconnu
		Etat du cadavre :	Avancé (J-2, J-3)
		Présence d'insectes :	Oui (asticots, mouches)
		Cause présumée de la mort :	Barotraumatisme
		Commentaire(s) :	Prédaté en partie par asticots ; Plaies dorsales, partie du crâne avant manquante dont la dentition supérieure empêchant une identification certaine à l'espèce



2	Informations sur la découverte	Nom du site :	Plésidy
Date du suivi :		20/09/2023	
Heure du relevé :		11h30	
Observateur :		T.Bourhis	
N° de l'éolienne :		E4	
Latitude :		48.419996	
Longitude :		-3.123527	
Assolement et hauteur :		Plateforme - 0 cm	
Distance au pied du mât (m) :		28 m	
Direction par rapport au mât (°) :		0 (250°)	
Date présumée de la mortalité	Date présumée :	Nuit du 14-15/09/2023	
	Température moyenne :	18	
	Vitesse du vent :	5,29	
Informations sur le cadavre retrouvé	Nom vernaculaire de l'espèce :	Pipistrelle commune	
	Nom scientifique de l'espèce :	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	
	Statut de conservation national :	Quasi menacée (NT)	
	Statut de conservation régional :	Préoccupation mineure (LC)	
	Fiche incident :	Déclaration non nécessaire	
	Identifiant de la photo :	C2E4_Plésidy	
	Envergure (cm) :	AB: 31,5 mm / 5e doigt: 38 mm	
	Sexe :	Indéterminé	
	Âge :	Indéterminé	
	Statut biologique :	Inconnu	
	Etat du cadavre :	Décomposé (J-4, J-5)	
	Présence d'insectes :	Oui (asticots)	
	Cause présumée de la mort :	Barotraumatisme	
	Commentaire(s) :	Cadavre vidé par asticots	



7.2 Tableau 41 : Référentiel National d'activité chiroptérologique en altitude, Sens Of Life

Espèce	Période	Toutes nuits			
		Q2	Q25	Q75	Q98
<i>Epseticus serotinus</i>	Migration printanière	0	0	0,10142857	0,30428571
	Mise bas / élevage des jeunes	0.11576	0.16978	0.23924	0.30870
	Migration automnale	0.10276	0.16816	0.23355	0.32697
<i>Nyctalus leisleri</i>	Migration printanière	0	0	0,02214286	0,06642857
	Mise bas / élevage des jeunes	0.01685	0.03033	0.05054	0.07304
	Migration automnale	0.02039	0.04079	0.06395	0.09250
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Migration printanière	0	0	0,17785714	0,53357143
	Mise bas / élevage des jeunes	0.26163	0.36087	0.47815	0.60446
	Migration automnale	0.22934	0.33855	0.45868	0.60066
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Migration printanière	0	0	0,05928571	0,47428571
	Mise bas / élevage des jeunes	0.17141	0.25261	0.35185	0.46011
	Migration automnale	0.16382	0.25118	0.34947	0.46961
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Migration printanière	0	0,17785714	0,53357143	1,30428571
	Mise bas / élevage des jeunes	1.06457	1.33522	1.61489	1.94870
	Migration automnale	0.90645	1.17947	1.48526	1.84566

7.3 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 (hivernage, 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'apprécier 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.

7.3.1 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	
	Estimation de la mortalité annuelle	Pourcentage
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 42 : 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),

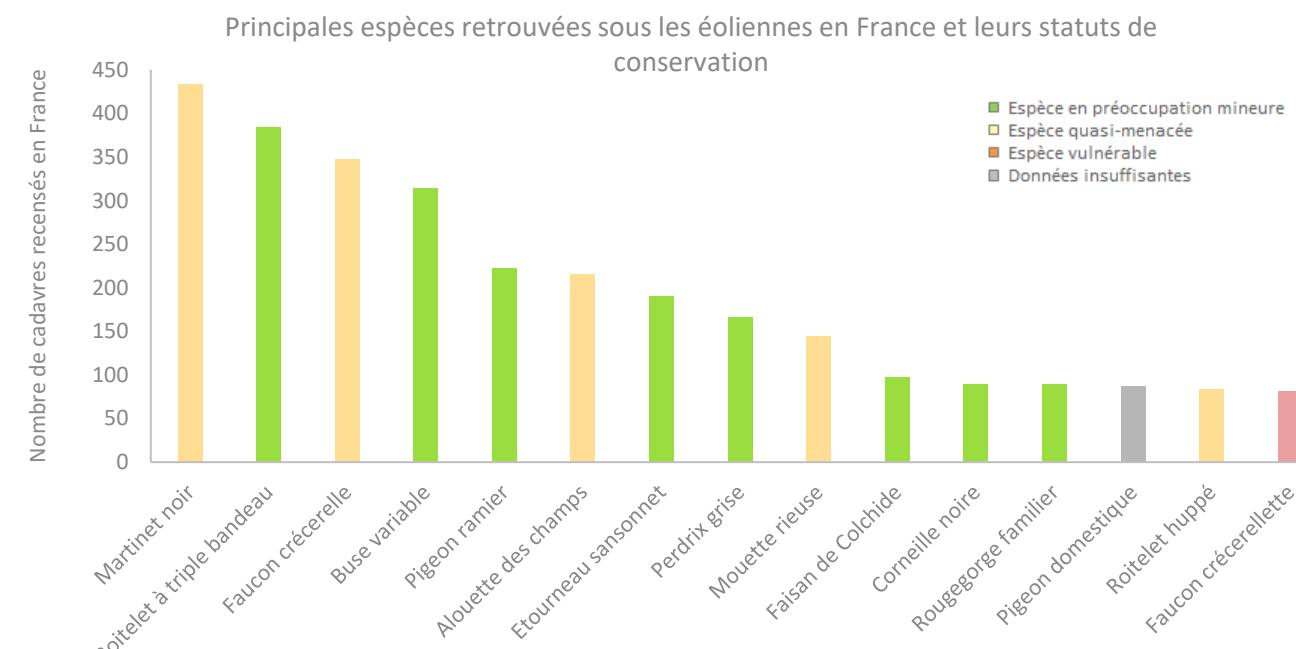
Même si le nombre de cadavres augmente à chaque actualisation de la synthèse des données de mortalité en Europe réalisée par Tobias Dürr, l'ordre du classement reste sensiblement le même depuis 2015, confirmant la sensibilité de ces espèces à l'impact éolien. La transmission des données à l'échelle européenne 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	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					19						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	
<i>Anser fabalis</i>						7						1										8	
<i>Anseridae spec.</i>	1					8																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											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													10								4	
<i>Ardea cinerea</i>	1	7						17	2	5				10	4							46	
<i>Arenaria interpres</i>	3							5	1	1												3	
<i>Asio flammea</i>								18														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							3					1									3	
<i>Aythya fuligula</i>	1																					5	
<i>Aythya marila</i>													1									1	
<i>Aythya nyroca</i>												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																4	
<i>Calidris canutus</i>								1														1	
<i>Caprimulgus europeus</i>		1						1				</td											

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			1										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			1										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>Neophreron percnopterus</i>										30			1										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			1										2
<i>Passer montanus</i>	1							29							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 oter</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													

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

- Le Martinet noir (envol des jeunes et migration),
- Le Roitelet 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 20 : 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).

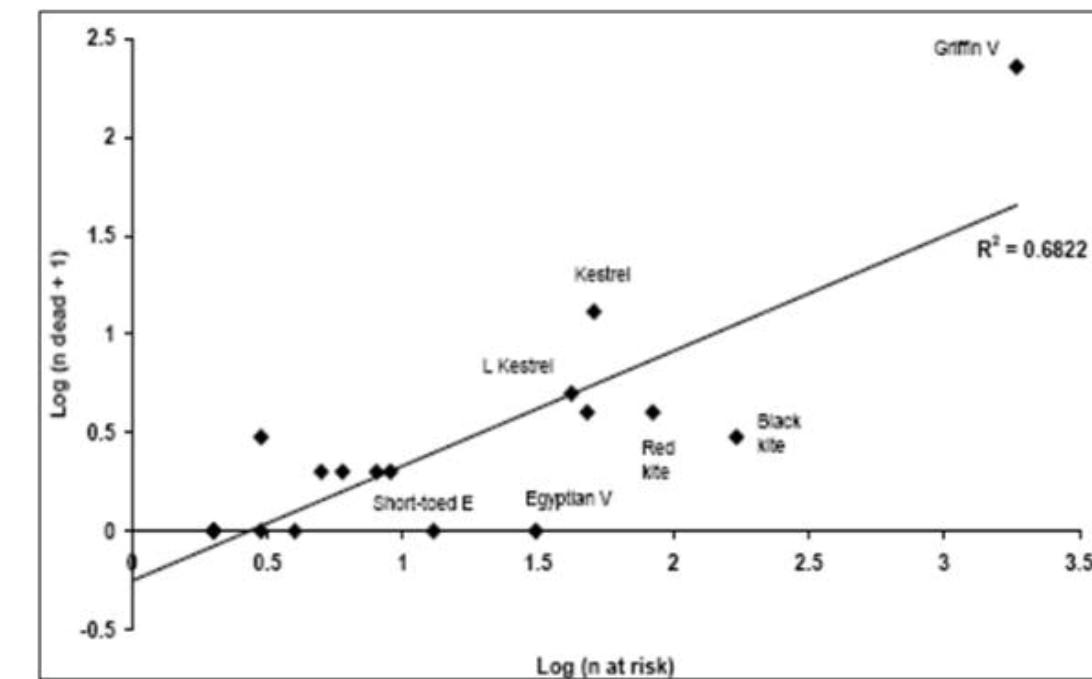


Figure 13 : Roitelet à triple bandeau (Sens Of Life, 2020).

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).

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 21 : 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 augmentent 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 14, 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 14, à droite), et semble confirmer ces résultats avec une réduction estimée de 70% du taux annuel de mortalité par collision (Martin & Banks, 2023).



Figure 14 : Différentes méthodes de mise en évidence des éoliennes pour augmenter leur visibilité par les oiseaux

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).

7.3.2 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. A proximité de celles-ci, ils se sentent souvent dérangés. Ces situations de stress chez les hôtes hivernants ou les migrants 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 15 : 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).

7.3.3 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).

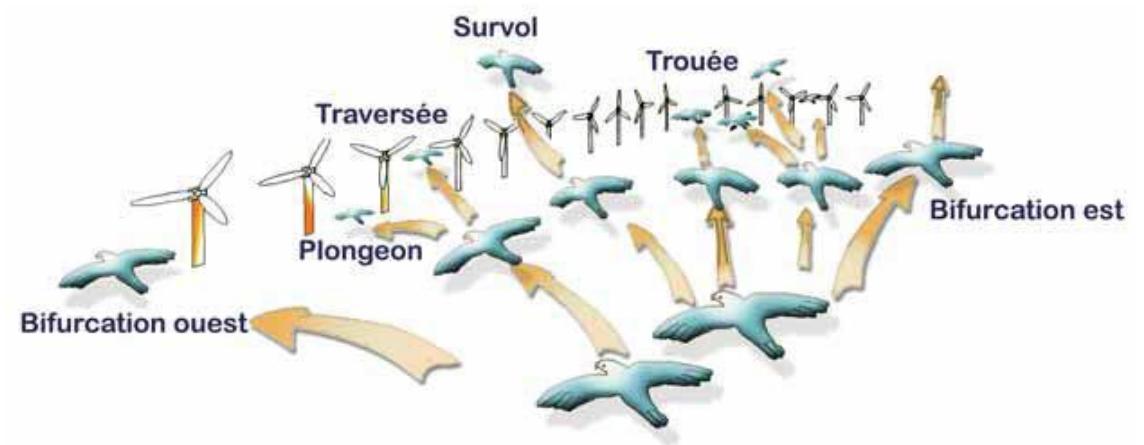


Figure 16 : Stratégie de franchissement d'un parc éolien sur le littoral audois (source : LPO Aude, 2001)

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).

7.4 Sensibilité des chiroptères à l'éolien

7.4.1 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 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 17) 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).

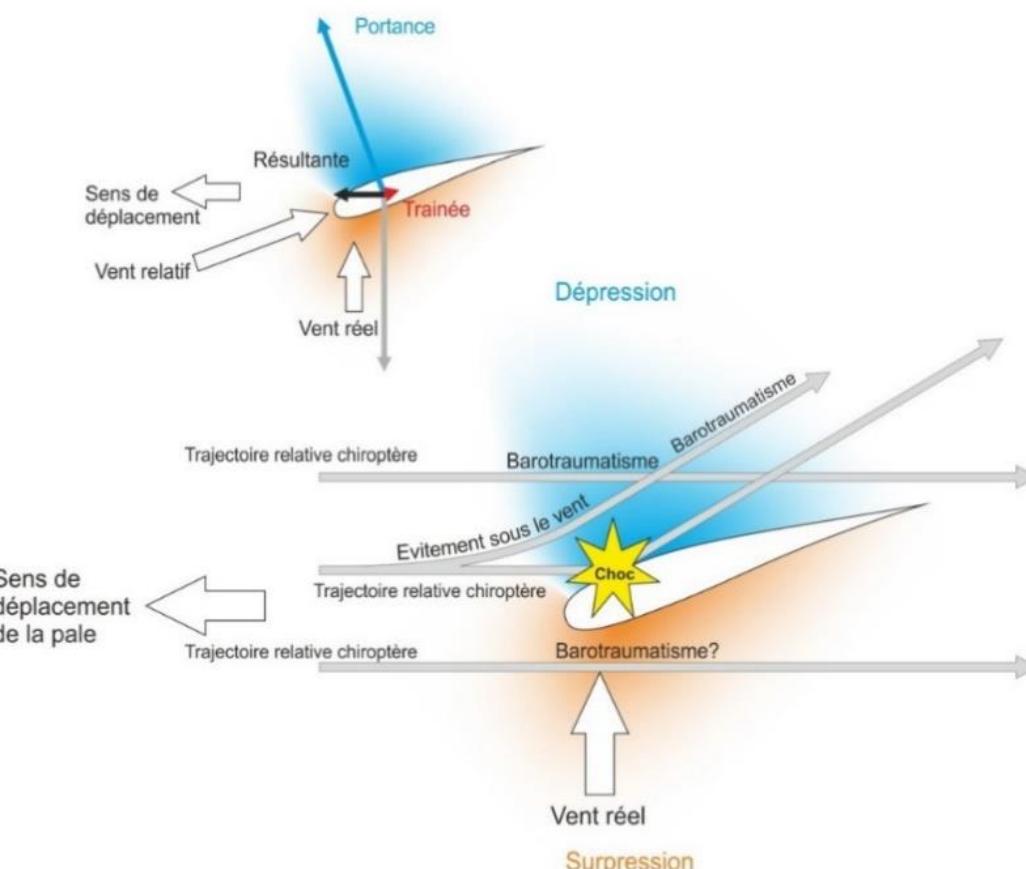


Figure 17 : Description du phénomène de barotraumatisme.

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 Sérotoles (*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.

7.4.2 Description des espèces de chiroptères rencontrées

7.4.2.1 Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)



Figure 18 : Pipistrelle commune.
CCO 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.

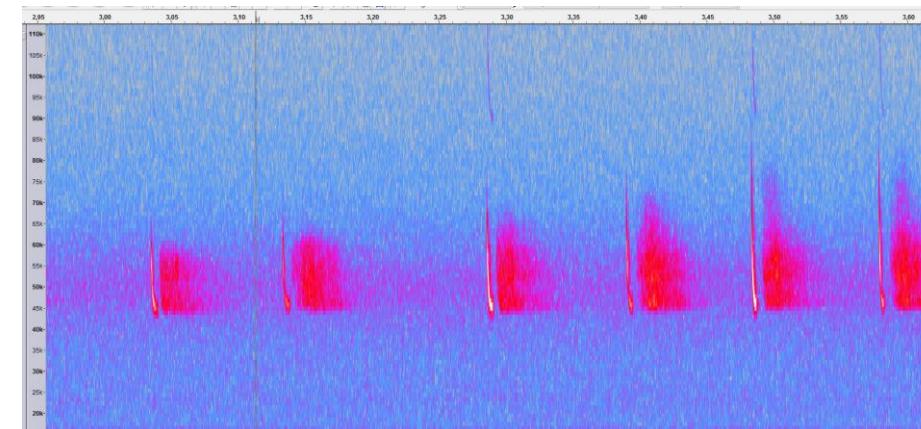


Figure 19 : Sonogramme de cris émis par une Pipistrelle commune

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).**

7.4.2.2 Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)

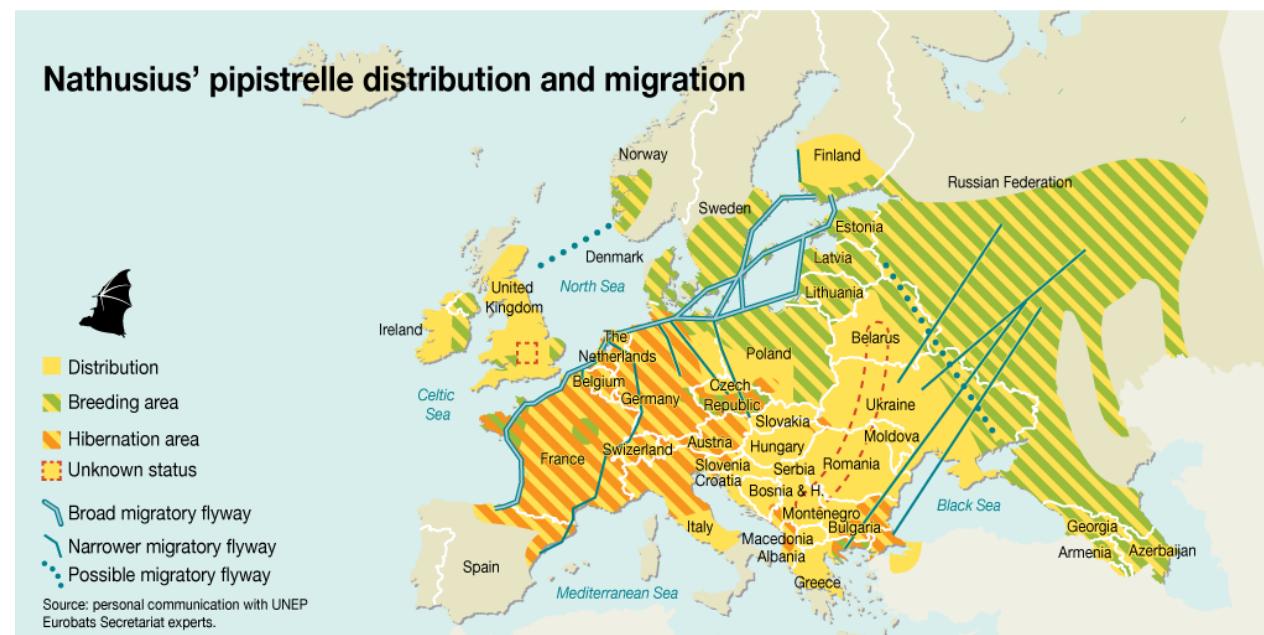
La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II des conventions de Berne et de Bonn et annexe I de l'accord EUROBATS) et classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge IUCN France métropolitaine.



Figure 20 : Pipistrelle de Nathusius. CCO domaine public.

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).

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 5 : Carte de répartition et de migration de la Pipistrelle de Nathusius (Kurvits et al., 2011)

Espèce forestière, la Pipistrelle de Nathusius 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.

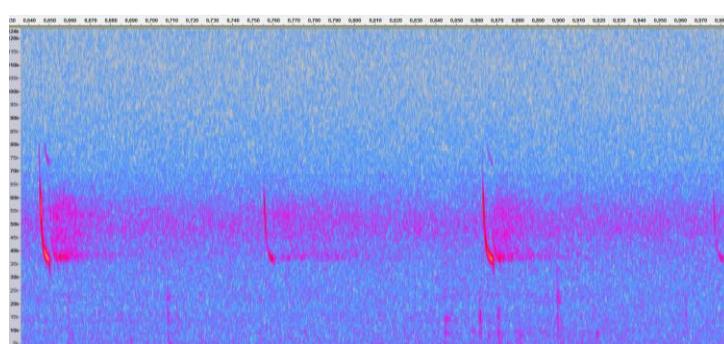


Figure 21 : Sonogramme des cris de Pipistrelle de Nathusius/Kuh

La Pipistrelle de Natusius 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).**

7.4.2.3 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.



Figure 22 : Pipistrelle de Kuhl.
CC0 domaine public.

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 observé est de huit ans et l'espérance de vie moyenne se situe entre 2 et 3 ans.

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).**

7.4.2.4 Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)



Figure 23 : Noctule de Leisler.
CCO 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.

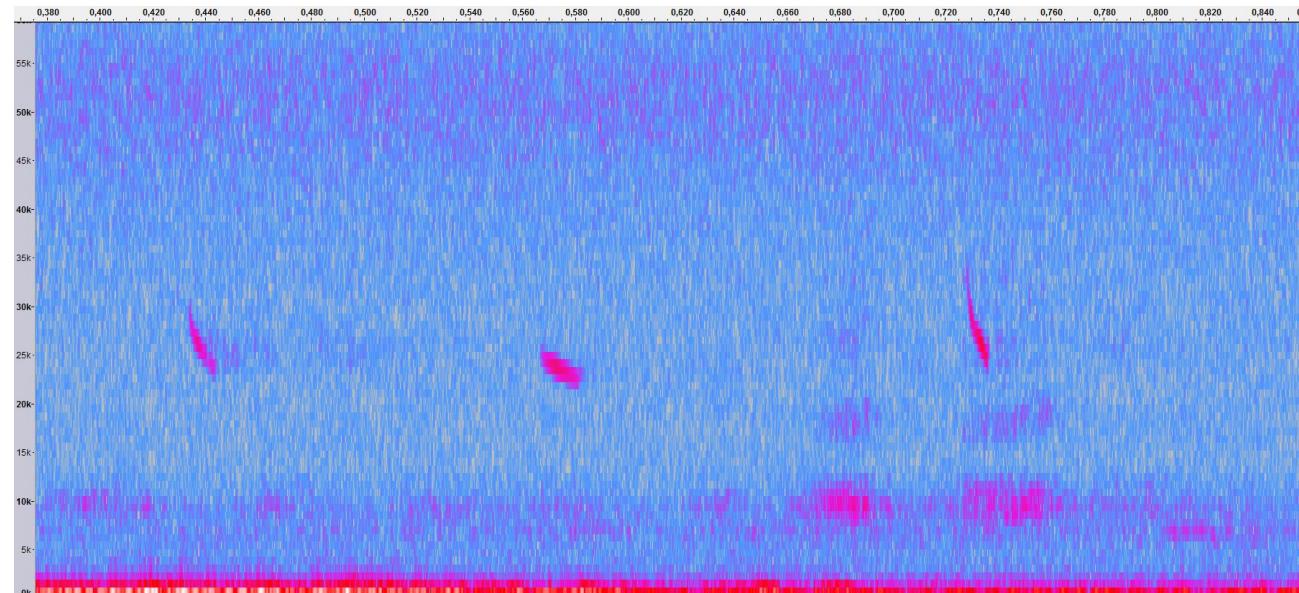


Figure 24 : Sonogramme de cris émis par une Noctule de Leisler

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).**

7.4.2.5 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.



Figure 25 : Sérotine commune.
CCO domaine public.

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. 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.

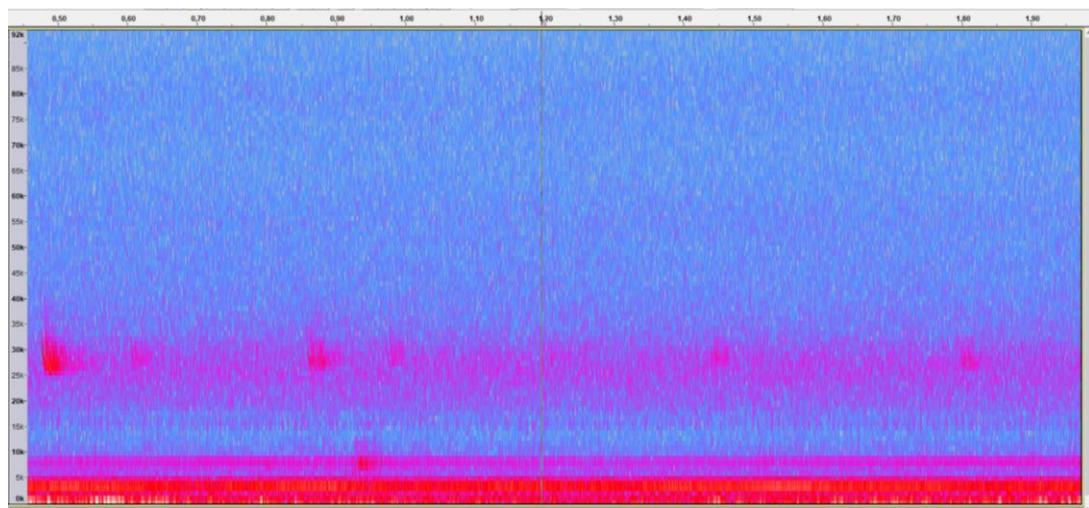


Figure 26 : Sonogramme de cris émis par une Sérotine commune

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).

7.4.3 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 influenceront 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													17	115
<i>Eptesicus isabellinus</i>								117													3	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								4				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								2				12
<i>Myotis emarginatus</i>							1		3								1					5
<i>Myotis myotis</i>						2	2			5												9
<i>Myotis mystacinus</i>						3			4	1												8
<i>Myotis nattereri</i>						2			3											1	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		12		864
<i>Plecotus auritus</i>						7				1										1	9	
<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>Vespadelus 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 44 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, août 2023).

En Europe, le Tableau 44 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 45).

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

Tableau 45 : Vulnérabilité à l'éolien par espèce (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016)

7.4.4 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).

7.5 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 1 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., 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 fledermausdaten im Rahmen der windkraftplanung. *Bremer Beiträge 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*.
- 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-Weisshahn, 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.
- Cieslak et Dul. (2006). *Feather identification for bird conservation* (Natura publishing house).
- 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.
- 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.
- 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). *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., Schiltz, 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'Étude 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 dénombremens 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>
- Joinris, 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*. Ecosphère. <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*.
- 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'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015 (LN 1216-54)*. LPO France.
- May, R., Nygård, T., Falkdalén, 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., & Kerbirou, 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., & Kerbirou, 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.
- Page, 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>
- 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.
- Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres. (2018). Ministère de l'Énergie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.
- 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., Mularney, 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 éolienne 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 verstoring [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. 1 : Aanvaringsslachtoffers*. [The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds, 1 : 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.