

Suivi post-implantation du parc éolien des Épinettes (28)

Rapport final



ENVOI
ENVIRONNEMENT



FICHE CONTRÔLE QUALITÉ

LE PROJET	Libellé mission	Suivi post-implantation du parc éolien des Épinettes (28) - Année 2024
-----------	-----------------	---------------------------------------------------------------------------

MAÎTRE D'OUVRAGE	Destinataire du rapport	BEAUCÉ ÉNERGIE
	Coordonnées	<p>JPEE Mathilde PETIT 1, rue Célestin Freinet CS20756 44200 NANTES Mobile : +33 6 75 28 13 44 Mail : mathilde.petit@jpee.fr</p> 

EN VOL ENVIRONNEMENT	Coordonnées	<p>ENVOL ENVIRONNEMENT CENTRE tbourget@envol-environnement.fr 13 rue de la Tuilerie 41100 SAINT-OUEN Tel : 02 54 80 73 59 www.envol-environnement.fr</p> 
	Référence devis	Proposition méthodologique et financière du 6 mai 2024
	Chargée de projet	Chloé MARTIN
	Référence du projet	PJ2302-0017
	Version	Document du 22 mai 2025



SOMMAIRE

FICHE CONTRÔLE QUALITÉ	2
SOMMAIRE	3
LISTE DES CARTES	5
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES PRINCIPAUX ACRONYMES UTILISÉS	7
INTRODUCTION	9
PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET MISE EN CONTEXTE	11
1. Contexte règlementaire.....	11
1.1. Cadre légal national	11
1.2. Cadre légal du parc éolien étudié	11
2. Présentation générale et mise en contexte.....	12
2.1. Contexte éolien	15
2.2. Zones naturelles remarquables.....	15
3. Données de l'étude d'impact initiale	18
4. Données des suivis post-implantation déjà réalisés.....	19
4.1. Suivi 2020-2021	19
4.2. Suivi 2023.....	20
MÉTHODE GÉNÉRALE	22
1. Notion de patrimonialité.....	22
2. Notion de sensibilité.....	24
ÉTUDE DES HABITATS NATURELS	26
1. Méthodologie d'inventaire des habitats	26
2. Description des habitats	26
SUIVI DE MORTALITÉ	29
1. Méthodologie générale	29
2. Matériels et méthodes	29
2.1. Recherche des cadavres.....	29
2.2. Détermination des coefficients de correction.....	36
2.3. Limites du suivi de mortalité.....	39
3. Résultats des expertises de terrain	40
3.1. Bilan des cadavres observés	40
3.2. Estimation de la mortalité.....	42
4. Analyse des résultats et discussion	45
4.1. Analyse des cas de mortalité observés.....	45
4.2. Analyse des résultats des tests.....	50
4.3. Analyse des calculs de mortalité.....	51
5. Conclusion générale du suivi de mortalité	54
ÉTUDE DES CHIROPTÈRES	56
1. Protocole d'écoute en continu en nacelle d'éolienne	56
1.1. Objectifs du protocole	56
1.2. Protocole des écoutes en continu.....	56
2. Méthodologie de traitement des signaux ultrasoniques.....	59
2.1. Unité de mesure	59
2.2. Analyse des enregistrements	60
2.3. Limites de l'étude chiroptérologique	62
3. Résultats des écoutes en continu en nacelle sur toute la période d'étude	63
3.1. Inventaire complet	63
3.2. Résultats de l'activité chiroptérologique au niveau du rotor durant la mise-bas	71
3.3. Résultats de l'activité chiroptérologique au niveau du rotor durant les transits automnaux	77

4. Activité et synthèse des sensibilités.....	83
4.1. Activité par nuit	83
4.2. Niveaux de sensibilité par espèce et par période	83
5. Vérification de l'efficacité du bridage et amélioration	85
6. Synthèse des données relatives à l'activité chiroptérologique au niveau du rotor	86
DISCUSSION ET MESURES CORRECTIVES	87
1. Comparaison entre les données de mortalité et les écoutes chiroptérologique.....	87
2. Comparaison avec les résultats de l'état initial.....	87
2.1. Flore.....	87
2.2. Avifaune	87
2.3. Chiroptères.....	87
3. Comparaison des résultats de mortalité de 2024 avec les précédents suivis	88
3.1. Espèces impactées.....	88
3.2. Mortalité brute.....	88
4. Discussion sur les résultats de mortalité	89
5. Effets résiduels sur les espèces impactées	90
5.1. Avifaune	90
5.2. Chiroptères.....	91
5.3. Synthèse	91
6. Réflexions sur les mesures correctives	92
CONCLUSION.....	96
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	97
ANNEXES.....	100
Annexe 1 – Définition des périmètres de protection et d'inventaire du patrimoine naturel.....	100
Annexe 2 – Détails des passages.....	103
Annexe 3 – Présentation de l'équipe intervenante.....	106
Annexe 4 – Rappel de biologie sur les chiroptères	107
Annexe 5 – Fiche de découverte de cas de mortalité	112

LISTE DES CARTES

Carte 1 - Présentation des éoliennes suivies – IGN SCAN25.....	13
Carte 2 - Présentation des éoliennes suivies – BD ORTHO.....	14
Carte 3 - Illustration du contexte éolien	16
Carte 4 - Zones naturelles à proximité du parc éolien	17
Carte 5 - Assolement – 2024.....	27
Carte 6 - Zones de prospection autour des éoliennes	32
Carte 7 - Localisation des cadavres découverts	41
Carte 8 - Localisation de l'éolienne équipée d'un Batlogger	57

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Paramètres du bridage en place sur le parc éolien de Épinettes (2024)	12
Figure 2 - Principales caractéristiques du parc éolien suivi	12
Figure 3 - Localisation des zones de sensibilité pour les chiroptères (Calidris, 2015)	18
Figure 4 - Cadavres recensés lors du suivi de mortalité 2020-2021	19
Figure 5 - Calendrier des durées d'échantillonnage selon les phases étudiées en 2020-2021	20
Figure 6 - Cadavres recensés lors du suivi de mortalité 2023.....	20
Figure 7 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E9 selon les phases étudiées en 2023	21
Figure 8 - Pourcentages d'occupation de chaque habitat au sein de la surface de prospection.....	26
Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres	29
Figure 10 - Distance de découverte des cadavres de chiroptères (en haut) et d'oiseaux (en bas) en Champagne-Ardenne (Source : Ternois V., actualisation 2018).....	30
Figure 11 - Illustration d'une aire de contrôle et des transects parcourus autour d'une éolienne.....	31
Figure 12 - Calcul des durées de persistance par éolienne	36
Figure 13 - Calcul du taux de découverte des leurres par éolienne	37
Figure 14 - Surfaces prospectées autour des éoliennes	38
Figure 15 - Résultats des recherches de cadavres	40
Figure 16 - Résultats des estimations de mortalité avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)	42
Figure 17 - Paramètres utilisés sur la plateforme Shiny	43
Figure 18 - Résultats des estimations de mortalité avifaune- plateforme Shiny	43
Figure 19 - Estimations de mortalité pour le parc entier et sur l'ensemble de la période étudiée.....	44
Figure 20 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions	45
Figure 21 - Illustration graphique de la distance au mât par classes d'éloignement	47
Figure 22 - Répartition des cadavres en fonction de l'occupation du sol en 2024	47
Figure 23 - Statut des oiseaux trouvés lors des prospections	48
Figure 24 - Sensibilité à l'éolien des oiseaux trouvés lors des prospections	48
Figure 25 - Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes (Source : LPO, 2017).....	49
Figure 26 - Cas de mortalité en France – Les espèces d'oiseaux les plus impactées (Dürr, 2023)	49
Figure 27 - Phénologie des découvertes de cadavres	52
Figure 28 - Distribution temporelle de découverte des cadavres (Source : G. Marx, 2017).....	52
Figure 29 - Mortalité globale pour le parc et par éolienne	53
Figure 30 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E5 selon les phases étudiées	58
Figure 31 - Inventaire complet des espèces enregistrées par le BATLOGGER au niveau de l'éolienne E5	63
Figure 32 - Répartition saisonnière du nombre de contacts bruts au niveau du rotor.....	64
Figure 33 - Répartition mensuelle de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor (en contacts bruts par nuit)	65
Figure 34 - Répartition journalière de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor E5 (en contacts bruts par nuit) ..	66
Figure 35 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des vitesses de vent (en nombre de contacts)	67
Figure 36 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent	67
Figure 37 - Représentation graphique des variations de l'activité chiroptérologique en altitude en fonction des températures (en nombre de contacts)	68

Figure 38 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures	68
Figure 39 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit	69
Figure 40 - Cycle circadien d'après les données 2024	70
Figure 41 - Répartition saisonnière de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor E5 (en contacts bruts par nuit) – Mise-bas 2024	71
Figure 42 - Répartition saisonnière de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor (contacts bruts par nuit) – Mise-bas 2024	72
Figure 43 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique après la tombée de la nuit au niveau du rotor (en contacts bruts) – Mise-bas 2024	74
Figure 44 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique selon la vitesse du vent au niveau du rotor (en contacts bruts) – Mise-bas 2024	75
Figure 45 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique selon la température au niveau du rotor (en contacts bruts) – Mise-bas 2024	76
Figure 46 - Répartition saisonnière de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor E5 (en contacts bruts par nuit) – Transits automnaux 2024	77
Figure 47 - Répartition saisonnière de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor (en contacts bruts par nuit) – Transits automnaux 2024	78
Figure 48 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique après la tombée de la nuit au niveau du rotor (contacts bruts) – Transits automnaux 2024	80
Figure 49 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique selon la vitesse du vent au niveau du rotor (en contacts bruts) – Transits automnaux 2024	81
Figure 50 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique selon la température au niveau du rotor (en contacts bruts) – Transits automnaux 2024	82
Figure 51 - Nombre de nuits d'échantillonnage	83
Figure 52 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, août 2023)	83
Figure 53 - Sensibilité à la collision estimée par espèce et par saison	84
Figure 54 - Paramètres du bridage en place sur le parc éolien des Épinettes (2024)	85
Figure 55 - Nombre de contacts protégés par le bridage par espèce en 2024 – E5	85
Figure 56 - Liste des espèces d'oiseaux et de chiroptères retrouvées mortes en 2020/2021, 2023 et 2024	88
Figure 57 - Comparaison du nombre de mortalité brute par éolienne sur la totalité du suivi - 2023 et 2024	88
Figure 58 - Influence des différents indices sur les projections calculées	89
Figure 59 - Espèces d'oiseaux impactées	90
Figure 60 - Espèce de chauve-souris impactée	91
Figure 61 - Paramètres du bridage en place sur le parc éolien de Épinettes (2024)	92
Figure 62 - Proposition du nouveau plan de bridage	92
Figure 63 - Nombre de contacts potentiellement protégés par le plan de bridage proposé	93

LISTE DES PRINCIPAUX ACRONYMES UTILISÉS

- APPB : Arrêté préfectoral de protection de biotope ;
- DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement ;
- INPN : Inventaire national du patrimoine naturel ;
- LR : Liste rouge ;
- LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux ;
- PNR : Parc naturel régional ;
- RNN : Réserve naturelle nationale ;
- RNR : Réserve naturelle régionale ;
- ZNIEFF : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique ;
- ZPS : Zone de protection spéciale ;
- ZSC : Zone spéciale de conservation.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La société JPEE a sollicité le bureau d'études ENVOL ENVIRONNEMENT pour réaliser le suivi environnemental du parc éolien des Épinettes (28) sur la commune de Réclainville (28150).

La présente mission vise à établir un suivi complet du parc éolien en fonctionnement.



Vue sur l'éolienne E6 du parc éolien des Épinettes

Source : ENVOL ENVIRONNEMENT, 2024

PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET MISE EN CONTEXTE

PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET MISE EN CONTEXTE

1. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

1.1. CADRE LEGAL NATIONAL

En application de l'article 12 de l'arrêté ICPE du 26 août 2011 modifié par arrêté du 10 décembre 2021 et par arrêté du 22 juin 2022 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, les exploitants éoliens sont tenus de réaliser un suivi environnemental visant à estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs dans les 12 mois suivants leur mise en service industrielle puis tous les 10 ans d'exploitation. Avant ces arrêtés complémentaires récents, le délai de mise en route d'un suivi était de 3 ans après sa mise en fonctionnement.

Les suivis environnementaux doivent être réalisés par l'exploitant du parc éolien conformément au protocole de suivi environnemental en vigueur reconnu par le ministère chargé des ICPE.

Une première version de ce guide a été publiée en 2015 puis, par décision du 5 avril 2018, le protocole de mars 2018 a été reconnu et est en vigueur à la date de réalisation du suivi. Ce guide impose la réalisation d'une étude de mortalité des oiseaux et des chiroptères ainsi qu'une étude à hauteur de nacelle de l'activité des chauves-souris dans le but de qualifier et de quantifier les impacts réels du parc en permettant d'évaluer si le fonctionnement des éoliennes est susceptible de remettre en cause les états de conservation des espèces occupant le territoire local.

À noter que si des impacts sont mis en évidence, des mesures de type ERC (Éviter, Réduire, Compenser) doivent être prises afin de les annuler ou les réduire.

1.2. CADRE LEGAL DU PARC EOLIEN ETUDIE

La mise en service du parc a eu lieu en 2018. Un premier suivi post-implantation a été réalisé en 2020-2021 par le bureau d'études Envol Environnement. Un second suivi de la mortalité a été réalisé en 2023 par le même bureau d'études.

À la suite de la mortalité de chiroptères constatée en 2023, un bridage des éoliennes a été mis en place et un nouveau suivi environnemental reconduit en 2024 pour évaluer son efficacité.

La méthodologie suivie répond aux exigences du guide de suivi des parcs éoliens terrestres paru en 2018¹.

¹ DGPR, DGALN, MTES., 2018. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018. 20 p.

À la suite du suivi environnemental de 2023, les éoliennes ont été bridées en 2024 selon les paramètres suivants :

Figure 1 - Paramètres du bridage en place sur le parc éolien de Épinettes (2024)			
Éoliennes	Toutes les éoliennes		
Périodes	Juillet	Août	Septembre
Heures de nuit	Du coucher du soleil à 5h avant le lever du soleil		
Vitesses de vent	Inférieurs à 5m/s	Inférieurs à 8,5m/s	Inférieurs à 6m/s
Températures	Supérieures à 16°C	Supérieures à 15°C	

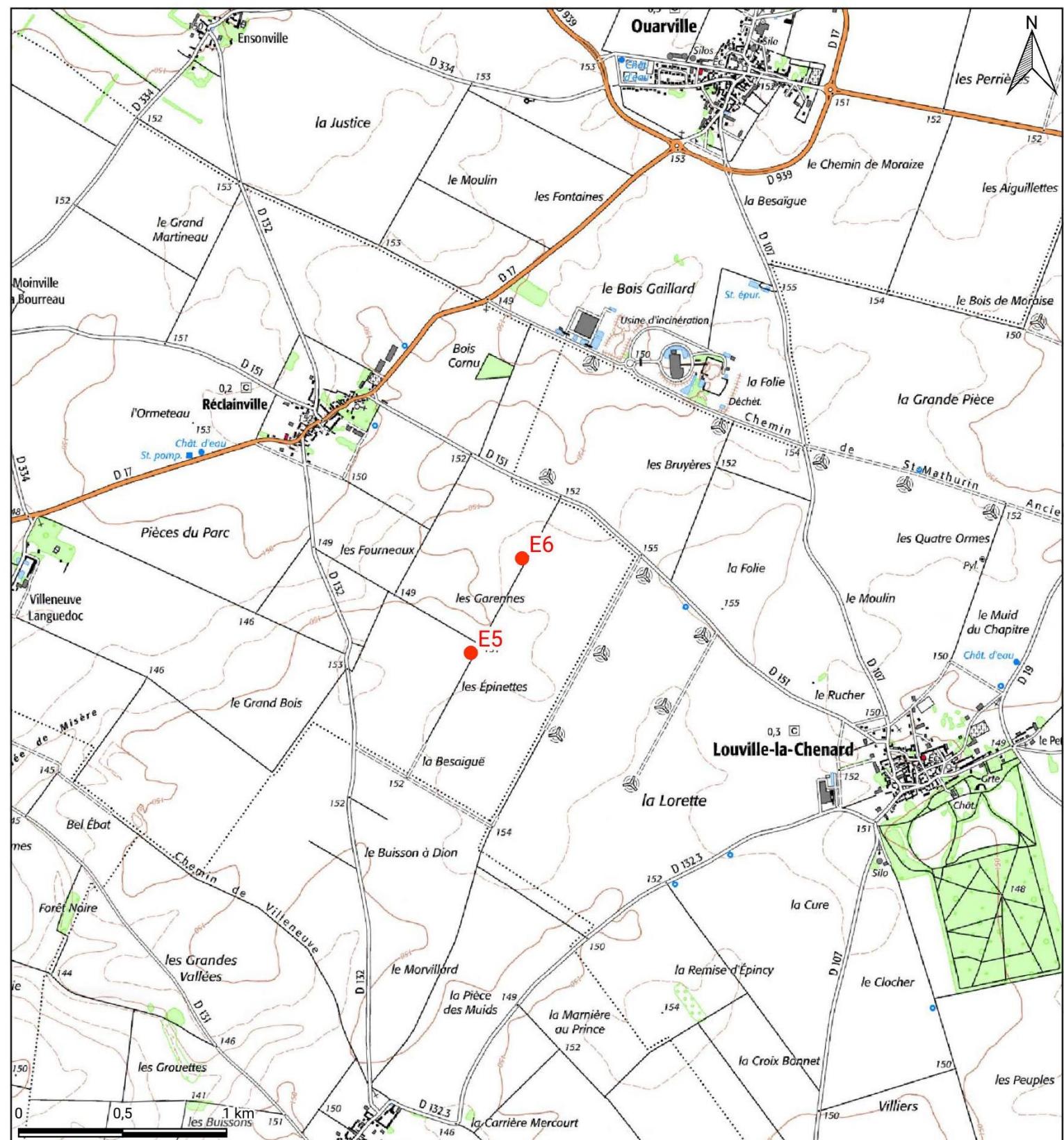
2. PRESENTATION GENERALE ET MISE EN CONTEXTE

Le parc éolien des Épinettes se situe dans le département de l'Eure-et-Loir (28), en région Centre-Val de Loire. Situé à environ 23 kilomètres au sud-est de Chartres, il concerne le territoire communal de Réclainville (28150).

Figure 2 - Principales caractéristiques du parc éolien suivi	
Année de mise en service	2018
Nombre de machine	2
Type de machine	Vestas V110
Hauteur totale maximale	150 m
Longueur d'une pale	54 m
Diamètre du rotor	108 m
Puissance nominale d'une éolienne	2,2 MW

Le parc est composé de 2 machines.

Les cartographies suivantes permettent d'apprécier la localisation des éoliennes suivies.



Carte 1 - Présentation des éoliennes suivies - IGN SCAN25

LEGENDE

Parc éolien :

- ## ● Éoliennes suivies



Carte 2 - Présentation des éoliennes suivies – BD ORTHO

LEGENDE

Parc éolien :

- Éoliennes suivies

2.1. CONTEXTE EOLIEN

D'après la carte 3 - page 16, 8 parcs éoliens en service se situent dans un rayon de 2 kilomètres autour des éoliennes du parc éolien des Épinettes. Le parc éolien suivi s'inscrit dans un contexte éolien plutôt dense.

2.2. ZONES NATURELLES REMARQUABLES

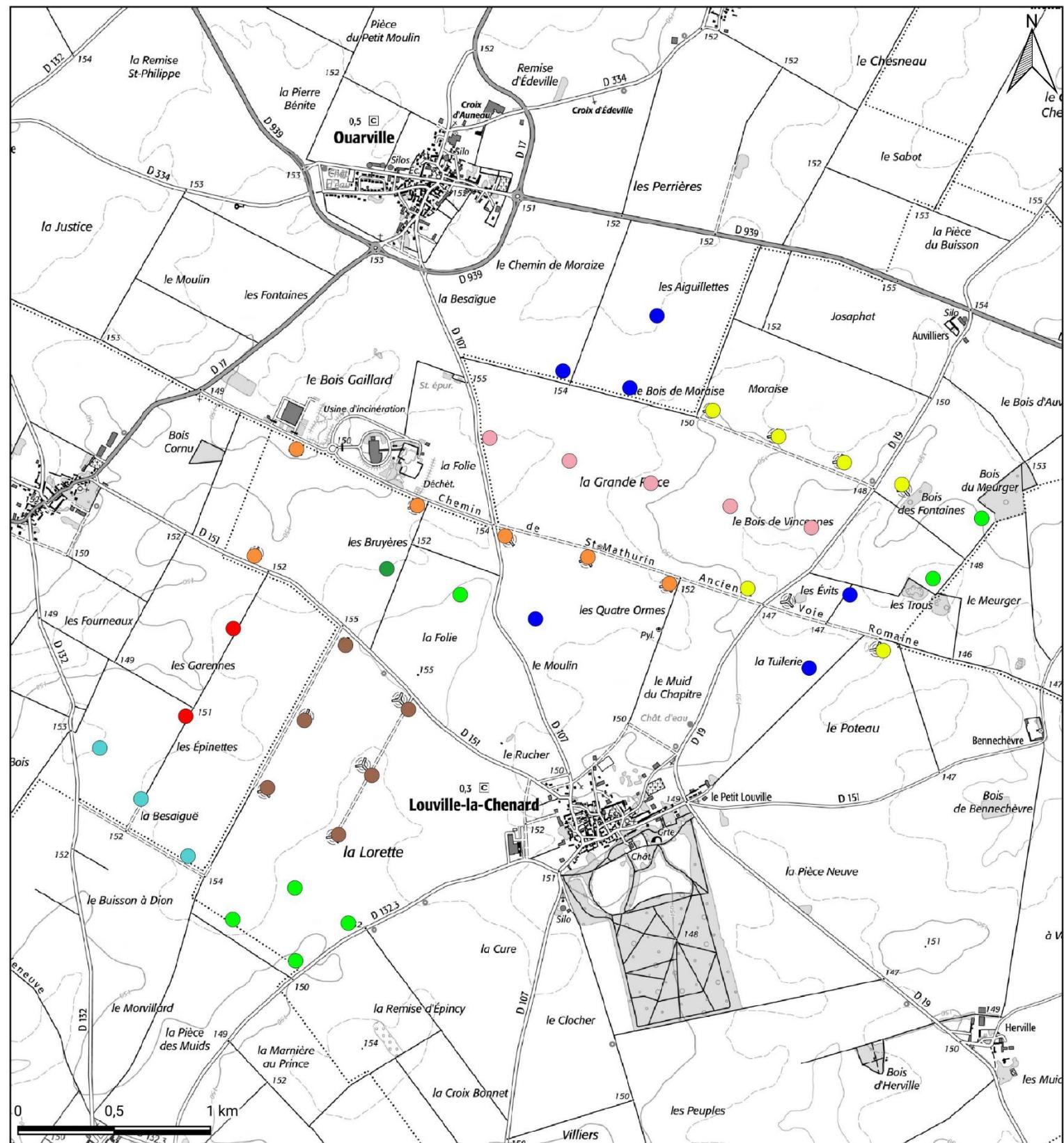
Elles se déclinent en deux grandes catégories (définition des périmètres et des sigles utilisés en annexe 1) :

- Les périmètres de protection et de réglementation du patrimoine naturel, qui incluent des espaces protégés (APPB, CEN, ENS, PNN, PNR, RNN, RNR et RB), ainsi que d'autres espaces réglementés comme les zones conventionnelles Ramsar et les sites Natura 2000 (avec ZPS et ZSC) ;
- Les périmètres d'inventaire du patrimoine naturel, qui correspondent à des espaces inventoriés au titre du patrimoine naturel (ZNIEFF de types I et II).

Les zones naturelles d'intérêt remarquable les plus proches du parc éolien des Épinettes sont :

- La ZPS FR2410002 « Beauce et Vallée de la Conie ». Le parc éolien suivi est situé au sein de la ZPS précitée ;
- La ZSC FR2400553 « Vallée du Loir et affluents aux environs de Châteaudun », constituée de plusieurs entités. La plus proche se situe à environ 8 kilomètres au sud-ouest ;
- Les terrains acquis par un conservatoire d'espaces naturels, FR1505238 « La Michellerie » situés à environ 7 kilomètres au sud-ouest ;
- La ZNIEFF de type I 240001104 « Pelouses d'Ymonville » située à 7 km au sud-ouest ;
- La ZNIEFF de type I 240030358 « Bois de l'Enclos » située à 8,1 kilomètres au nord-est ;
- La ZNIEFF de type I 240009436 « Bois de Sainville » située 9,2 kilomètres au nord-est ;
- La ZNIEFF de type II 240003957 « Vallées de la Voise et de l'Aunay » est composée de plusieurs entités. La plus proche se situe à environ 6 kilomètres au nord-ouest du parc éolien suivi.

La carte 4 - page 17 permet d'apprécier la répartition de ces zones par rapport aux éoliennes du parc éolien des Épinettes.

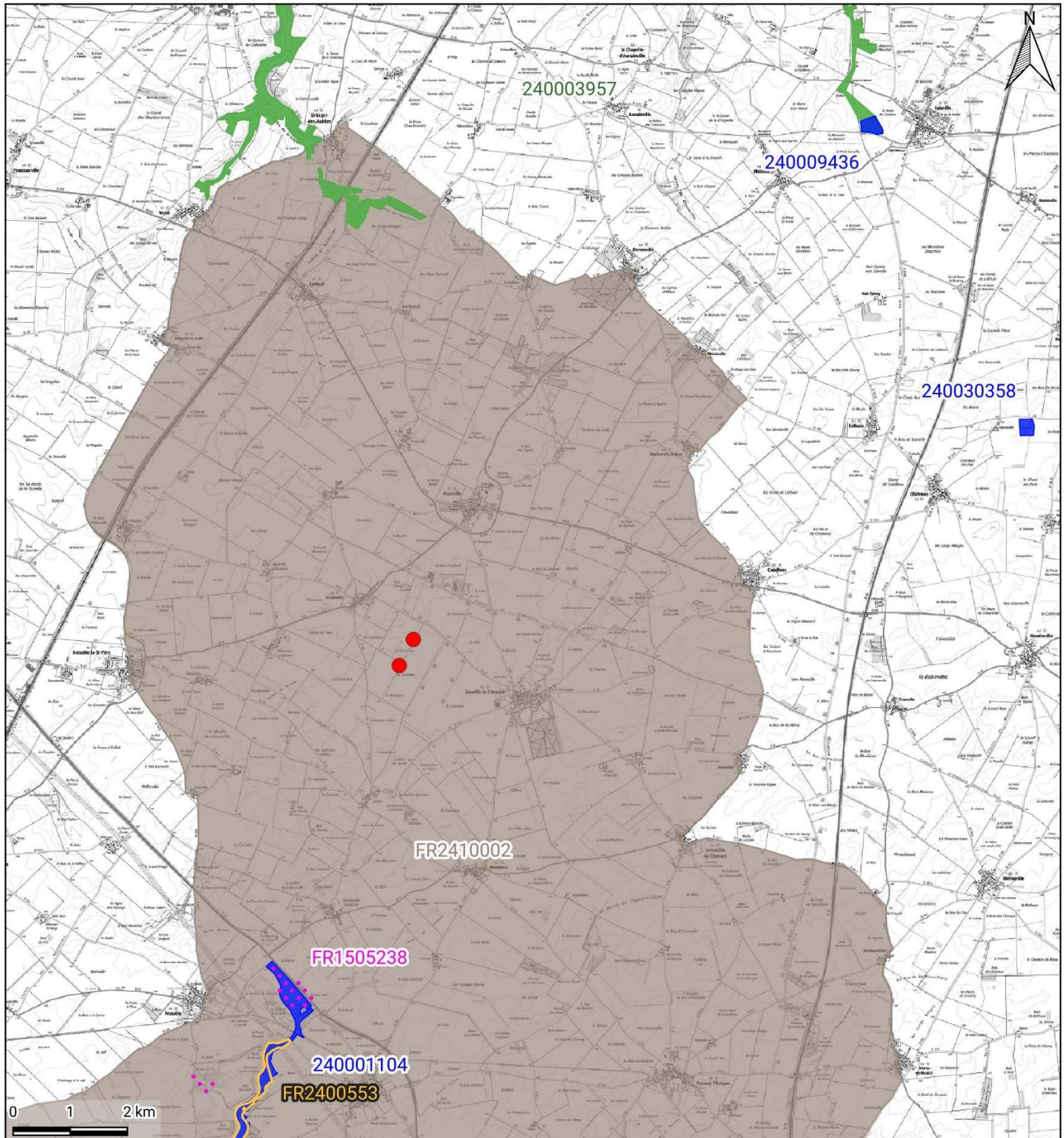


Carte 3 - Illustration du contexte éolien

LEGENDE

Parcs éoliens :

- | | |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| ● CENTRALE ÉOLIENNE DE RÉCLAINVILLE | ● FERME ÉOLIENNE DE LA REMISE DES BRUYÈRES |
| ● FERME ÉOLIENNE DE LA GRANDE PIÈCE | ● FERME ÉOLIENNE DES AIGUILLETTES |
| ● FERME ÉOLIENNE DE LA GRANDE PIÈCE 2 | ● FERME ÉOLIENNE DES ÉVITS ET JOSAPHAT |
| ● FERME ÉOLIENNE DE LA REMISE DE RÉCLAINVILLE | ● PARC ÉOLIEN DES ÉPINETTES |
| ● PARC ÉOLIEN DU BOIS DES FONTAINES | |



Carte 4 - Zones naturelles à proximité du parc éolien

LEGENDE

Parcs éolien :

- Éoliennes suivies

Zones de protection :

- Terrains acquis par des conservatoires d'espaces naturels

- Zone spéciale de conservation

- Zone de protection spéciale

Zones d'inventaire :

- ZNIEFF de type I

- ZNIEFF de type II

3. DONNEES DE L'ETUDE D'IMPACT INITIALE

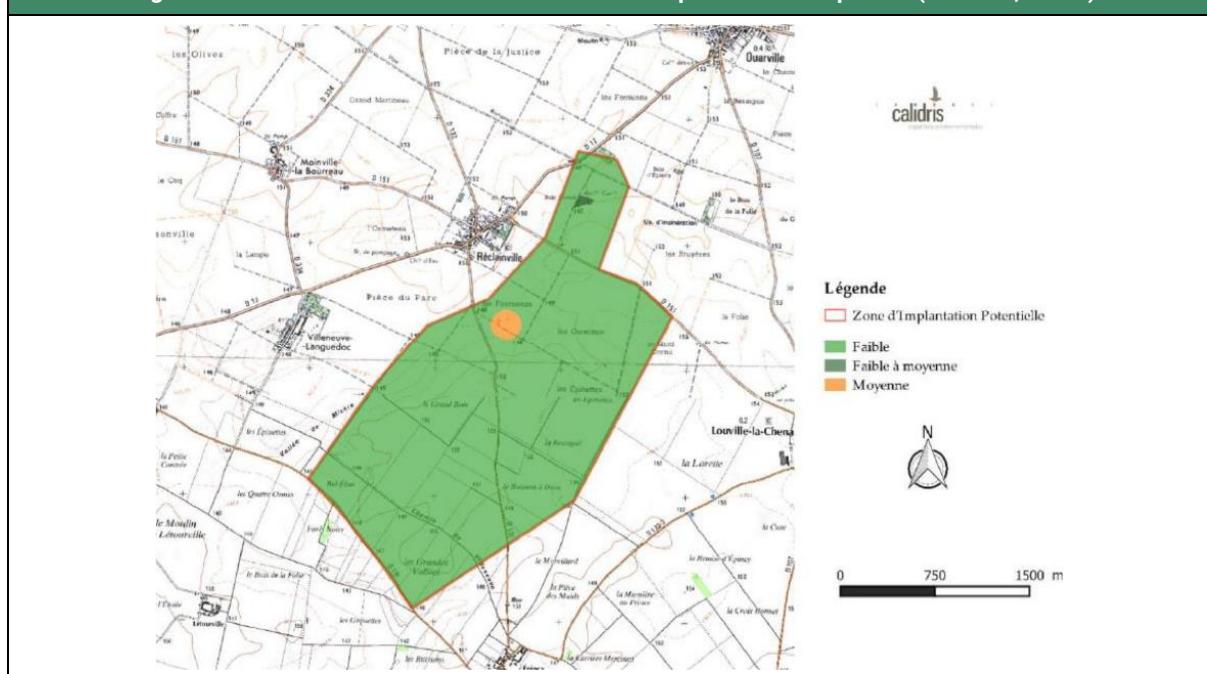
L'étude d'impact initiale a été réalisée et coordonnée par le bureau d'études Tauw France (assisté de Calidris pour les volets écologiques) en 2015.

L'analyse globale a situé le projet au sein d'un espace cultivé ouvert de type « openfield », marqué par la rareté des milieux naturels ou boisés favorables au développement du grand éolien. L'étude écologique conclut que la zone d'étude du projet éolien est concernée par un niveau d'enjeu faible concernant la flore et les habitats.

Les inventaires avifaunistiques ont été réalisés sur un cycle biologique complet à raison de 13 visites sur site entre le 2 octobre 2013 et le 29 mai 2014. Parmi les espèces recensées lors de ces inventaires, 6 présentent des enjeux : le Busard des roseaux, le Busard Saint-Martin, le Faucon Émerillon, la Linotte mélodieuse, l'Œdicnème criard et le Pluvier doré.

Pour les chiroptères, 6 visites de terrain ont été réalisées entre octobre 2013 et septembre 2014. Les espèces recensées étaient la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. La sensibilité chiroptérologique avait été jugée faible en raison de l'absence de zones favorables à leur gîtage (arbres creux) à l'exception de 2 secteurs. Le premier correspondait à un petit boisement au nord et le deuxième à un emplacement d'entreposage de déchets organiques auquel un tampon de 100 mètres avait été appliqué (Figure 3 - page 18). L'augmentation locale de la ressource alimentaire liée à la décomposition pouvait en effet créer une attraction supplémentaire et entraîner une fréquentation accrue. L'étude préconisait alors l'interdiction de l'implantation d'aménagements susceptibles d'attirer les insectes (parterres fleuris), l'avifaune (buissons) et les chauves-souris à proximité immédiate des éoliennes ainsi que la réalisation d'un suivi de mortalité.

Figure 3 - Localisation des zones de sensibilité pour les chiroptères (Calidris, 2015)



4. DONNEES DES SUIVIS POST-IMPLANTATION DEJA REALISES

4.1. SUIVI 2020-2021

4.1.1. Suivi de la mortalité avifaune et chiroptères

Un premier suivi de mortalité post-implantation éolien a été réalisé en 2020-2021 par ENVOL ENVIRONNEMENT. Le suivi mortalité a consisté en la réalisation de 20 passages entre le 25 mai et le 30 octobre 2020 puis entre le 8 mars et le 20 avril 2021 (Envol Environnement, 2022), à raison d'un passage tous les dix jours environ.

Lors des passages, cinq cadavres d'oiseaux ont été découverts sous les deux éoliennes du parc éolien des Épinettes.

Figure 4 - Cadavres recensés lors du suivi de mortalité 2020-2021							
Période	Date	Espèce	Age	Sexe	Éolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât
Mise-bas et nidification	25/05/2020	Hirondelle rustique	Adulte	Indéterminé	E5	52 m	NE
Transit automnal et migration postnuptiale	17/08/2020	Bruant jaune	Adulte	Mâle	E5	2 m	O
	27/08/2020	Pigeon ramier	Indéterminé	Indéterminé	E6	45 m	NO
	20/10/2020	Buse variable	Juvénile	Indéterminé	E5	20 m	N
	20/10/2020	Buse variable	Adulte	Indéterminé	E5	30 m	O

Sur les 5 cadavres retrouvés, 4 ont été trouvés entre août et octobre, soit lors de la période des transits automnaux. L'éolienne E5 semble être la plus accidentogène (4 cadavres sur 5). À noter l'absence de cadavre de chauve-souris.

L'étude concluait sur une mortalité estimée de 29 oiseaux pour la période étudiée et la totalité du parc éolien soit 14,5 individus tués en moyenne par éolienne (HUSO). Les risques pesant sur les chiroptères avaient ainsi été jugés non significatifs tandis qu'ils étaient plus élevés pour l'avifaune.

4.1.2. Suivi de l'activité des chiroptères sur nacelle

Le 15 mai 2020, un détecteur SM4Bat a été positionné au niveau de la nacelle de l'éolienne E5 du parc éolien des Épinettes. L'appareil a étudié la fréquentation du parc éolien par les chauves-souris jusqu'en mai 2021. En raison de problèmes techniques, l'enregistrement n'a pas fonctionné jusqu'au 18 août 2020 et la saison estivale n'a donc pas pu être échantillonnée. Étant donné l'existence d'une campagne identique au niveau du parc éolien de Moulin d'Émannville I situé à proximité du parc éolien des Épinettes (les 2 éoliennes des Épinettes sont précisément éloignées de 8,4 km du parc éolien de Moulin d'Émanville I) et compte tenu de l'homogénéité des milieux, les résultats obtenus pour ce parc ont été utilisés pour la période de mise-bas uniquement.

La durée d'écoute totale a été de 207 nuits équivalent à 2 036,36 heures d'enregistrement.

Figure 5 - Calendrier des durées d'échantillonnage selon les phases étudiées en 2020-2021

Périodes	Saisons	Nombre de nuits d'écoute	Temps d'écoute total (en heures)
Du 16 mars au 27 mai 2021 (Épinettes)	Transits printanier	72	750,40
Du 1 juin au 14 aout 2020 (MEMA I)	Mise-bas	75	619,63
Du 18 août au 17 octobre 2020 (Épinettes)	Transits automnaux	60	666,33
		207	2 036,36

Cinq espèces de chiroptères ont été détectées au niveau de l'éolienne E5 du parc des Épinettes en 2020-2021. Toutes sont d'intérêt patrimonial : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Natusius et la Sérotine commune.

Les écoutes en nacelle ont permis de caractériser l'utilisation du site par les chiroptères. Il en ressort une activité globalement faible. D'après l'analyse de l'influence de certains paramètres sur l'activité, il est apparu que les individus circulaient préférentiellement pour des températures supérieures à 20°C et des vents inférieurs à 8 m/s. L'analyse horaire montre que l'activité a surtout eu lieu pendant les 6 heures qui ont suivi le coucher du soleil. L'activité a majoritairement été enregistrée en automne (août à septembre).

4.1.3. Synthèse

À l'issu du suivi menée en 2020-2021 des mesures avaient été proposées, à savoir l'entretien des plateformes afin de diminuer leur attractivité pour les rapaces et un renouvellement du suivi de la mortalité afin de confirmer les conclusions quant à l'impact réel du parc sur l'avifaune et les chiroptères. L'activité demeurant globalement faible et la mortalité chiroptérologique nulle, la mise en régulation des éoliennes n'avait pas été jugée nécessaire.

4.2. SUIVI 2023

4.2.1. Suivi de la mortalité avifaune et chiroptères

Un second suivi de mortalité post-implantation éolien a été réalisé en 2023 par ENVOL ENVIRONNEMENT. Le suivi de la mortalité a consisté en la réalisation de 20 passages entre le 18 juillet et le 10 octobre 2023, à raison de deux passages par semaine.

Lors des passages, cinq cadavres ont été découverts (1 oiseau et 4 chiroptères) sous les deux éoliennes du parc éolien des Épinettes.

Figure 6 - Cadavres recensés lors du suivi de mortalité 2023

Période	Date	Espèce	Age	Sexe	Éolienne	Distance au mât	Orientation par rapport au mât
Mise-bas et nidification	18/07/2023	Faisan de Colchide	Adulte	Femelle	E5	6 m	N
Transit automnal et migration postnuptiale	18/08/2020	Noctule commune	Adulte	Indéterminé	E5	44 m	S
	18/08/2020	Noctule commune	Adulte	Indéterminé	E5	29 m	SE
	06/09/2020	Noctule commune	Adulte	Indéterminé	E5	40 m	SE
	06/09/2020	Noctule commune	Adulte	Indéterminé	E5	5 m	S

Sur les 5 cadavres retrouvés, 4 ont été trouvés entre août et septembre, soit lors de la période des transits automnaux. L'éolienne E5 semble être la plus accidentogène (5 cadavres sur 5).

L'étude concluait sur une mortalité estimée de 6,86 oiseaux et 27,62 chiroptères par éolienne pour la période étudiée. Les risques pesant sur l'avifaune avaient été jugés non significatifs tandis que les enjeux étaient modérés pour la chiroptérofaune, avec quatre cadavres de Noctule commune découverts en automne.

4.2.2. Suivi de l'activité des chiroptères sur nacelle

En 2023, les données d'altitude de l'éolienne E9 du parc éolien du Moulin d'Émanville I avaient été utilisées afin de pouvoir comparer les résultats 2023 avec ceux de 2020-2021 puisque cette éolienne avait été suivie par Envol Environnement lors du suivi d'altitude de 2020-2021. L'éolienne E9 avait été choisie en raison de son contexte paysager similaire à celui des Épinettes et de sa position centrale afin d'illustrer l'activité maximale ayant lieu sur le secteur.

L'appareil a étudié la fréquentation du parc éolien par les chauves-souris du 24 avril au 6 novembre 2023. La durée d'écoute totale a été de 194 nuits équivalent à 2 368,85 heures d'enregistrement.

Figure 7 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E9 selon les phases étudiées en 2023			
Périodes	Saisons	Nombre de nuits d'écoute	Temps d'écoute total (en heures)
Du 24 avril au 15 mai 2023 (MEMA I)	Transits printanier	21	248,50
Du 16 mai au 15 août 2023 (MEMA I)	Mise-bas	91	957,17
Du 16 août au 6 novembre 2023 (MEMA I)	Transits automnaux	82	1163,18
		194	2368,85

Cinq espèces de chiroptères ont été détectées au niveau de l'éolienne E9 du parc de MEMA I. Quatre d'entre elles sont d'intérêt patrimonial : la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Natusius.

Les écoutes en nacelle ont permis de caractériser l'utilisation du site par les chiroptères. L'activité est qualifiée de modérée sur toute la période d'étude. Il en ressort une exposition modérée à la collision/barotraumatisme de la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle de Natusius durant la période des transits automnaux (de la mi-août à la fin septembre). D'après l'analyse de l'influence de certains paramètres sur l'activité, il est apparu que les individus circulaient préférentiellement pour des températures supérieures à 15°C et des vents inférieurs à 8 m/s. L'analyse horaire montre que l'activité a surtout eu lieu pendant les 5 heures qui ont suivi le coucher du soleil. L'activité a majoritairement été enregistrée entre juillet et septembre.

4.2.3. Synthèse

À l'issu du suivi menée en 2023 des mesures avaient été proposées, à savoir le maintien de l'entretien des plateformes afin de diminuer leur attractivité pour les rapaces, un bridage des éoliennes ainsi qu'un renouvellement du suivi de la mortalité et un suivi en altitude des chiroptères afin d'apprécier l'efficacité de la mise en place du bridage.

MÉTHODE GÉNÉRALE

Cette partie présente et définit les grandes notions utilisées dans le cadre du diagnostic écologique et notamment les termes de patrimonialité et de sensibilité.

1. NOTION DE PATRIMONIALITE

Dans le cadre de l'inventaire du patrimoine naturel, nous définissons des « espèces d'intérêt patrimonial » et leur attribuons un niveau de patrimonialité, en amont de toutes expertises naturalistes. Le statut d'espèce d'intérêt patrimonial n'est pas un statut légal. Il s'agit d'espèces que les scientifiques et les conservateurs estiment importantes pour notre patrimoine naturel, que ce soit pour des raisons écologiques, scientifiques ou culturelles.

Pour déterminer la patrimonialité spécifique et le niveau de patrimonialité, nous utilisons différentes informations :

- **La situation de l'espèce sur les Listes rouges de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN)** : il s'agit d'un inventaire mondial qui définit l'état de conservation global des espèces végétales et animales sous forme de Listes rouges qui se déclinent à différentes échelles. Ici, nous utilisons **les échelles européenne, nationale et régionale**. Ces Listes rouges classent les espèces en différentes catégories selon leur état de conservation (catégories listées ci-dessous).

- **CR** : *En danger critique d'extinction. Les risques de disparition semblent, pour de telles espèces, pouvoir survenir au cours des dix prochaines années, tout particulièrement si rien n'est fait pour les conserver, atténuer les menaces, ou si aucune reprise démographique n'est constatée ;*
- **EN** : *En danger. Les risques de disparition peuvent alors être estimés à quelques dizaines d'années tout au plus ;*
- **VU** : *Vulnérable. Espèce dont le passage dans la catégorie des espèces en danger est jugé probable dans un avenir proche en cas de persistance des facteurs qui sont cause de la menace ;*
- **NT** : *Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises) ;*
- **LC** : *Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible) ;*
- **DD** : *Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes) ;*
- **NA** : *Non applicable* ;
- **NE** : *Non évalué*.

Dans notre étude, une espèce sera considérée d'intérêt patrimonial dès lors qu'elle est classée comme menacée par l'une de ces trois Listes rouges (à partir du statut « NT »).

- **L'intérêt communautaire d'une espèce au titre de Natura 2000** : dès lors qu'une espèce figure sur l'**Annexe I de la Directive « Oiseaux »** ou sur l'**Annexe II de la « Habitats-Faune-Flore »** (abrégée Directive « Habitats » par la suite), elle est considérée comme patrimoniale :

Directive « Oiseaux »

- **Annexe I : Protection stricte de l'espèce et de son habitat qui sera classé en ZPS ;**
- **Annexe II : Espèces pour lesquelles la chasse n'est pas interdite à condition que cela ne porte pas atteinte à la conservation des espèces ;**
- **Annexe III : Espèces pour lesquelles la vente, le transport, la détention pour la vente et la mise en vente sont interdits (1ère partie) ou peuvent être autorisés (2ème partie) selon certaines conditions.**

Directive « Habitats-Faune-Flore »

- **Annexe I : Liste les types d'habitats naturels d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones de protection spéciale (ZPS) ;**
- **Annexe II : Regroupe des espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation (ZSC) ;**
- **Annexe III : Donne les critères de sélection des sites susceptibles d'être identifiés comme d'importance communautaire et désignés comme ZSC ;**
- **Annexe IV : Liste les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte : elle concerne les espèces devant être strictement protégées. Cette liste a été élaborée sur la base de l'Annexe 2 de la Convention de Berne. Certains groupes taxonomiques sont plus strictement protégés par la Directive HFF que par la Convention tels que les chauves-souris et les cétacés ;**
- **Annexe V : Concerne les espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion.**

➤ **Les arrêtés nationaux et préfectoraux de protection des espèces floristiques** : ces éléments concernent les différents arrêtés pris pour la protection des espèces floristiques. Le degré de patrimonialité tient compte de l'annexe ou l'article auquel l'espèce est inscrite.

Ces différents outils réglementaires visent à protéger et prévenir la disparition des espèces végétales menacées qui y sont citées. L'objectif est également de permettre la conservation des biotopes accueillant ces espèces.

Arrêté national du 20 janvier 1982 fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire

- **Annexe I : Liste les espèces dont il est interdit « la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages » de ces espèces listées.**
- **Annexe II : Liste les espèces suivant les mêmes interdictions que celles à l'annexe I, excepté sur les parcelles habituellement cultivées.**

Le niveau de patrimonialité est attribué à chacune des espèces recensées. Une espèce avec un intérêt communautaire aura une patrimonialité plus forte. Le statut de conservation défini par une Liste rouge à l'échelle régionale a autant de valeur qu'un statut défini à l'échelle nationale ou européenne. Pour l'avifaune, il est à noter que le niveau de patrimonialité prend en considération les Listes rouges régionales (établies pour les populations nicheuses) uniquement pour la période nuptiale. Plus une espèce est menacée, plus son niveau de patrimonialité sera élevé. Pour les espèces floristiques, le niveau de patrimonialité est également défini selon la présence de taxons listés, ou non, aux arrêtés nationaux et préfectoraux de protection des espèces. Ces arrêtés constituent des éléments de patrimonialité de la même échelle qu'un statut « quasi menacé » aux listes rouges.

2. NOTION DE SENSIBILITE

La « sensibilité » (= risque d'impact potentiel) des espèces à l'éolien en général est abordée préalablement à l'analyse des impacts liés au projet. Elle exprime le risque de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu identifié du fait de la réalisation du projet. Pour ce suivi, il correspond uniquement à sa sensibilité vis-à-vis du risque de collisions et/ou barotraumatisme.

Afin de définir les sensibilités relatives aux espèces recensées au sein du périmètres d'étude plusieurs critères sont pris en considération :

- L'écologie de l'espèce.
- Les données de mortalité issues des suivis de mortalité (avifaune et chiroptères) compilées à l'échelle européenne (T. Dürr). Cette base de données régulièrement mise à jour permet d'évaluer la sensibilité spécifique en mettant en relation le nombre d'individu retrouvé impacté au pied des parcs européens et les populations spécifiques.

ÉTUDE DES HABITATS NATURELS

ÉTUDE DES HABITATS NATURELS

1. METHODOLOGIE D'INVENTAIRE DES HABITATS

L'assolement des parcelles cultivées est variable chaque année et même au cours de l'année. Des phases de labours, de semis, de cultures hautes et de récolte s'alternent donc, impactant fortement la détectabilité des cadavres.

Les recherches ont consisté à prospecter à pied les zones de surplomb et à identifier les grands types d'habitats visuellement identifiables et à les rapprocher de la typologie EUNIS adéquate.

Les habitats déterminés sont nommés d'après la typologie EUNIS (European Nature Information System). La dénomination peut parfois être renommée afin d'apporter une précision, simplifiée, ou pour ne pas alourdir la légende. Le code EUNIS, bien sûr, reste inchangé. Cela permet ainsi de faire aisément le lien avec le référentiel. C'est un système hiérarchisé de classification des habitats européens. Lorsque les habitats sont d'intérêt communautaire, en plus de la typologie EUNIS, la typologie Natura 2000 listée dans les Cahiers d'Habitats est donnée (notée CH dans le document).

2. DESCRIPTION DES HABITATS

Les surfaces de recherches ont majoritairement été concernées par des cultures notamment céréalières, le reste étant occupé par les plateformes, les chemins et les zones de friches. La figure suivante détaille les pourcentages de surface occupés par chacun de ces habitats sous les éoliennes suivies. Un détail cartographique est disponible en page suivante.

Figure 8 - Pourcentages d'occupation de chaque habitat au sein de la surface de prospection			
Habitats (Eunis)	Pourcentage occupé dans la zone de surplomb		
	E5	E6	
Plateforme d'éolienne (EUNIS mal défini)	13%	12%	
Friche (I1.5)	-	1%	
Chemin enherbé	12%	12%	
Monocultures intensives (I1.1.)	Blé	38%	-
	Colza	12%	14%
	Maïs	25%	-
	Orge	-	61%



LEGENDE

Parc éolien :

- Éoliennes suivies

Protocole :

- Zone de prospection

Assolement 2024 :

- Blé
- Chemin enherbé
- Colza
- Friche
- Maïs
- Orge
- Plateforme

SUIVI DE MORTALITE

SUIVI DE MORTALITÉ

1. METHODOLOGIE GENERALE

Le cadre général est fixé par le protocole de suivi environnemental ICPE dans sa version 2018.

2. MATERIELS ET METHODES

Les suivis de mortalité sur les parcs éoliens ne permettent pas de relever tous les cadavres victimes de collisions ou de barotraumatisme avec les aérogénérateurs. Ils ne sont pas exhaustifs. La présente étude vise donc à estimer le nombre de chauves-souris et d'oiseaux victimes des éoliennes au cours d'une période donnée (exprimée en nombre d'individus/éolienne/pas de temps). Afin d'obtenir la valeur la plus représentative possible, une évaluation de différents facteurs requis par les équations de calculs demeure nécessaire.

2.1. RECHERCHE DES CADAVRES

2.1.1. Effort de surveillance

Le suivi de mortalité s'est déroulé entre le 8 juillet et le 28 octobre 2024 (semaine 28 à 44) pour un total de 17 journées de prospection auxquelles se sont ajoutés des jours de contrôle de la persistance des cadavres.

Les prospections ont débuté après le lever du soleil, quand la lumière permet de distinguer les éventuels cadavres victimes de collisions/barotraumatisme.

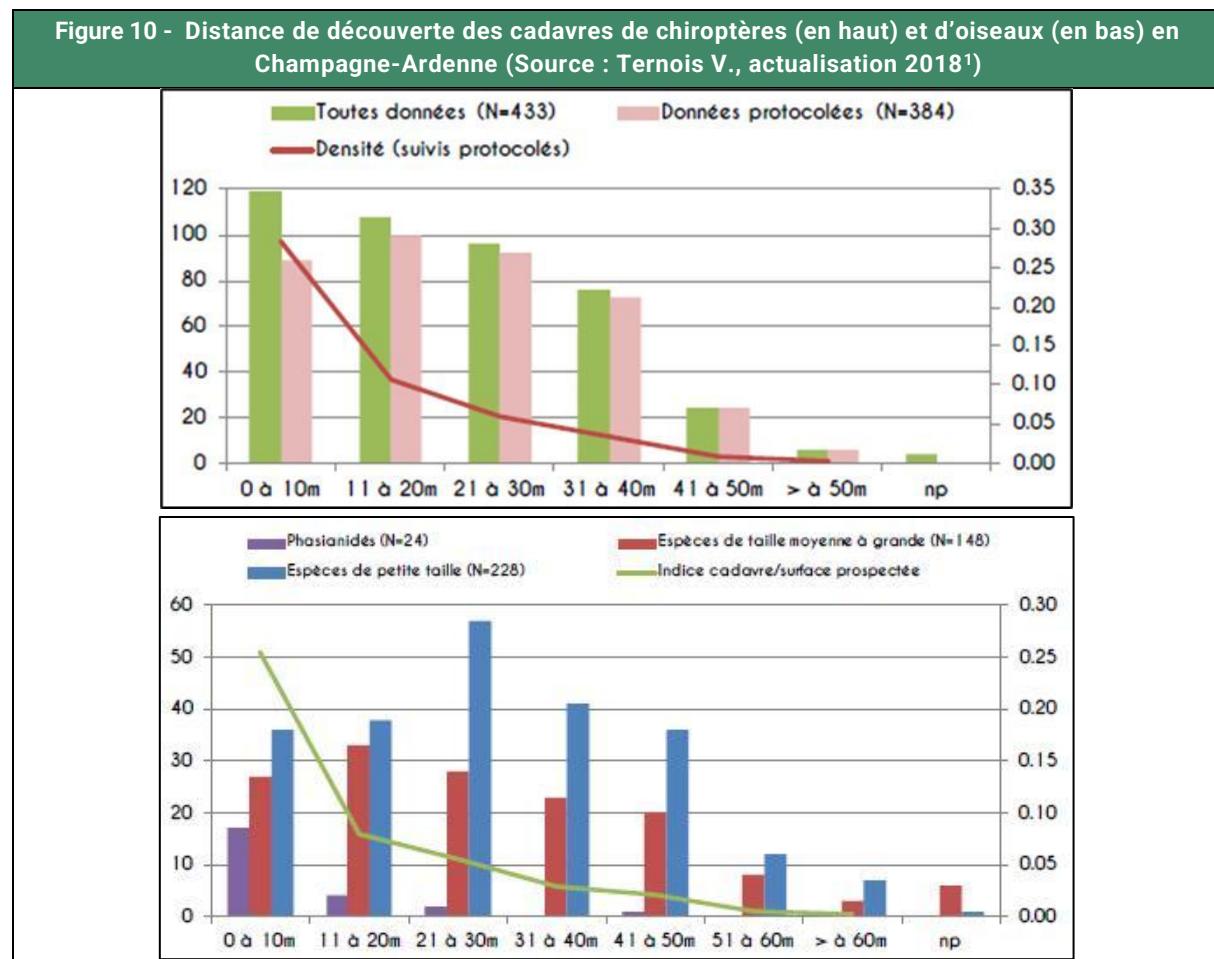
Figure 9 - Calendrier des passages de recherche des cadavres			
Thèmes d'étude	Période des passages	Intervalle moyen entre 2 passages	Nombre de passages
Période de reproduction et de mise bas	Du 8 juillet au 28 juillet 2024	4,67 jours	3 passages
Période de la migration postnuptiale et des transits automnaux	Du 29 juillet au 28 octobre 2024	6,50 jours	14 passages

Le détail des dates de passage et des conditions météo est proposé en annexe 2.

2.1.2. Surfaces et transects de prospection

L'étude de la mortalité s'est traduite par des recherches à vue autour des éoliennes. Le protocole appliqué a été celui préconisé par les publications d'Eurobats ainsi que le protocole de suivi des parcs éoliens (2018), à savoir réaliser des transects de prospection d'un minimum d'éloignement de 50 mètres du mât.

Cette distance permet d'après une étude menée en Champagne-Ardenne de couvrir au mieux la surface possible de chutes des cadavres (Ternois V., actualisation 2018).

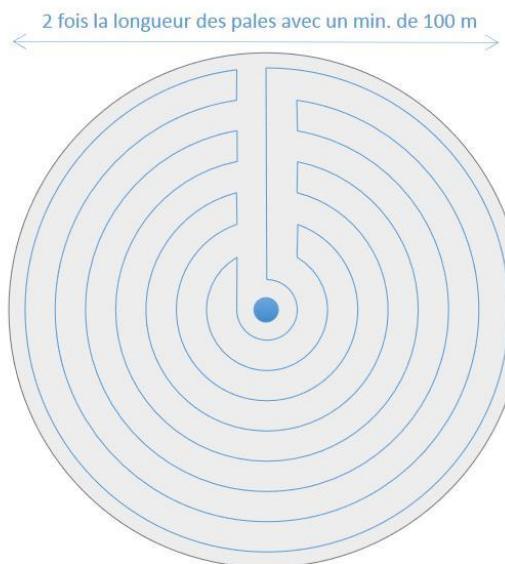


Dans le cas des éoliennes du parc éolien des Épinettes, un cercle de 60 mètres de rayon a été parcouru (Figure 11 - page 31). La figure page suivante illustre les transects parcourus autour d'une éolienne.

Des transects ont été délimités sous chaque éolienne, chacun d'entre eux étant parcouru d'un pas lent et régulier de manière à couvrir une bande de 5 mètres de large. Toutes les éoliennes ont été contrôlées (Carte 6 - page 32).

¹ TERNOIS V. Impact du développement éolien sur les chiroptères et les oiseaux – état des lieux provisoire sur la mortalité connue en Champagne-Ardenne (actualisation 2018), 10p.

Figure 11 - Illustration d'une aire de contrôle et des transects parcourus autour d'une éolienne



Deux éoliennes composent le parc des Épinettes.



Carte 6 - Zones de prospection autour des éoliennes

LEGENDE

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| Parc éolien : | Protocole : |
| ● Éoliennes suivies | □ Zone de prospection |

2.1.3. Compilation des données

La position du cadavre (coordonnées GPS, orientation par rapport à l'éolienne, distance du mât), son état (cadavre frais, vieux de quelques jours, en décomposition, restes...) ainsi que le type de blessures et l'habitat où il a été trouvé ont été notés, photographiées et cartographiés.

Pour chaque carcasse trouvée, les données suivantes ont été consignées :

- Date ;
- Éolienne ;
- Observateur ;
- Nom de l'espèce ;
- État du cadavre (frais, avancé, décomposé, sec) ;
- Age et sexe du cadavre (si possible) ;
- Cause présumée de la mort ;
- Type d'habitat entourant le cadavre ;
- Latitude et longitude (Lambert 93) ;
- Distance entre le cadavre et l'éolienne.

2.1.4. Modèles d'estimation du taux de mortalité

Comme préconisé par le guide de suivi 2018, 3 modèles mathématiques sont proposés pour le calcul des cas de mortalité. L'application « Shiny, Eolapp » mis à disposition en ligne par le CNRS a également été utilisée afin d'obtenir des intervalles de confiance.

Indice d'Erickson (2000)

$$\text{Nestimé} = \left(\frac{I \times C}{\bar{t} \times Z} \right) \times A$$

NB : nous avons ajouté l'indice de correction surfacique à l'équation de base afin de ramener l'estimation produite à la surface réellement prospectée comme pour les autres modèles utilisés.

Indice de Jones (2009)

L'indice de Jones admet plusieurs postulats pour le calcul. Il considère que le taux de mortalité est constant sur l'intervalle de temps considéré, que la durée de persistance d'un cadavre suit une loi exponentielle négative et que la probabilité de disparition moyenne est identique, quel que soit le moment au cours du temps (LPO Drôme).

Est également rajouté le terme d'intervalle effectif, puisque plus l'intervalle est long, plus le taux de persistance est faible. Cet intervalle effectif, noté \hat{I} , correspond à la durée au-delà de laquelle le taux de persistance p est inférieur à 1%. On notera que, dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

$$\text{Nestimé} = \left(\frac{C}{Z \times P \times \hat{e}} \right) \times A$$

Indice de Huso (2010)

Tout en gardant l'hypothèse de Jones que la mortalité est constante au cours du temps, il considère que la probabilité de disparition à la moitié de l'intervalle n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre p (LPO Drôme). On notera que dans l'équation, I prendra la valeur minimale entre I et \hat{I} .

$$Nestimé = \left(\frac{C}{Z \times P \times \hat{e}} \right) \times A$$

Shiny – EolApp

Cette application permet d'éviter les erreurs d'application des différentes équations présentées ci-dessus. Elle donne ainsi une valeur médiane mais également des intervalles de confiance à 80 et 95% pour chaque estimation proposée (Erickson, Huso et Jones).

L'intervalle de confiance représente une étendue de valeurs probables dans laquelle se trouve l'estimation de la mortalité et chacune des valeurs est tout autant possible qu'une autre. En prenant un niveau de confiance à 80, il y a 80 chances sur 100 pour que la valeur de la mortalité soit bien comprise entre la borne inférieure et celle supérieure.

Lorsqu'un intervalle est très grand, il atteste de l'imprécision des statistiques et montre une mauvaise représentativité des résultats. Les conclusions sont donc délicates et à considérer à la lumière de cette imprécision.

Les calculs se basent sur les données de terrain renseignées dans le logiciel et propres au parc étudié et considèrent donc les mêmes formules et ainsi les mêmes indices que les équations présentées précédemment.

2.1.5. Détail des paramètres

Paramètre	Définition	Valeur
A	Coefficient de correction de surface	$1 + \left(1 - \frac{\text{Taux de surface réellement prospectée}}{\text{Taux de surface prospectable}} \right)$
D	Nombre de jours du suivi	-
ê	Coefficient correcteur de l'intervalle	$\frac{\text{Min}(I:\hat{I})}{I}$
I	Nombre de jours moyen entre 2 visites	-
\hat{I}	Intervalle effectif	$-\log(0.01) \times \bar{t}$
N	Nombre de cadavre retrouvé	-
O	Nombre d'éoliennes suivies	-
\bar{t}	Durée moyenne de persistance	$\frac{\sum_{i=1}^n PM * \text{nombre de cadavres disparus à } Ji}{\text{Nombre total de cadavres déposés}}$
PHuso	Taux de persistance selon Huso	$\frac{\bar{t} \times (1 - \exp^{-I/\bar{t}})}{I}$
PJones	Taux de persistance selon Jones	$\exp^{(-0.5 \times I/\bar{t})}$
Z	Efficacité de l'observateur	$\frac{\text{Nombre de cadavres retrouvés}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$

2.2. DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE CORRECTION

2.2.1. Test des persistances des cadavres (\bar{t})

Un test de persistance a été réalisé en période automnale. Au total, 4 cadavres de souris et 4 cadavres de poussins ont été déposés sous les 2 éoliennes du parc des Épinettes (2 souris et 2 poussins par éolienne). Chaque carcasse déposée a fait l'objet d'une localisation par GPS et a été cherchée durant les 3 jours qui ont suivi leur dépôt, de nouveau à J+6 puis lors des passages de mortalité suivants.

Le taux de persistance est supposé constant sur la saison.

Taux de persistance des cadavres :

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n PM * \text{nombre de cadavres disparus à } J_i}{\text{Nombre total de cadavres déposés}}$$

PM¹ = Durée médiane en jours entre le jour de dernière présence et celui de première absence de chaque cadavre déposé.

Figure 12 - Calcul des durées de persistance par éolienne					
Saisons	Dates de prospection	Éoliennes		Total/Moyenne	
		E5	E6		
Période automnale	Cadavres déposés	20/08/2024	4	4	8
	Cadavres retrouvés	21/08/2024	4	4	8
		22/08/2024	4	4	8
		23/08/2024	3	1	4
		26/08/2024	1	0	1
		29/08/2024	0	0	0
	Durée de persistance (\bar{t})		4,75	3,00	3,88

¹ Ravache, A., Normand, B., Barré, K., Goislot, C., Besnard, A., Kerbiriou, C., 2024. Wind farm mortality Estimates: Accounting for carcass persistence survey intervals, Soumis dans Biological Recherche.

2.2.2. Tests d'efficacité des observateurs (Z)

Un test d'efficacité des observateurs a été réalisé le 19 août 2024.

Le test d'efficacité des enquêteurs permet de déterminer le taux de découverte des cadavres. L'objectif de cette démarche est d'estimer le pourcentage de chauves-souris ou d'oiseaux morts ayant échappé à la vue de l'observateur pour avoir une idée de leur efficacité.

Coefficient d'efficacité de l'observateur :

$$Z = \frac{\text{Nombre de cadavres retrouvés}}{\text{Nombre de cadavres déposés}}$$

L'efficacité des observateurs peut être influencée par plusieurs éléments :

- La composition du couvert végétal, sa hauteur et sa densité.
- La structure du sol (plateforme bétonnée, culture humide...).
- Les conditions météorologiques.
- L'expérience et la condition physique de l'observateur (qualité d'observation, fatigue, motivation, concentration).

À chaque test d'efficacité des observateurs, 15 leurres de tailles différentes ont été disposés aléatoirement dans les aires de contrôle des 2 aérogénérateurs du parc. Les coordonnées GPS, de chaqueurre, ont été systématiquement relevées afin de pouvoir retrouver les leurres non observés au terme du test. Immédiatement après le dépôt des leurres par l'enquêteur A, l'enquêteur B a effectué son protocole de prospection habituel en signalant sa découverte ou non des leurres tests.

Le type de leurre utilisé est un morceau de carton, découpé de 2 formats différents (petit et grand) de manière à prendre en compte la capacité de l'observateur à retrouver différentes tailles de cadavres.

Les valeurs du test concernant les petits leurres ont été retenues pour l'analyse de la mortalité des chauves-souris et celles des grands leurres pour les oiseaux.

Figure 13 - Calcul du taux de découverte des leurres par éolienne					
Saison	Date de prospection	Éoliennes		Total/Moyenne	
		E5	E6		
Petits leurres					
Période automnale	Leurres déposés	19/08/2024	8	8	16
	Leurres retrouvés		4	6	10
	Taux de découverte des cadavres (Z)	0,50	0,75	0,63	
Grands leurres					
Période automnale	Leurres déposés	19/08/2024	7	7	14
	Leurres retrouvés		7	7	14
	Taux de découverte des cadavres (Z)	1,00	1,00	1,00	

2.2.3. Calcul du coefficient de correction surfacique (A)

En raison de la présence de cultures parfois très denses ou même de friches, les aires de contrôle définies sous chaque éolienne n'ont pas pu être entièrement prospectées. Un pourcentage de surface contrôlée, propre à chaque journée d'investigation et à chaque éolienne, a dans ce cas été déterminé, et l'indice de correction surfacique se base sur ce pourcentage de prospection.

Coefficient de correction surfacique :

$$A = 1 + (1 - \frac{\text{Pourcentage de surface réellement prospectée}}{\text{Pourcentage de surface théorique}})$$

Figure 14 - Surfaces prospectées autour des éoliennes				
Saisons	Dates	Éoliennes		Coefficient de correction surfacique (A)
		E5	E6	
		Surface prospectée en %		
Période estivale	08/07/2024	37	39	1,62
	15/07/2024	37	39	1,62
	22/07/2024	37	48	1,58
	Taux de prospection moyen		0,37	0,42
			0,40	-
	Coefficient de correction surfacique (A)		1,63	
		1,61		
Période automnale	29/07/2024	67	84	1,25
	05/08/2024	75	97	1,14
	12/08/2024	75	100	1,13
	19/08/2024	75	100	1,13
	26/08/2024	75	100	1,13
	02/09/2024	75	100	1,13
	09/09/2024	75	100	1,13
	16/09/2024	75	100	1,13
	23/09/2024	75	100	1,13
	01/10/2024	75	100	1,13
	07/10/2024	75	100	1,13
	14/10/2024	75	100	1,13
	21/10/2024	75	100	1,13
	28/10/2024	75	100	1,13
	Taux de prospection moyen		0,74	0,99
		0,87		-
Coefficient de correction surfacique (A)		1,26	1,01	
		1,13		

2.3. LIMITES DU SUIVI DE MORTALITE

Il existe plusieurs facteurs qui mèneraient à une mauvaise estimation de la mortalité :

- La disparition des cadavres entre le moment où l'individu meurt et le moment de la recherche sur le terrain (prédation par les charognards, enfouissement par des insectes nécrophages et dégradation rapide). Ce taux de prédation dépend des saisons, des prédateurs présents, de leur spécialisation...
- La difficulté à repérer les animaux, en particulier pour les animaux de petite taille et pendant les périodes où la végétation est la plus haute. L'efficacité de l'observateur peut dépendre de la croissance de la végétation, des capacités de l'observateur, de sa fatigue, des conditions météorologiques... L'efficacité de l'observateur, liée à la recherche de leurres ici représentés par des cartons de différentes tailles, peut entraîner un biais. En effet, les détectabilités des espèces varient selon leur taille ou la couleur de leur pelage, tandis que les tests sont faits uniformément sur des leurres de mêmes couleurs.
- La réduction ponctuelle de la surface de prospection en fonction des conditions locales (zones inondées, forte densité des cultures...). Cette variable dépend de la hauteur des cultures pratiquées et de la topographie du site. Les pratiques agricoles, auxquelles les habitats prospectés sont, pour la plupart, soumis, tendent vers une modification complète du milieu. L'étude de la persistance des cadavres peut donc être fortement biaisée par le labour, tandis que la recherche des cadavres peut s'avérer impossible pendant les périodes où les cultures sont hautes.
- Le « capping loss », c'est-à-dire les individus qui subissent des dommages au niveau de l'éolienne mais meurent quelques mètres plus loin, en dehors des surfaces prospectées. Ceci n'est pas pris en compte par les modèles de calcul disponibles à ce jour.

Les différents indices calculés grâce aux tests permettent de réduire l'influence de ces biais mais ils ne peuvent pas totalement permettre de s'en affranchir. Les estimations sont donc à considérer avec précaution.

3. RESULTATS DES EXPERTISES DE TERRAIN

3.1. BILAN DES CADAVRES OBSERVES

3.1.1. Synthèse des cas répertoriés

À partir des 17 passages réalisés, 2 cadavres d'oiseaux ont été découverts. Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous. Les fiches terrain de découverte de cadavres sont présentes en annexe 5.

Figure 15 - Résultats des recherches de cadavres

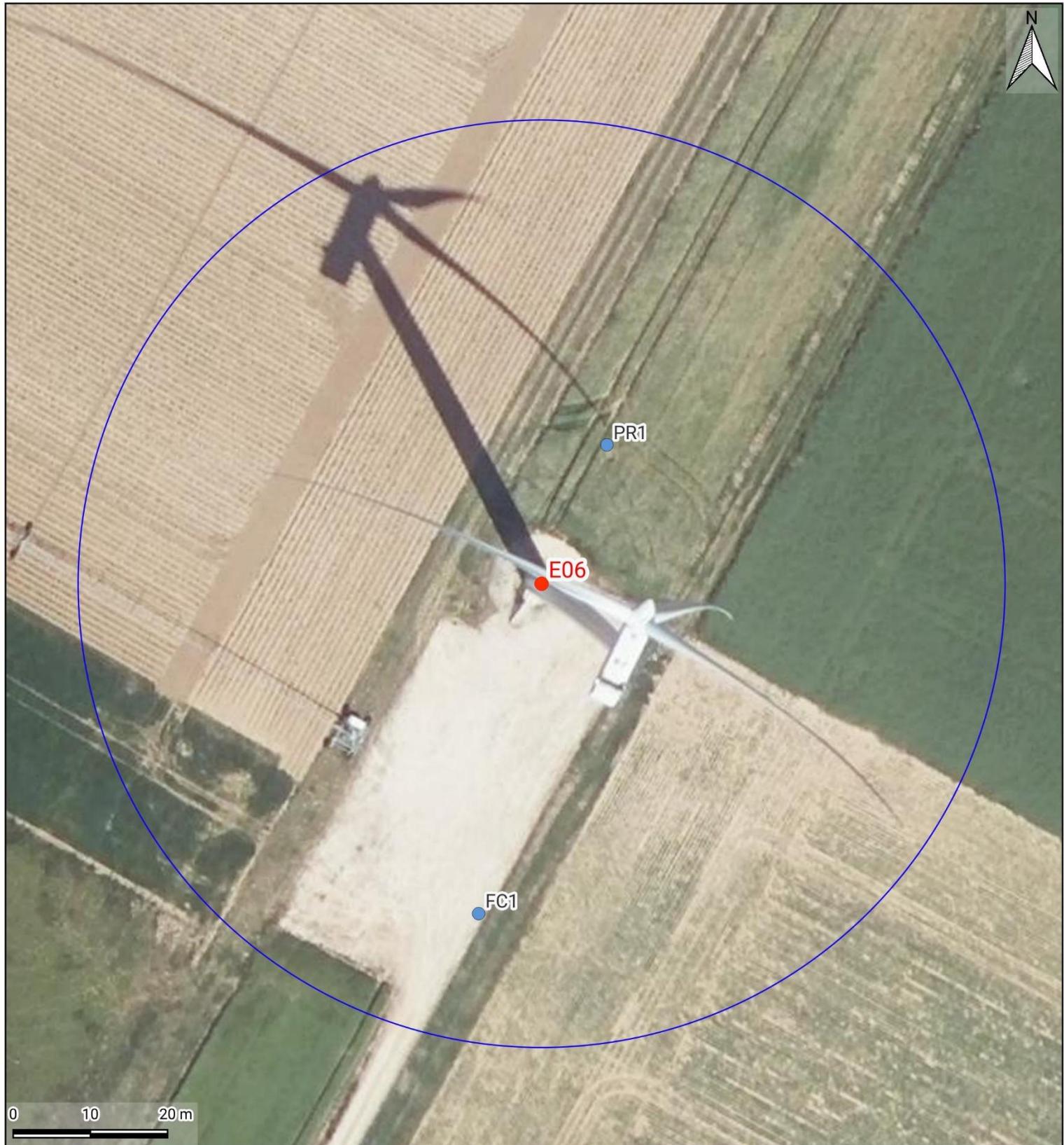


Saison	Date	Espèces	Identifiant	Stade	Sexe	Éolienne	Distance au mât (mètres)	Orientation par rapport au mât
Avifaune								
Période estivale	18/07/2024	Faucon crécerelle	FC1	Adulte	Mâle	E6	30	S
Période automnale	14/10/2024	Pigeon ramier	PR1	Adulte	Indéterminé	E6	20	NE

La colonne « Identifiant » permet de repérer les cadavres sur la cartographie suivante.

3.1.2. Localisation des cadavres retrouvés

La cartographie qui suit présente la localisation des cadavres retrouvés au sein de la zone prospectée.



Carte 7 - Localisation des cadavres découverts

LEGENDE

Parc éolien :

● Éoliennes suivies

Protocole :

Zone de prospection

Mortalité :

● Oiseaux

3.2. ESTIMATION DE LA MORTALITE

Le tableau ci-dessous présente les résultats des recherches de mortalité pour le parc étudié suivant les formules d'Erickson, Jones et Huso.

Les estimations sont données en nombre de cadavres par éolienne pour la période suivie.

Notons que lorsqu'aucun cadavre n'a été détecté au cours de nos prospections, le N estimé n'est pas calculable. Pour autant, cela ne signifie pas qu'aucun individu n'a été tué au cours de la saison par l'éolienne concernée. Une moyenne globale de mortalité attendue par éolienne par année sera discutée dans les analyses.

Sachant que les tests ont été réalisés en automne (persistance des cadavres et efficacité des observateurs), les valeurs associées à ces tests seront également utilisées pour calculer les estimations en période estivale.

3.2.1. Avifaune

Figure 16 - Résultats des estimations de mortalité avifaune (en nombre de cadavres/éolienne pour la période étudiée)

Saisons	Variables	E5	E6
Période estivale	C	0	1
	Z	1,00	1,00
	I	4,67	4,67
	\hat{I}	7,75	7,75
	\hat{e}	1,00	1,00
	\bar{t}	3,88	3,88
	A	1,63	1,58
	Erickson Nestimé	-	1,90
	Jones Nestimé	-	2,89
	Huso Nestimé	-	2,72
Période automnale	C	0	1
	Z	1,00	1,00
	I	6,50	6,50
	\hat{I}	7,75	7,75
	\hat{e}	1,00	1,00
	\bar{t}	3,88	3,88
	A	1,26	1,01
	Erickson Nestimé	-	1,70
	Jones Nestimé	-	2,34
	Huso Nestimé	-	2,09

Exemple de lecture : l'éolienne E6 tuerait 2,09 oiseaux sur la période automnale (d'après Huso).

3.2.2. Chiroptères

Pour rappel, aucun chiroptère n'a été retrouvé. Les calculs n'ont par conséquent pas pu être réalisés pour ce groupe taxonomique.

3.2.3. Shiny

Le CNRS a mis en ligne un outil permettant de calculer les intervalles de confiance des estimations de mortalité des suivis sous les éoliennes. Ces estimations reposent sur des processus d'échantillonnage multiple à partir des données brutes spécifiques à l'étude réalisée. Le logiciel ne prend en charge qu'une valeur par indice et des moyennes ont donc été utilisées par rapport aux résultats précédemment présentés par saisons.

Avifaune

Figure 17 - Paramètres utilisés sur la plateforme Shiny

Paramètres	Période estivale	Période automnale	EolApp
Efficacité observateur	1,00		1,00
Persistance (jours)	3,88		Calculée par le logiciel
Pourcentage de prospection	0,40	0,87	0,63
Intervalle (jours)	4,67	6,50	5,58

Figure 18 - Résultats des estimations de mortalité avifaune- plateforme Shiny

Formule	Médiane	IC 2.5	IC 97.5	IC 0.10	IC 0.90
Erickson	4.43	0.00	12.22	0.00	9.14
Huso	5.89	0.00	15.25	0.00	11.98
Winkelmann	12.70	0.00	63.49	0.00	38.10
Jones	6.38	0.00	17.14	0.00	13.04

Exemple de lecture : le parc tuerait entre 0 et 15,25 oiseaux, avec une médiane s'établissant à 5,89 cadavres, sur toute la période suivie (d'après Huso).

Chiroptères

Pour rappel, aucun chiroptère n'a été retrouvé. Les calculs n'ont par conséquent pas pu être réalisés pour ce groupe taxonomique

3.2.4. Synthèse

Figure 19 - Estimations de mortalité pour le parc entier et sur l'ensemble de la période étudiée

Estimation	Nombre de cadavres estimés (Avifaune)		Nombre de cadavres estimés (Chiroptères)	
	Pour le parc	Par éolienne	Pour le parc	Par éolienne
Erickson Nestimé	3,60	1,80	-	-
Jones Nestimé	5,23	2,61	-	-
Huso Nestimé	4,81	2,40	-	-
Shiny (Huso)	5,89 [0 – 15,25]	2,95 [0 – 7,63]	-	-

Les calculs projettent, d'après HUSO, une mortalité de 4,81 oiseaux sur la période d'étude, soit 2,40 cas par éolienne. La plateforme Shiny indique, pour un intervalle de confiance à 95 %, entre 0 et 7,63 cas, la médiane s'établissant à 2,95 cas par éolienne (toujours d'après HUSO).

Pour les chiroptères, vu qu'il n'y a pas eu de mortalité observée, aucune estimation ne peut être faite.

Les intervalles ayant pour borne basse 0 indiquent néanmoins une faible fiabilité des résultats. Ceux-ci seront nuancés et discutés plus en profondeur dans la suite du rapport.

4. ANALYSE DES RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. ANALYSE DES CAS DE MORTALITE OBSERVES

4.1.1. Causes des interactions avec les éoliennes

La littérature est abondante concernant la mortalité des oiseaux et des chiroptères causés par les structures humaines. La collision avec les éoliennes est richement documentée.

Figure 20 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions

Facteur	TAXON	Explication
		Le brouillard, la pluie mais également les vents forts peuvent entraîner une mauvaise visibilité ainsi qu'une difficulté de manœuvre pour les oiseaux.
		Les chauves-souris évitent de circuler lorsqu'il pleut, qu'il fait trop froid ou que le vent est trop fort car cela nuit à l'abondance des insectes et ne leur permet donc pas de maintenir un ratio apport/dépense énergétique positif. Elles préfèrent donc voler par temps clair, vent faible et lorsque les températures sont douces.
		La nuit, la visibilité est très réduite. Les migrants nocturnes, qui sont par ailleurs généralement des oiseaux diurnes qui choisissent de circuler de nuit pour échapper aux prédateurs sont plus sujets à la collision en raison du manque de repères visuels. Ils ne sont pas adaptés à la détection d'obstacles dans le noir.
		Les périodes de migration sont plus dangereuses que celles de reproduction et d'hivernage. En effet, en hiver, les oiseaux limitent généralement leurs déplacements pour économiser leur énergie tandis qu'en été, ils sont souvent cantonnés à un territoire de nidification assez restreint, ce qui limite leurs déplacements. Ils bougent également le plus souvent à faible altitude, simplement pour relier leurs zones de repos à celles de nourrissage. En revanche, pour migrer, les oiseaux ont souvent tendance à s'élever à des hauteurs qui leur permettent de s'affranchir des obstacles inhérents au sol (arbres, constructions humaines type habitations...). Ils se retrouvent alors facilement dans la fenêtre de rotation des pales. Le fait d'évoluer en groupe est également plus accidentogène, tout comme celui de migrer de nuit (voir point précédent).
		Comme pour les oiseaux, les périodes de migration sont généralement les plus dangereuses. En effet, en hiver, les chiroptères sont en sommeil (risque nul). En été, les femelles restent généralement dans un rayon d'éloignement assez restreint vis-à-vis de leur lieu de mise-bas car leurs petits ont besoin de leur chaleur pour survivre. Elles sortent donc dans l'unique but de se nourrir vite et efficacement. Certaines espèces sont migratrices (noctules et Pipistrelle de Nathusius) et réalisent donc un trajet de plusieurs centaines de kilomètres entre leurs gîtes de mise-bas et ceux d'hibernation. Pendant ces déplacements, elles circulent souvent à des altitudes plus élevées pour éviter les obstacles et émettent moins de signaux d'écholocation, non seulement pour économiser leurs forces, mais aussi parce qu'en théorie, les obstacles doivent être rares. Elles sont donc plus à même de se laisser surprendre par les pales en fonctionnement.
		La lumière peut attirer les oiseaux (phénomène de phare) et notamment les migrants. Il est recommandé de ne pas éclairer les éoliennes et de préférer une lumière intermittente blanche plutôt que rouge.
		La lumière peut attirer insectes, source de nourriture des chiroptères qui viennent donc chercher leurs proies là où elles se trouvent.
		La position d'un aérogénérateur en fonction des enjeux écologiques est souvent déterminée lors de l'étude d'impact initiale. Il y a donc des risques différents selon le secteur d'implantation et il est donc commun qu'une éolienne soit plus accidentogène que sa voisine directe. Les haies, arbres et boisements peuvent également attirer bon nombre d'oiseaux (potentialité de reproduction, de nourrissage et de refuge). Les

Figure 20 - Inventaire des principaux facteurs pouvant entraîner des collisions

Facteur	Taxon	Explication					
		éoliennes situées près de tels habitats sont donc obligatoirement plus à risques que celles placées en plein champ.					
		Tout élément du paysage susceptible d'attirer les insectes est donc attractif pour les chauves-souris. Les arbres, haies, broussailles et les boisements sont donc des habitats prisés par cette faune. Les éoliennes situées près de tels habitats sont donc nécessairement plus à risques que les autres. Eurobats préconise un éloignement de 200 mètres de tout élément arboré.					
		Comme pour le positionnement des éoliennes au sein d'un parc, les effets cumulés de plusieurs parcs les uns par rapport aux autres peuvent entraîner un risque plus grand. Les migrateurs notamment doivent réagir et ajuster leur trajectoire de manière répétée, ce qui entraîne des mouvements parfois anarchiques, désorganisés et de dernière minute qui fatiguent et désorientent les groupes, augmentant le risque de collision. Ces effets cumulés peuvent aussi exister entre un parc et d'autres structures comme une ligne électrique ou des bâtiments.					
		Comme pour les oiseaux, la rencontre d'obstacles multiples peut entraîner des pertes énergétiques de contournement ou d'évitement qui peuvent nuire aux individus déjà affaiblis par la migration et entraîner des souffrances qui augmentent les collisions.					
		La sensibilité à l'éolien est en effet très variable d'une espèce à l'autre. Les rapaces sont notamment concernés car ils chassent souvent dans des habitats propices à l'installation d'éoliennes. Leurs comportements et leur aisance à prendre de la hauteur augmentent fortement le risque de collision. Les migrateurs sont également plus exposés car ils circulent généralement en groupe, créant un effet de dilution de vigilance. Ceux appréciant d'alterner des phases de vol et de repos/alimentation dans les champs sont également concernés par les réalisent des décollages et des atterrissages fréquents qui les font traverser les surfaces de rotation.					
		La sensibilité est également directement liée à l'espèce, les chauves-souris ubiquistes c'est-à-dire celles à l'aise avec une circulation en espace ouvert sont davantage susceptibles de rencontrer des éoliennes que celles fortement liées aux boisements. Les migratrices sont également plus exposées à la collision en raison de leurs déplacements sur de longues distances et à des altitudes supérieures.					
		Constance Blary ¹ a récemment documenté la perception visuelle des oiseaux et notamment celle du contraste achromatique. Elle a démontré une variabilité de cette perception du contraste en fonction de l'espèce, qui serait alors de 7 à 30 fois inférieure à celle des humains. La luminosité joue sur cette capacité intrinsèque (diminution du contraste en lui-même en cas de temps gris ou la nuit) ainsi que le mouvement des pales, qui peut induire les individus en erreur en les amenant à percevoir les pales comme statiques lorsqu'elles tournent trop doucement ou trop vite.					
							
Météo	Heure du jour	Jour de l'année	Luminosité	Paysage	Effets cumulés	Comportement individuel	

Les oiseaux, comme les chiroptères, ne percutent pas toujours que les pales en fonctionnement mais également les mâts ou les nacelles. Le risque de collision dépend de l'espèce, du nombre d'individus, du comportement mais également des conditions météorologiques (brouillard ou pluie qui rendent faible la visibilité du parc éolien par l'avifaune) et de la topographie du site (Drewitt et Langston 2006). Les chiroptères sont également susceptibles de subir un barotraumatisme entraînant la mort (Baerwald et al. 2008).

¹ BLARY, C. et al, 2023. Detection of wind turbines rotary motion by birds: a matter of speed and contrast, Conservation Science and Practice, September 2023, 12p.

4.1.2. Age et sexe

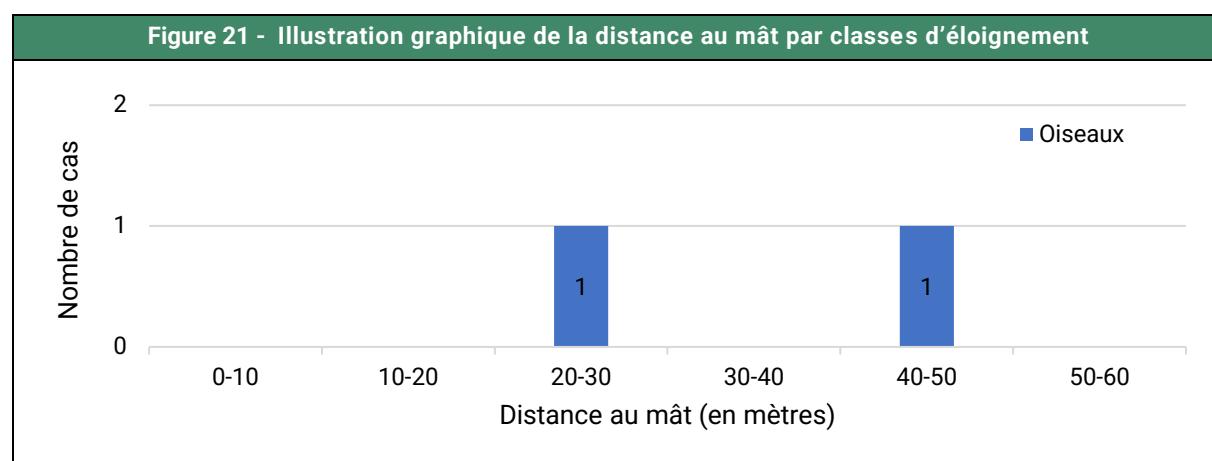
L'état de conservation des carcasses retrouvées peut parfois rendre difficile l'identification de l'espèce et du sexe lorsque l'espèce présente un dimorphisme sexuel.

Pour les oiseaux, lorsque le dimorphisme est très peu marqué via les couleurs, il est très difficile de distinguer le mâle de la femelle, comme c'est le cas pour le Pigeon ramier. Pour le Faucon crécerelle, les mâles sont généralement plus contrastés et colorés que les femelles

4.1.3. Distance au mât

La distance moyenne au mât des cadavres découverts est de 31,5 mètres.

Les corps peuvent être précipités directement au sol après leur impact, ou projetés. Le déplacement des corps par des prédateurs entre le moment où ils tombent au sol et leur découverte n'est pas exclu. Cela peut biaiser la distance moyenne obtenue. On ne tire donc aucune conclusion de ce paramètre.

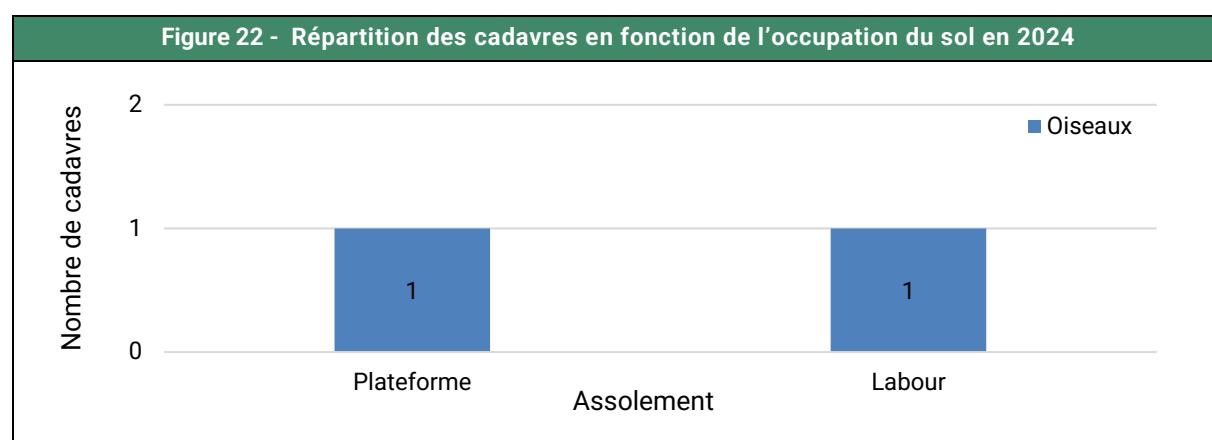


4.1.4. Orientation

Les cadavres d'oiseaux ont été observés au nord comme au sud des éoliennes.

4.1.5. Occupation du sol

Tous les cadavres découverts se situaient sur des milieux non végétalisés ou avec une végétation basse.



4.1.6. Statut des espèces et sensibilités à l'éolien

Oiseaux

Figure 23 - Statut des oiseaux trouvés lors des prospections								
Espèces	Nombre de cadavre	Protection national	Listes rouges				Directive Oiseaux	
			Europe	France				
				Nicheur	Hiver	De passage		
Faucon crécerelle	1	Art. 3	LC	NT	NA	NA	LC	-
Pigeon ramier	1	-	LC	LC	LC	NA	LC	II ; III

En **gras** les espèces patrimoniales.

Figure 24 - Sensibilité à l'éolien des oiseaux trouvés lors des prospections				
Espèces	Indice de vulnérabilité France ¹	Sensibilité à la perte d'habitat	Sensibilité à la collision	Cas de mortalité en France (T.Dürr ² , 2023)
Faucon crécerelle	2,5	Non	Très élevée	347 cas
Pigeon ramier	0,5	Non	Élevée	222 cas

Indice de vulnérabilité : 0,5 : très faible / 1 – 1,5 : faible / 2 – 2,5 : moyen / 3 – 3,5 : fort / 4 – 4,5 : très fort.

En **gras** les espèces patrimoniales.

Toutes les espèces retrouvées lors du suivi de 2024 sont connues pour être sensibles au risque de collision et barotraumatisme. Selon une étude de la LPO³ (Figure 25 - page 49) ainsi que les chiffres de mortalité compilés par T. Dürr en 2023 (Figure 26 - page 49), ces espèces font parties de celles les plus couramment impactées par les parcs éoliens en France.

¹ <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/25102017-guide-regional-hdf-priseencomptedesoiseauxetdeschauvessouris danslesprojetsolien.pdf>

² <https://lfp.brandenburg.de/lfp/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>

³ LPO, 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. 92 p

Figure 25 - Principales espèces d'oiseaux retrouvées sous les éoliennes (Source : LPO, 2017¹)

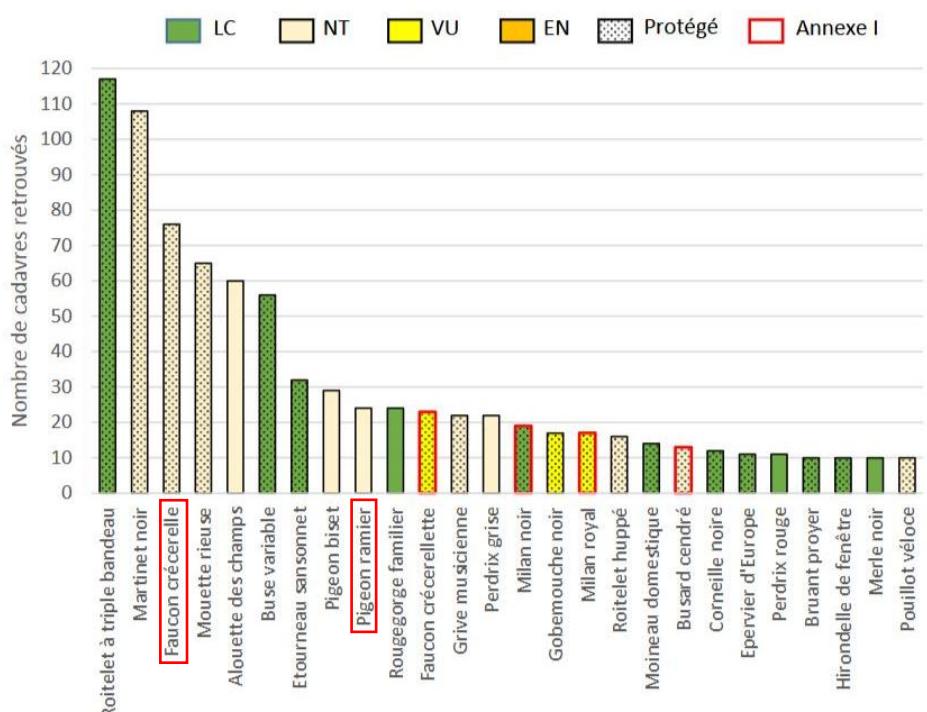
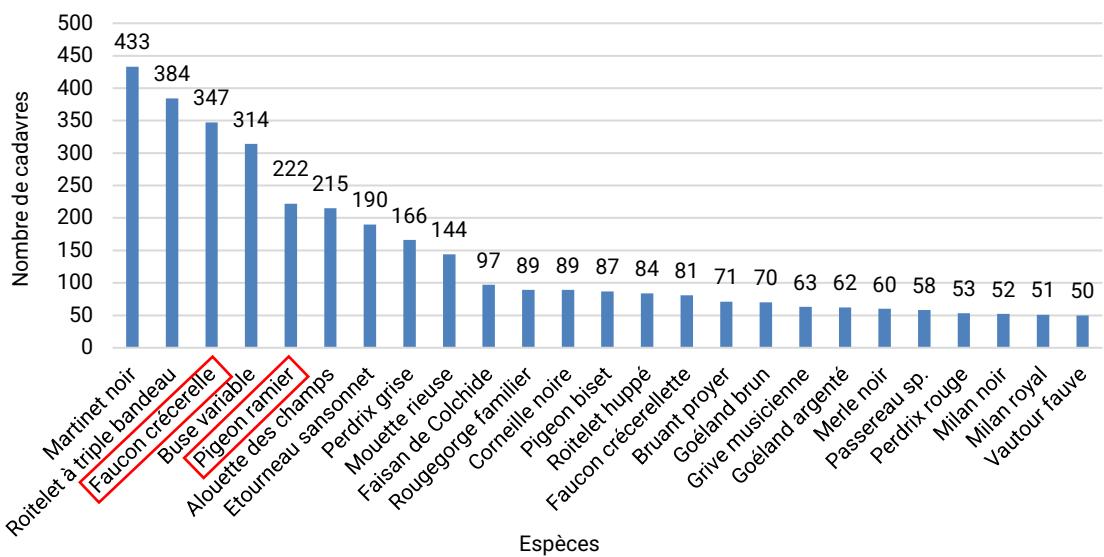


Figure 26 - Cas de mortalité en France – Les espèces d'oiseaux les plus impactées (Dürr, 2023²)



Encadré en rouge, les espèces retrouvées mortes en 2024 sur le parc.

¹ LPO, 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. 92 p

² <https://lfp.brandenburg.de/lfp/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergianlagen-auf-vogel-und-fledermaeuse/>

4.2. ANALYSE DES RESULTATS DES TESTS

4.2.1. Test observateur

Dans le cas du suivi du parc éolien des Épinettes, un test a été réalisé, durant la période automnale. Pour rappel, 15 leurres ont été placés par une personne A au sein des cercles de prospection des deux éoliennes, et une personne B a effectué ses transects de recherche en essayant de les repérer comme elle repérerait un cadavre.

Le taux d'efficacité observateur global est jugé bon (81%), s'établissant à 63% pour les petits leurres (chiroptères) et 100% pour les grands leurres (oiseaux).

4.2.2. Test de persistance

Après avoir disposé les cadavres tests au sein des parcelles, l'observateur a tenté de les retrouver grâce à leurs positions GPS. En règle générale, les cadavres disparaissent rapidement, que ce soit à cause de la prédateur (par les renards, les rapaces, les insectes nécrophages...) ou éventuellement à cause des passages des engins agricoles dans les champs. En moyenne, d'après la bibliographie, environ la moitié des cadavres devraient disparaître dès les premières 48 heures.

Pour les éoliennes suivies, la persistance chute de moitié après le 3^{ème} jour sur site (présence de 4 cadavres sur les 8 après 3 jours en période automnale).

Le type de culture environnant, la proximité de terriers de prédateurs et de leurs petits ou tout simplement le hasard de la prospection d'animaux peuvent influencer cet indice. La persistance peut donc être très différente d'une éolienne à l'autre dans le temps en fonction de la présence des prédateurs mobiles.

La persistance en période automnale est plutôt moyenne (3,88 jours).

4.2.3. Pourcentage de prospection et taux de correction de surface

De manière globale, se trouve sous une éolienne :

- Une partie gravillonnée correspondant aux fondations du mât, au chemin d'accès et à la plateforme.
- Une zone de terre meuble et une zone enherbée en friche se situant autour des fondations, souvent constituée de graminées plus ou moins hautes selon l'entretien.
- Une zone d'activité agricole.

Les parties gravillonnées offrent une visibilité maximale (sol nu), tandis que les zones de friches, si elles ne sont pas entretenues, en offrent une plutôt médiocre. La valeur du taux de prospection est donc spécifique à une éolienne pour une période donnée, ici : la saison.

Dans le cas du parc éolien des Épinettes, les deux éoliennes se situent au sein de parcelles agricoles. Théoriquement, l'entièré étendue des aires de prospection peut être parcourue. Cependant, les variétés cultivées à certains endroits, comme le colza, le blé, le maïs ou l'orge, peuvent rendre la parcelle inaccessible.

C'est pourquoi un indice de correction de surface (A) propre à chacune de ces éoliennes a été intégré dans tous les calculs. Au plus la surface réellement prospectée s'approche de la surface théorique, au plus les estimations sont précises, et au plus la surface prospectée est faible, au plus le risque d'erreurs par surestimation du calcul est grand.

Le pourcentage de prospection est moyen en période estivale (40% de surface prospectable) et bon en période automnale (87% de surface prospectable).

4.3. ANALYSE DES CALCULS DE MORTALITÉ

4.3.1. Note sur les méthodes utilisées

D'après une étude menée en région Rhône-Alpes¹ qui s'est penchée sur la justesse des différentes méthodes de calcul, il semblerait que l'indice d'Erickson ne soit pas pertinent lorsque la durée de persistance est trop élevée (ce qui n'est pas le cas ici). Les méthodes de Jones et d'Huso, qui fonctionnent à chaque fois, seraient les plus proches de la réalité. Une standardisation des suivis de mortalité au niveau national permettrait de reconnaître l'utilisation préférentielle de l'indice d'Huso et de proposer un protocole national réplicable. Une étude menée par la LPO Vendée² confirme le choix de l'utilisation de cet indice, tandis que la LPO France préfère faire une moyenne des indices calculés.

Les analyses présenteront donc 3 indices et les conclusions seront basées sur les calculs selon Huso, les intervalles de confiance étant issus de l'utilisation d'EolApp (CNRS).

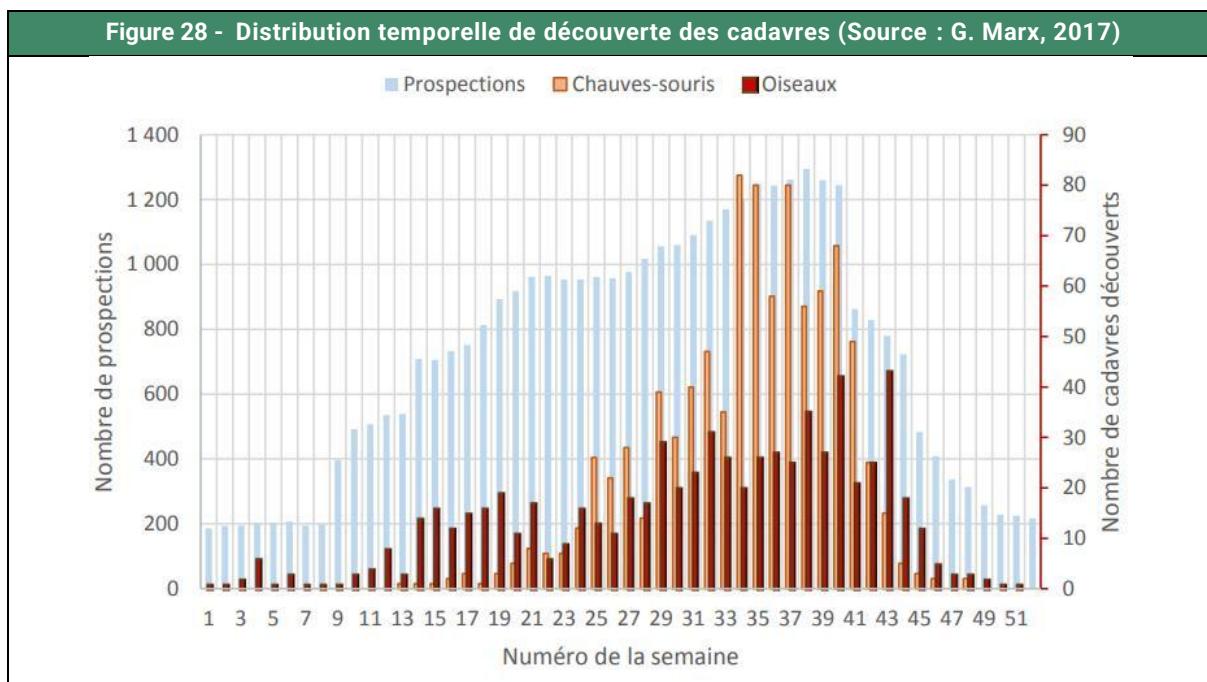
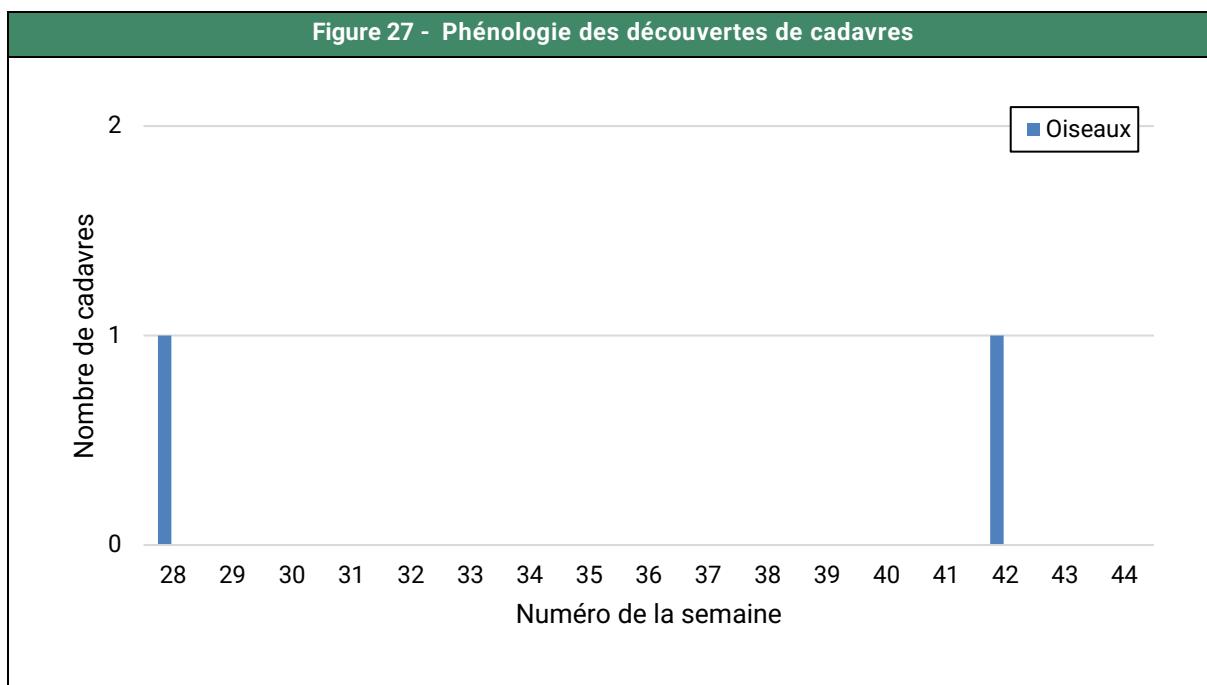
À noter que les modèles d'estimation sont basés sur l'utilisation d'indices américains qui diffèrent fortement de ceux mis en évidence en Europe. La durée de persistance observée aux USA est notamment bien plus longue, ce qui fait que les calculs produits pour la France sont automatiquement surestimés.

Aucun modèle ne prend d'ailleurs en compte le fait qu'un cadavre manqué par l'observateur au passage P1 puisse être trouvé au passage P2 ce qui entraîne nécessairement la surestimation des projections. Les projections seront donc nuancées dans la partie discussion.

¹ Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes, LPO Drôme, 2010

² Retour sur 10 années de suivi de mortalité en Vendée, LPO Vendée, 2013

4.3.2. Analyse temporelle des résultats



D'après la bibliographie (Figure 28 - page 52), l'automne est généralement la période la plus mortifère, notamment pour les chiroptères. Les deux cadavres d'oiseaux, eux, ont été retrouvés entre la semaine 28 et 42, période connue pour être particulièrement mortifère.

4.3.3. Analyse spatiale des résultats

Seule l'éolienne E6 a entraîné des cas de mortalité.

Les raisons qui ont poussé les individus à s'approcher des pales restent floues et mal connues, et sont donc très spéculatives. Il est difficile de raisonner sur la dangerosité spécifique des éoliennes car les espèces concernées sont susceptibles d'occuper la totalité du secteur. La présence d'éléments boisés à proximité immédiate des éoliennes peut constituer des corridors privilégiés pour la chiroptérofaune et l'avifaune. Cependant, les éoliennes sont situées à plus de 200 mètres de tout élément arboré, ce qui limite leur caractère accidentogène vis-à-vis des espèces dépendantes de ce type de milieu.

4.3.4. Analyse globale de la mortalité

Figure 29 - Mortalité globale pour le parc et par éolienne				
Estimation	Parc (2 éoliennes)		Par éolienne	
	Avifaune	Chiroptères	Avifaune	Chiroptères
Erickson Nestimé	3,60	-	1,80	-
Jones Nestimé	5,23	-	2,61	-
Huso Nestimé	4,81	-	2,40	-
Huso (EolApp 95%)	5,89 [0 - 15,25]	-	2,95 [0 - 7,63]	-

Par éolienne, l'estimation varie entre 1,80 (selon la méthode d'Erickson) et 2,61 cadavres d'oiseaux pour la période étudiée (selon la méthode de Jones). La méthode de Huso donne un résultat intermédiaire, à savoir 2,40 cadavres.

Les calculs projettent, d'après EolApp (Huso), 2,95 (IC95% [0 - 7,63]) oiseaux tués par éolienne pour le parc éolien des Épinettes entre les semaines 28 et 44 de l'année 2024.

Pour les chiroptères, vu qu'il n'y a pas eu de mortalité observée, aucune estimation ne peut être faite.

Les intervalles ayant pour borne basse 0 indiquent néanmoins une faible fiabilité des résultats. Ceux-ci seront nuancés et discutés plus en profondeur dans la suite du rapport

5. CONCLUSION GENERALE DU SUIVI DE MORTALITE

À partir des 17 passages de mortalité effectués entre la semaine 28 et 44 de l'année 2024, deux cadavres ont été découverts.

Deux cadavres d'oiseaux ont été découverts : un Faucon crécerelle et un Pigeon ramier.

Toutes les espèces retrouvées lors du suivi de 2024 sont connues pour être sensibles au risque de collision et barotraumatisme. D'après plusieurs études (LPO¹, T.Dürr (2023)²), la majorité de ces espèces font parties de celles les plus couramment impactées par les parcs éoliens. En effet, ces espèces chassent au-dessus des cultures (Faucon crécerelle) ou se nourrissent au sol dans les cultures (Pigeon ramier).

Les calculs projettent d'après HUSO, une mortalité de 2,40 oiseaux par éolienne entre les semaines 28 et 44 pour l'année 2024. Les données fournies par l'application EolApp se situent à 2,95 oiseaux par éolienne (IC 95 % : 0 – 7,63).

Au vu des deux seuls cas de mortalité observés et des faibles estimations de mortalité, aucun effet délétère du fonctionnement du parc éolien des Épinettes sur la santé des populations aviaires fréquentant le parc n'est attendu. Les impacts négatifs résiduels liés à l'installation des éoliennes semblent non significatifs.

Aucun cadavre de chiroptère n'a été découvert. En l'absence de cadavres de chauves-souris et grâce à la mise en place d'un bridage nocturne, l'impact sur la chiroptérofaune est supposé très faible.

Afin de conclure plus aisément sur les impacts résiduels liés au fonctionnement des éoliennes, les résultats d'estimations de mortalité seront discutés dans la partie discussion du présent rapport.

Les analyses des données de l'appareil d'écoute en continu installé en altitude pendant l'année 2024 et exposées dans la partie suivante permettront de statuer sur l'intensité et la composition du flux chiroptérologique transitant au niveau du parc.

¹ LPO, 2017. Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. 92 p

² <https://lfp.brandenburg.de/lfp/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-t-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>

ÉTUDE DES CHIROPTÈRES

ÉTUDE DES CHIROPTÈRES

1. PROTOCOLE D'ECOUTE EN CONTINU EN NACELLE D'EOLIENNE

1.1. OBJECTIFS DU PROTOCOLE

Des écoutes en continu à hauteur de la nacelle de l'éolienne E5 ont été réalisées entre le 4 juin et le 15 novembre 2024 afin de pouvoir corrélérer les données d'altitude aux résultats des recherches de mortalité. L'éolienne E5 est représentative de la typologie d'habitats qui composent le site d'étude : milieux cultivés.

L'objectif de cette expertise a été la qualification et la quantification de l'activité chiroptérologique autour du rotor de l'éolienne. Les résultats, analysés par saison, permettent de quantifier plus précisément les risques de mortalité au niveau du parc éolien.

Une corrélation avec les données météorologiques (vitesse de vent et température) permettra également d'apprécier les paramètres favorables à l'activité chiroptérologique.

1.2. PROTOCOLE DES ECOUTES EN CONTINU

1.2.1. Dispositif d'écoute

Le Batlogger WE X1 de chez Elekon a été spécialement développé pour monitorer l'activité chiroptérologique au sein des éoliennes.

Il permet des écoutes passives en continu et est accessible à distance par une connexion satellite en 4G. Grâce à sa fiabilité et sa connexion à distance, il ne nécessite aucune maintenance. Un abonnement annuel à Batlogger connect est néanmoins obligatoire et permet de surveiller l'enregistreur, de tester le microphone 24h/24h, de modifier les paramètres (périodes d'enregistrement, plages horaires...), de visualiser et sauvegarder les sons.

Le microphone est placé à l'arrière de la nacelle.

Le Batlogger et son microphone présentent une sensibilité de 10 à 150 khertz (full spectrum) et enregistre en temps réel d'une heure avant le coucher de soleil à une heure après le lever. Son horodatage est automatique grâce à sa localisation GPS.

Envol Environnement atteste de la conformité et du bon fonctionnement du microphone installé sur le parc éolien des Épinettes sur l'ensemble de la période d'écoute bien qu'une maintenance de l'éolienne ait entraîné l'arrêt du microphone du 1^{er} au 3 juillet 2024.

Éoliennes équipées

L'éolienne E5 a été équipée avec un Batlogger WE X1 en 2024.

La cartographie suivante localise l'éolienne équipée d'un Batlogger au sein du parc éolien des Épinettes.



Carte 8 - Localisation de l'éolienne équipée d'un Batlogger

LEGENDE

Parc éolien :

- Éolienne équipée d'un Batlogger
- Éoliennes suivies

Durée d'échantillonnage

Ce protocole permet d'étudier l'activité chiroptérologique au niveau du rotor de l'éolienne E5 sur toute la durée de la nuit (enregistrement 1 heure avant le coucher du soleil jusqu'à 1 heure après le lever du soleil) et 7j/7 sur toute la période d'activité des chiroptères. Dans le cadre de l'étude, ce protocole a été appliqué entre juin et novembre 2024 avec un Batlogger disposé en nacelle de l'éolienne E5. L'installation a été réalisée le 4 juin 2024. Le tableau suivant présente les périodes d'enregistrement par le dispositif d'écoutes en continu pour chacune des saisons.

Figure 30 - Calendrier des durées d'échantillonnage sur E5 selon les phases étudiées			
Périodes	Saisons	Nombre de nuits d'écoute	Temps d'écoute total (en heures)
Du 04 juin au 15 août 2024	Mise-bas	71	762,23
Du 16 août au 11 novembre 2024	Transits automnaux	91	1 316,10
		162	2 078,33

Plusieurs nuits n'ont pas pu être enregistrées en raison d'une maintenance de l'éolienne. Une perte de données a eu lieu du 1^{er} juillet au 3 juillet 2024.

2. METHODOLOGIE DE TRAITEMENT DES SIGNAUX ULTRASONIQUES

2.1. UNITE DE MESURE

L'utilisation du nombre de contacts de chauves-souris permet une évaluation plus rigoureuse de leur activité. En effet, un seul individu peut émettre plusieurs cris, il est donc difficile d'identifier le nombre d'individus.

Le contact acoustique est l'élément de base. C'est l'unité quantitative de l'activité qui permettra la comparaison entre les études menées par d'autres auteurs (BARATAUD M., 2012). Un contact correspond à une séquence acoustique bien différenciée, captée en hétérodyne ou en division de fréquences. Un train de signaux (même très court, de quelques signaux) constitue donc un contact brut. Si un deuxième le suit immédiatement avec un court silence entre les deux (supérieur à la durée des intervalles entre signaux d'une même séquence), il correspondra à un deuxième contact brut. Un même individu chassant en aller et retour, peut ainsi être noté plusieurs fois, car les résultats quantitatifs expriment bien une mesure de l'activité et non une abondance de chiroptères.

Certaines circonstances posent cependant un problème de quantification des contacts bruts. Lorsqu'une ou plusieurs chauves-souris restent chasser dans un secteur restreint, elles peuvent fournir une séquence sonore continue (parfois sur plusieurs minutes) que l'on ne doit pas résumer à un contact unique par individu, ce qui exprimerait mal le niveau élevé de son activité. On compte, dans ce cas, un contact toutes les tranches pleines de cinq secondes pour chaque individu présent. Cette durée correspondant environ à la durée moyenne d'un contact isolé. Ainsi, une séquence sans interruption durant 8 secondes sera notée comme deux contacts, une séquence durant 12 secondes sera comptée comme trois contacts...

Le contact dit « contact brut » est directement enregistré sur le terrain via un appareil de détection ultrasonore (Batalogger). Cette unité représente effectivement l'émission d'un cri à un moment « t ». Elle sera l'unité utilisée pour étudier l'activité chiroptérologique au niveau du rotor de l'éolienne.

2.2. ANALYSE DES ENREGISTREMENTS

2.2.1. Présentation du logiciel Sonochiro

Le logiciel Sonochiro, créé par le bureau d'études Biotope permet l'identification automatique des détections acoustiques enregistrées par le BATLOGGER. Utilisant la méthode des algorithmes, le logiciel est capable d'analyser les paramètres des signaux émis par les chauves-souris. Différents paramètres sont analysés (durée du signal, puissance maximale du signal, fréquence terminale du signal, amplitude du signal, durée entre deux signaux successifs...) puis comparés à la base de données. Cette base de données permet ainsi la discrimination de la plupart des espèces ou groupes d'espèces. Une vérification manuelle est néanmoins réalisée par un chiroptérologue en cas de doute et en fonction des espèces et du risque d'erreur (voir explications dans les paragraphes suivants).

Le programme Sonochiro inclut :

- Un algorithme de détection et de délimitation des signaux détectés.
- Une mesure automatique, sur chaque cri, de 41 paramètres discriminants (répartition temps/fréquence/amplitude, caractérisation du rythme, ratios signal/bruit...).
- Une classification des cris basée sur les mesures d'un large panel de sons de référence. La classification s'appuie sur la méthode des forêts d'arbres décisionnels (« random forest ») qui semble la plus performante pour la classification des signaux d'écholocation de chauves-souris (Armitage & Ober, 2010). Contrairement aux autres méthodes de classification (réseaux de neurones, analyses discriminantes...), elle tolère bien la multiplicité des types de cris par espèce. De plus, elle permet d'obtenir, pour chaque cri, une probabilité d'appartenance à chaque espèce potentielle.
- Une identification à la séquence de cris, incluant l'espèce la plus probable et un indice de confiance de cette identification. Dans le cas où certaines espèces présentes sont peu différenciables entre elles, les séquences sont alors identifiées au groupe d'espèces également assorti d'un indice de confiance.
- Un algorithme détectant la présence simultanée de deux groupes de cris attribuables à deux espèces aisément différenciables, permettant dans ce cas de proposer une identification supplémentaire de l'espèce dont le signal passe en arrière-plan sur la fenêtre de visualisation des signaux enregistrés via le logiciel Batsound.

2.2.2. Traitement et analyse des résultats issus de Sonochiro

Basé sur le calcul d'algorithmes, le logiciel Sonochiro compare les signaux enregistrés aux signaux issus d'une base de données largement documentée (détenue par le bureau d'études Biotope). La classification des signaux dans telle ou telle catégorie d'espèces est réalisée par une multitude de comparaison des signaux. La fiabilité du résultat est également précisée, ce qui rend l'analyse relativement précise.

Le risque d'erreurs est considéré comme fort pour une valeur comprise entre 0 et 2. Le risque d'erreurs est modéré pour une valeur comprise entre 3 et 5. Une valeur comprise entre 6 et 8 correspond à un risque d'erreurs faible tandis qu'un indice supérieur à 8 indique un risque d'erreurs très faible. Dans ces conditions, la qualité de l'enregistrement et l'indice de confiance annoncé ont orienté notre étude de la façon suivante :

Pour le groupe des Murins :

- Peu importe l'indice espèce, la moitié des pistes est vérifiée manuellement tandis que nous appliquons ce que nous avons vérifié sur l'autre moitié des pistes.

Pour le groupe des Pipistrelles :

- Indice espèce compris entre 5 et 10 : le nom de l'espèce défini par le logiciel est validé après vérification de quelques pistes.
- Indice espèce compris entre 0 et 4 : Un plus grand nombre de pistes est vérifié pour corroborer ce qu'a défini le logiciel.

Pour le groupe des Noctules et des Sérotines :

- Indice espèce compris entre 5 et 10 : le nom de l'espèce défini par le logiciel est validé après vérification de quelques pistes.
- Indice espèce compris entre 0 et 4 : Un plus grand nombre de pistes est vérifié pour corroborer ce qu'a défini le logiciel.

Pour le groupe des Rhinolophes : toutes les pistes ont été vérifiée.

Pour la Barbastelle d'Europe :

- Indice espèce compris entre 5 et 10 : le nom de l'espèce défini par le logiciel est validé après vérification de quelques pistes.
- Indice espèce compris entre 0 et 4 : Un plus grand nombre de pistes est vérifié pour corroborer ce qu'a défini le logiciel.

2.3. LIMITES DE L'ETUDE CHIROPTEROLOGIQUE

Limites des expertises de terrain

- **La capacité de détection de l'appareil** : les détecteurs Batlogger sont en mesure de capter les émissions ultrasoniques dans un rayon approximatif de 10 à 150 mètres selon les espèces présentes. Dans ce cadre, l'aire d'échantillonnage apparaît relativement restreinte à l'échelle de l'aire d'étude. La situation fixe de l'appareil à un endroit précis de la zone d'étude ne permet donc pas la détection des passages des chauves-souris en dehors de l'aire de réception du microphone de l'appareil.
- **Les conditions météorologiques et la ressource alimentaire** : l'activité chiroptérologique n'est pas régulière et dépend de nombreux facteurs externes tels que la ressource alimentaire et les conditions météorologiques.
- **La détection des signaux sur le terrain** : certains types de cris comme les fréquences modulées abruptes sont de très faibles portées. Par exemple, l'enregistrement devient inexploitable à plus de 10 m pour les rhinolophes ou 15 m pour les murins.
- **La détection des chauves-souris en migration** : limitée par les comportements des chiroptères en transit qui utilisent alors peu leur système d'écholocation.
- **La perte de données due à un dysfonctionnement du parc éolien** (problème d'alimentation, coupure d'alimentation...) :
 - Perte de données due à une maintenance de l'éolienne : Du 1^{er} au 3 juillet 2024.

Limites de la méthodologie liées à l'identification spécifique des signaux

- **La détermination des signaux** : le travail de détection comporte une limite importante dans la détermination exacte des signaux enregistrés. Le risque d'erreur existe concernant notamment l'identification des espèces de la famille des Vespertilionidés, des genres Pipistrellus et Myotis. L'utilisation d'un logiciel perfectionné (BatSound) et d'ouvrages scientifiques de qualité reconnue (Écologie acoustique des chiroptères d'Europe - Michel Barataud, 2015) ont en grande partie limité les risques d'erreurs.
- **La présence de parasites** : la présence de bruits matériels et notamment la rotation de l'éolienne peuvent être source de parasites. Dans ce cas, les analyses peuvent être moins précises voire impossibles.

Malgré ces limites, le protocole par détections ultrasoniques demeure une méthodologie fiable et pertinente. Il donne lieu à une étude approfondie et complète des populations chiroptérologiques présentes dans le secteur d'étude et permet ainsi d'évaluer de façon rigoureuse l'intérêt chiroptérologique du site considéré.

3. RESULTATS DES ECOUTES EN CONTINU EN NACELLE SUR TOUTE LA PERIODE D'ETUDE

3.1. INVENTAIRE COMPLET

Le tableau dressé ci-après présente l'inventaire de toutes les espèces de chiroptères détectées au niveau du rotor de l'éolienne E5 (présenté en nombre de contacts bruts).

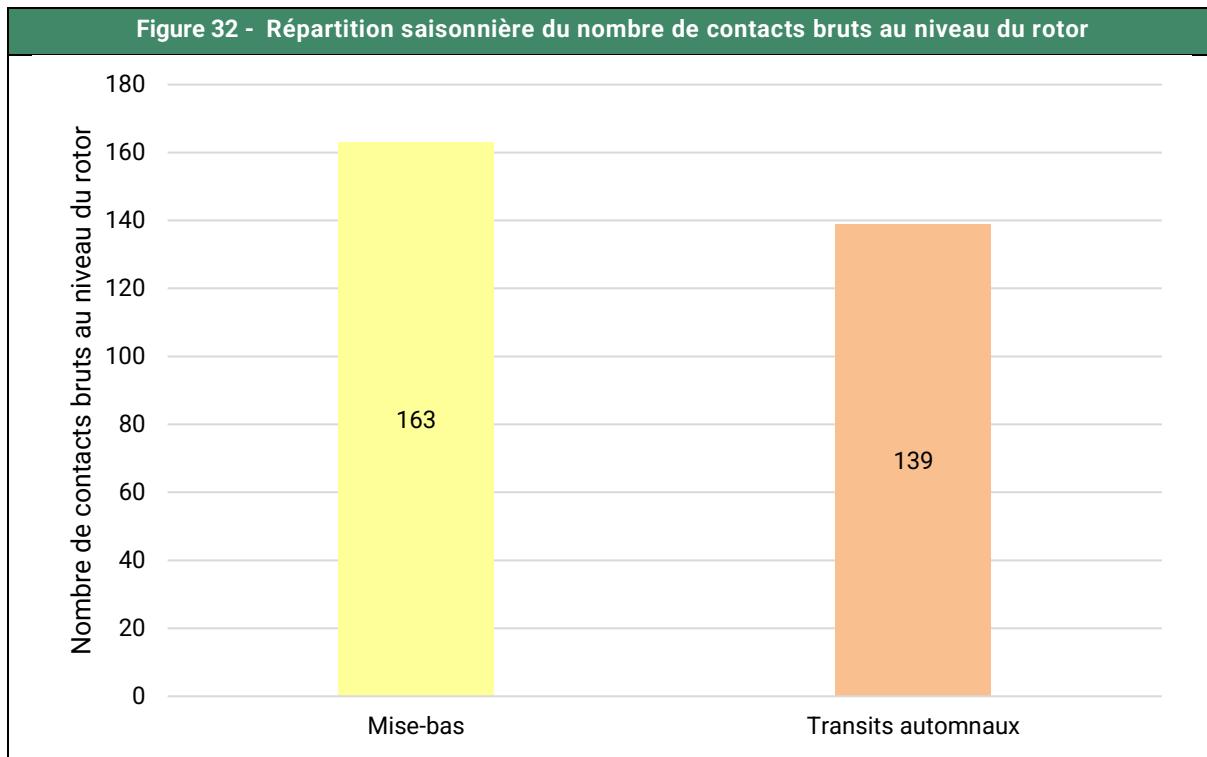
Espèces	Période échantillonnée				Listes rouges			Directive Habitats					
	Mise-bas		Transits automnaux		Centre-Val de Loire	France	Europe						
	Micro nacelle		Micro nacelle										
	Contacts	Pourcentage	Contacts	Pourcentage									
	Noctule commune	10	6,13%	34	24,46%	NT	VU	LC	IV				
Noctule de Leisler	90	55,21%	64	46,04%	NT	NT	LC	IV					
Pipistrelle commune	51	31,29%	6	4,32%	LC	NT	LC	IV					
Pipistrelle de Kuhl	-	-	2	1,44%	LC	LC	LC	IV					
Pipistrelle de Nathusius	-	-	10	7,19%	NT	NT	LC	IV					
Sérotine bicolore	7	4,29%	6	4,32%	NA	DD	LC	IV					
Noctule sp./Sérotine sp.	5	3,07%	17	12,23%	-	-	-	-					
Total	163	100%	139	100%									
Nombre d'espèces	4		6										
Statuts de protection et de conservations décrits p22. EN gras les espèces patrimoniales.													

Le protocole d'écoute en continu a permis le recensement de six espèces. Toutes sont protégées en France et quatre d'entre elles sont d'intérêt patrimonial en raison de leurs statuts de conservation défavorables en France ou en région.

Quelques contacts n'ont pas permis une identification complète et ont donc été classés sous la forme de « couple » d'espèces probables.

3.1.1. Répartition de l'activité en fonction des périodes

Le graphique ci-dessous présente l'activité des chiroptères au niveau de E5.



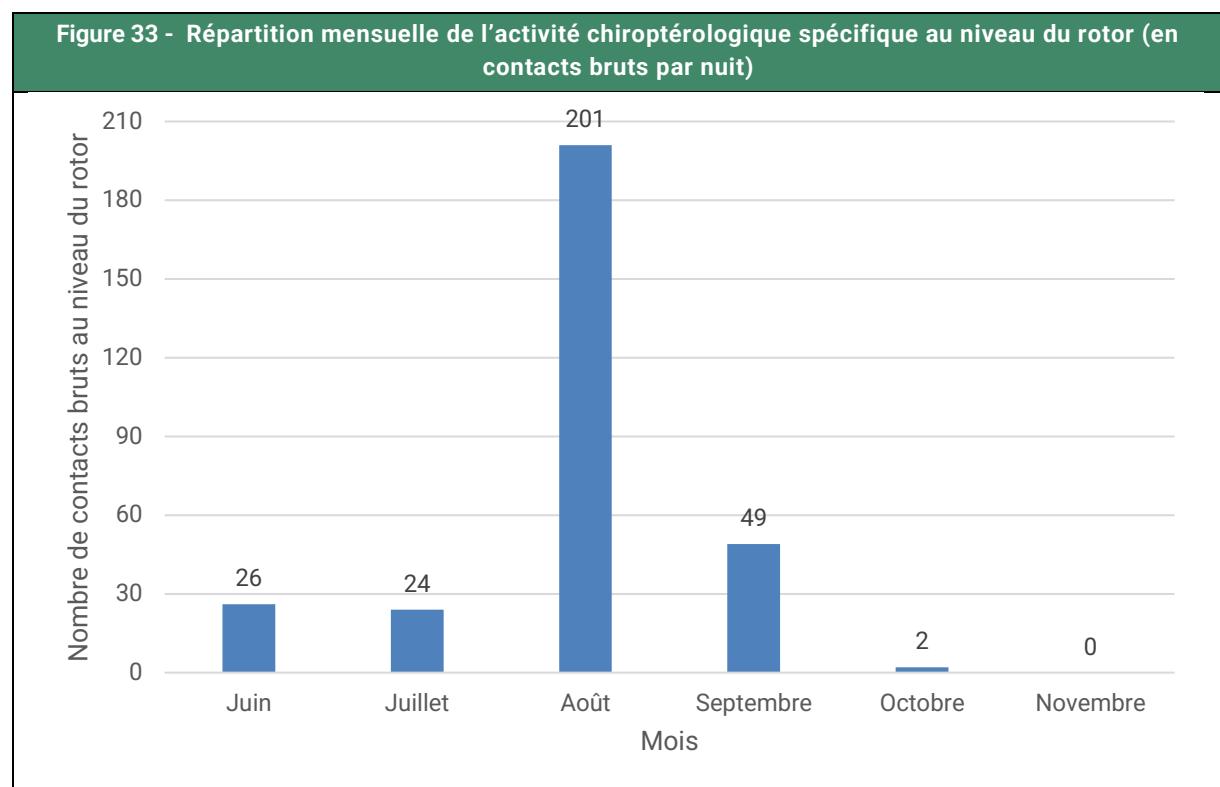
La période d'activité maximale des chiroptères en altitude a lieu durant la période de mise-bas.

Le cortège est dominé par la Noctule de Leisler durant toute la période d'étude avec un pic d'activité observé durant la mise-bas. La Noctule commune et la Pipistrelle commune sont les deux espèces les plus contactées après la Noctule de Leisler. Leur période d'activité maximale a eu lieu en période de mise-bas pour la Pipistrelle commune et en période de transits automnaux pour la Noctule commune.

3.1.2. Répartition mensuelle de l'activité sur toute la période d'étude

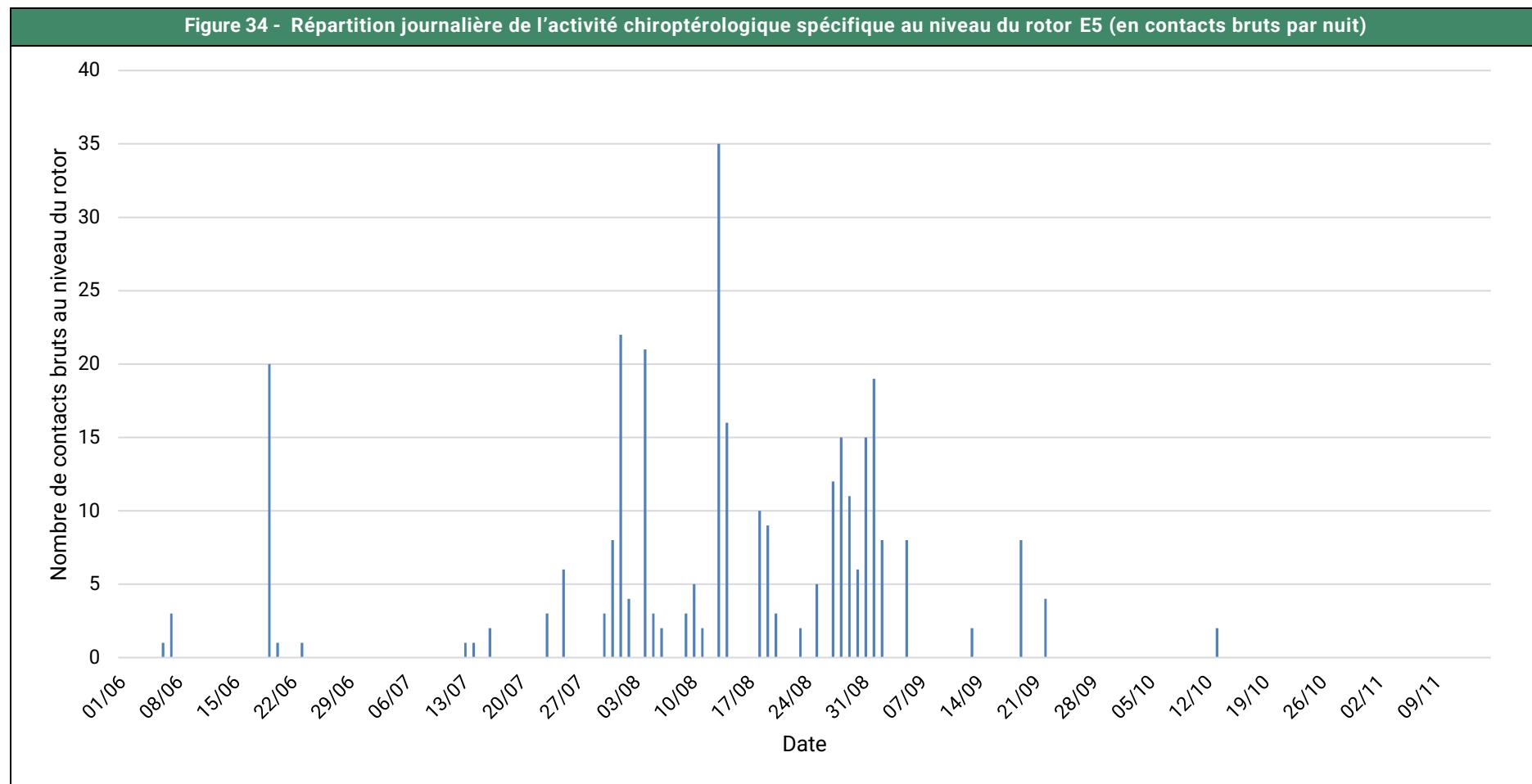
Toutes espèces confondues, on observe sur le graphique suivant que l'activité est hétérogène sur l'ensemble de la période suivie, variant de 0 à 201 contacts par mois. Il apparaît que les chauves-souris sont surtout présentes entre le mois d'août et de septembre (82,78 % des contacts).

En période de mise-bas (juin – mi-août), l'activité est plus importante qu'aux transits automnaux. Un pic d'activité est observé entre août et septembre. Cette période de migration (espèces migratrices), de transits automnaux (toutes les espèces) et d'activité sociale (reproduction) intense est souvent la période la plus sensible au risque de collision.



3.1.3. Répartition journalière de l'activité sur toute la période d'étude

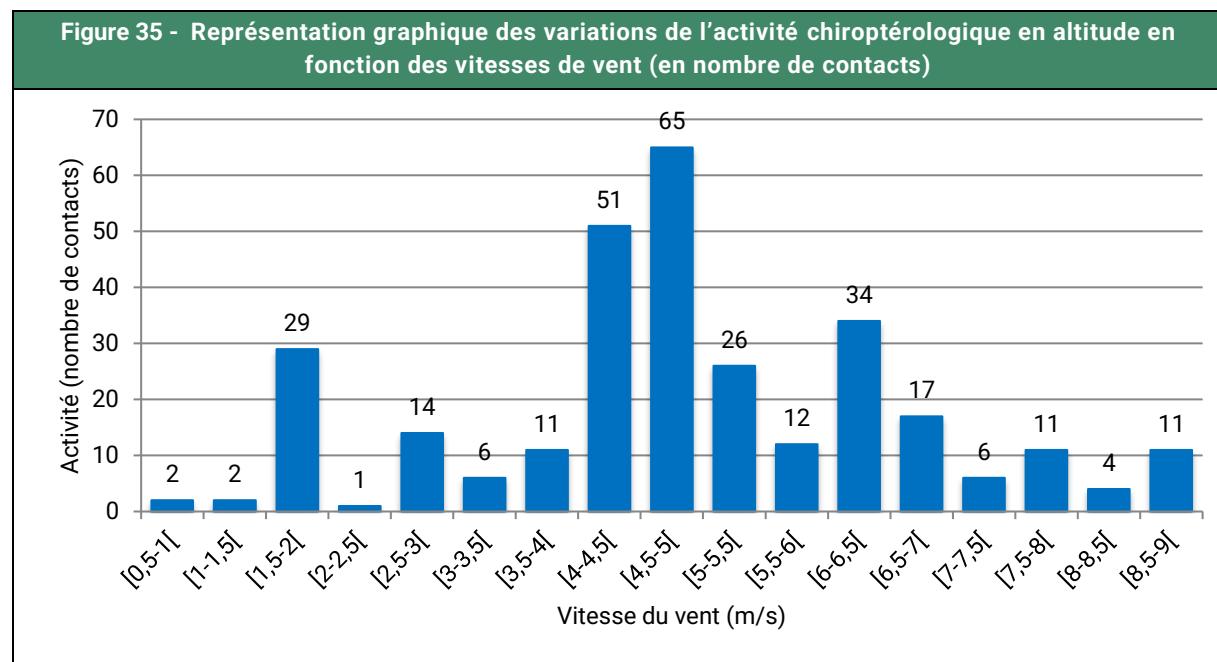
Le graphique suivant représente l'activité chiroptérologique au niveau du rotor de l'éolienne E5, en nombre de contacts bruts pour chacune des nuits d'enregistrement sur l'ensemble de la période considérée.



Sur toute la période d'écoute, la plus forte activité a été relevée en période de mise-bas, la nuit du 13 août 2024 (35 contacts).

3.1.4. Répartition de l'activité en fonction de la vitesse de vent sur toute la période d'étude

Résultats au niveau de l'éolienne E5



Les données montrent que localement, l'activité a eu lieu entre 0,5 et 9 m/s à hauteur de nacelle.

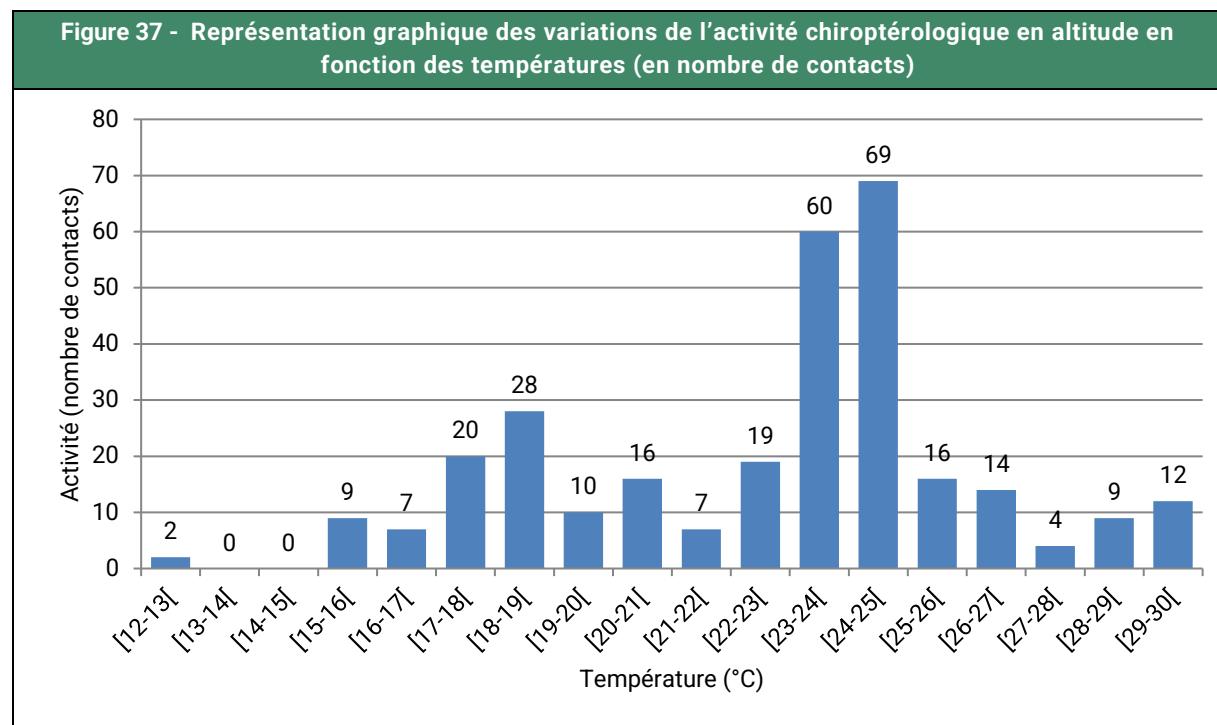
Figure 36 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les vitesses de vent

Classe de vitesse du vent (en m/s)	Nombre de contacts (année)	Pourcentages	Pourcentages cumulés
X < 3	48	15,89%	15,89%
3 ≤ X < 4	17	5,63%	21,52%
4 ≤ X < 5	116	38,41%	59,93%
5 ≤ X < 5,5	26	8,61%	68,54%
5,5 ≤ X < 6	12	3,97%	72,52%
6 ≤ X < 6,5	34	11,26%	83,77%
6,5 ≤ X < 7	17	5,63%	89,40%
7 ≤ X < 7,5	6	1,99%	91,39%
7,5 ≤ X < 8	11	3,64%	95,03%
X ≥ 8	15	4,97%	100,00%
Total	302	100,00%	-

Les données montrent que l'activité se concentre sous les 7 m/s de vent à hauteur de nacelle (89,40% des contacts enregistrés), avec un pic d'activité mesuré entre 4 et 5 m/s.

3.1.5. Répartition de l'activité en fonction de la température sur toute la période d'étude

Résultats au niveau de l'éolienne E5



Les données montrent que l'activité s'est répartie de 12 à 30°C (température mesurée à l'extérieur de la nacelle).

Figure 38 - Mise en corrélation de l'activité chiroptérologique avec les températures

Classe de températures (en °C)	Nombre de contacts	Pourcentages	Pourcentages cumulés
X < 10	0	0,00%	100,00%
10 ≤ X < 11	0	0,00%	100,00%
11 ≤ X < 12	0	0,00%	100,00%
12 ≤ X < 15	2	0,66%	100,00%
15 ≤ X < 18	36	11,92%	99,34%
18 ≤ X < 20	38	12,58%	87,42%
20 ≤ X < 25	171	56,62%	74,83%
X ≥ 25	55	18,21%	18,21%
Total	302	100,00%	-

Notons que 87,42% des contacts sont enregistrés pour les températures variant entre 18°C et 30°C. Un pic d'activité s'observe entre 20°C et 25 °C.

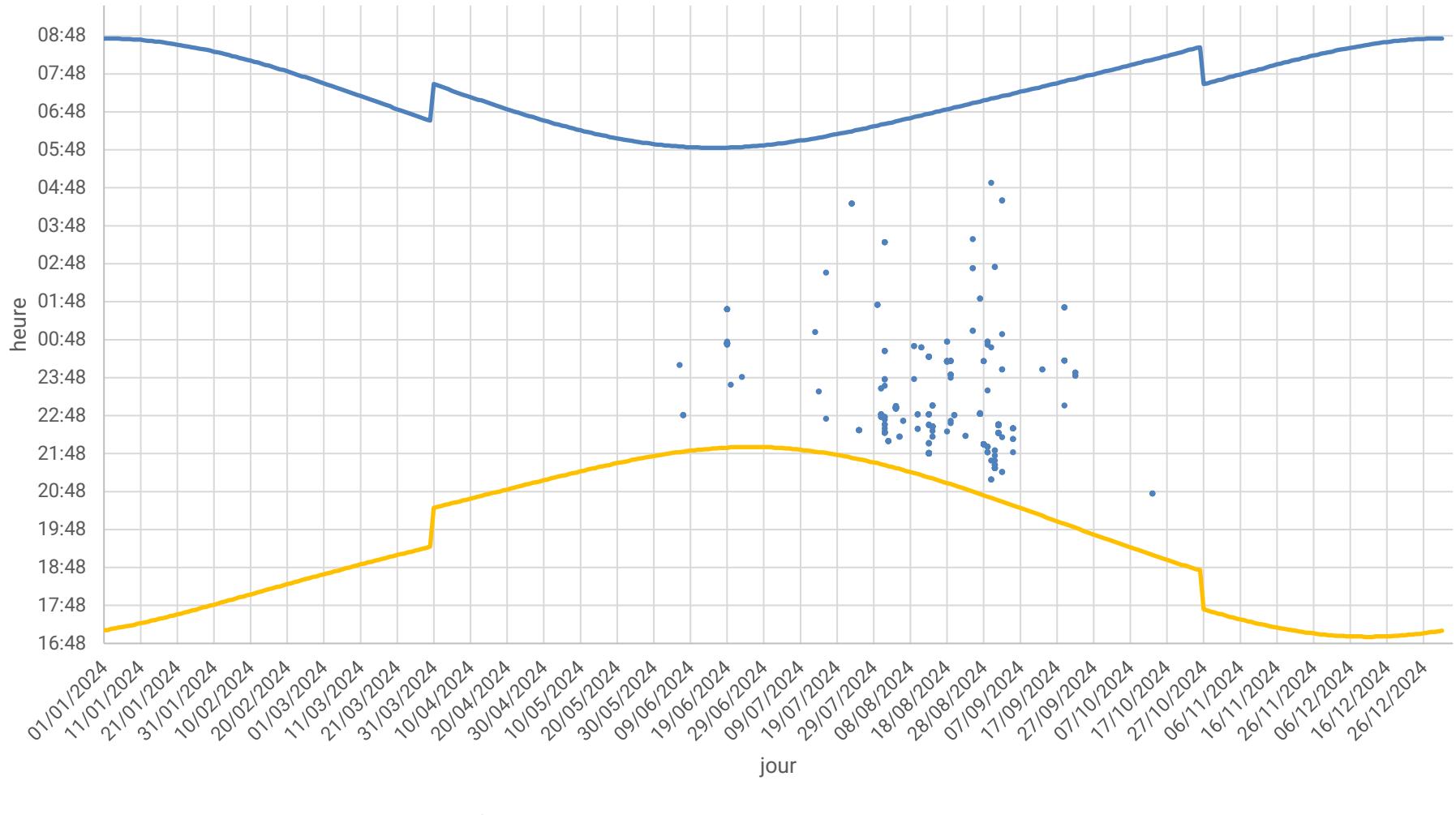
3.1.6. Répartition de l'activité en fonction de l'heure après le coucher du soleil sur toute la période d'étude

Résultats au niveau de l'éolienne E5

Figure 39 - Nombre de contacts enregistrés en fonction des heures de la nuit			
Heure de passage	Nombre de contacts	Pourcentage	Pourcentages cumulés
Du coucher à 1h après le coucher	59	19,54%	19,54
De 1h après le coucher à 2h après le coucher	116	38,41%	57,95
De 2h après le coucher à 3h après le coucher	51	16,89%	74,83
De 3h après le coucher à 4h après le coucher	40	13,25%	88,08
De 4h après le coucher à 5h après le coucher	17	5,63%	93,71
De 5h après le coucher à 6h après le coucher	10	3,31%	97,02
De 6h après le coucher à 7h après le coucher	6	1,99%	99,01
De 7h après le coucher à 8h après le coucher	2	0,66%	99,67
De 8h après le coucher à 9h après le coucher	1	0,33%	100,00%
Toute la nuit	2 993	100%	-

Il apparaît que l'activité a majoritairement eu lieu durant les 4 heures qui ont suivi le coucher du soleil (88,08% de l'activité). Ce paramètre est le plus difficile à appréhender, car il dépend fortement des conditions météorologiques et de la période.

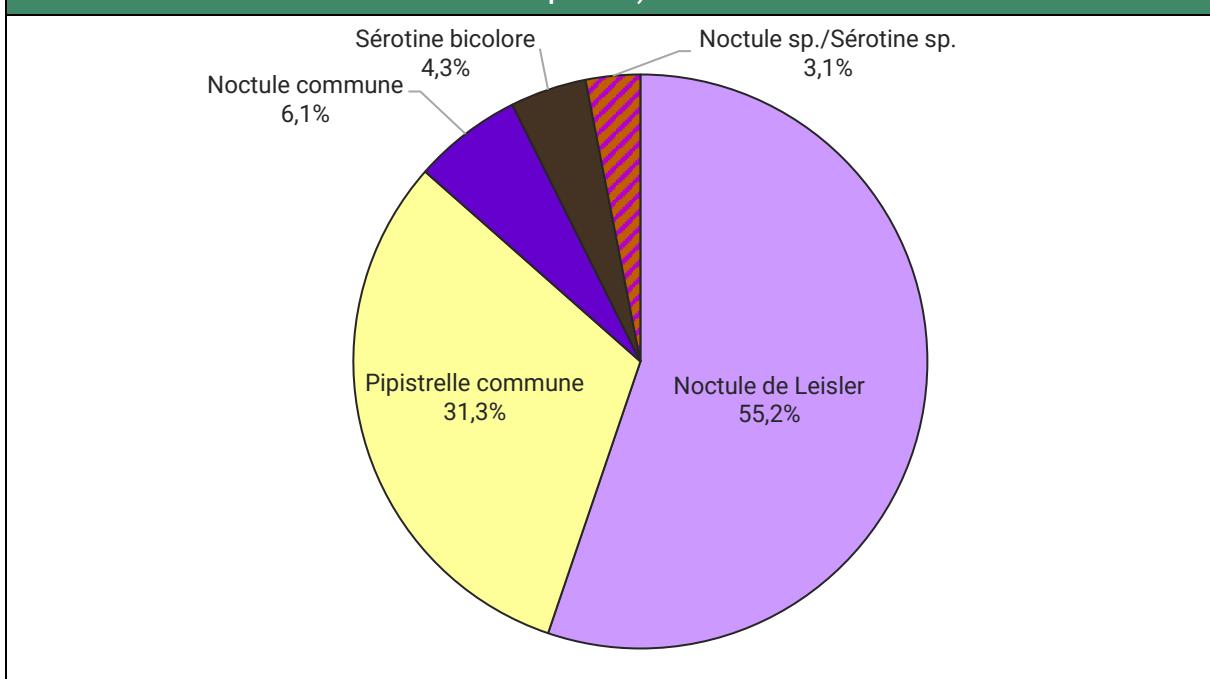
Figure 40 - Cycle circadien d'après les données 2024



3.2. RESULTATS DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE AU NIVEAU DU ROTOR DURANT LA MISE-BAS

3.2.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période de mise-bas

Figure 41 - Répartition saisonnière de l'activité chiroptérologique spécifique au niveau du rotor E5 (en contacts bruts par nuit) – Mise-bas 2024

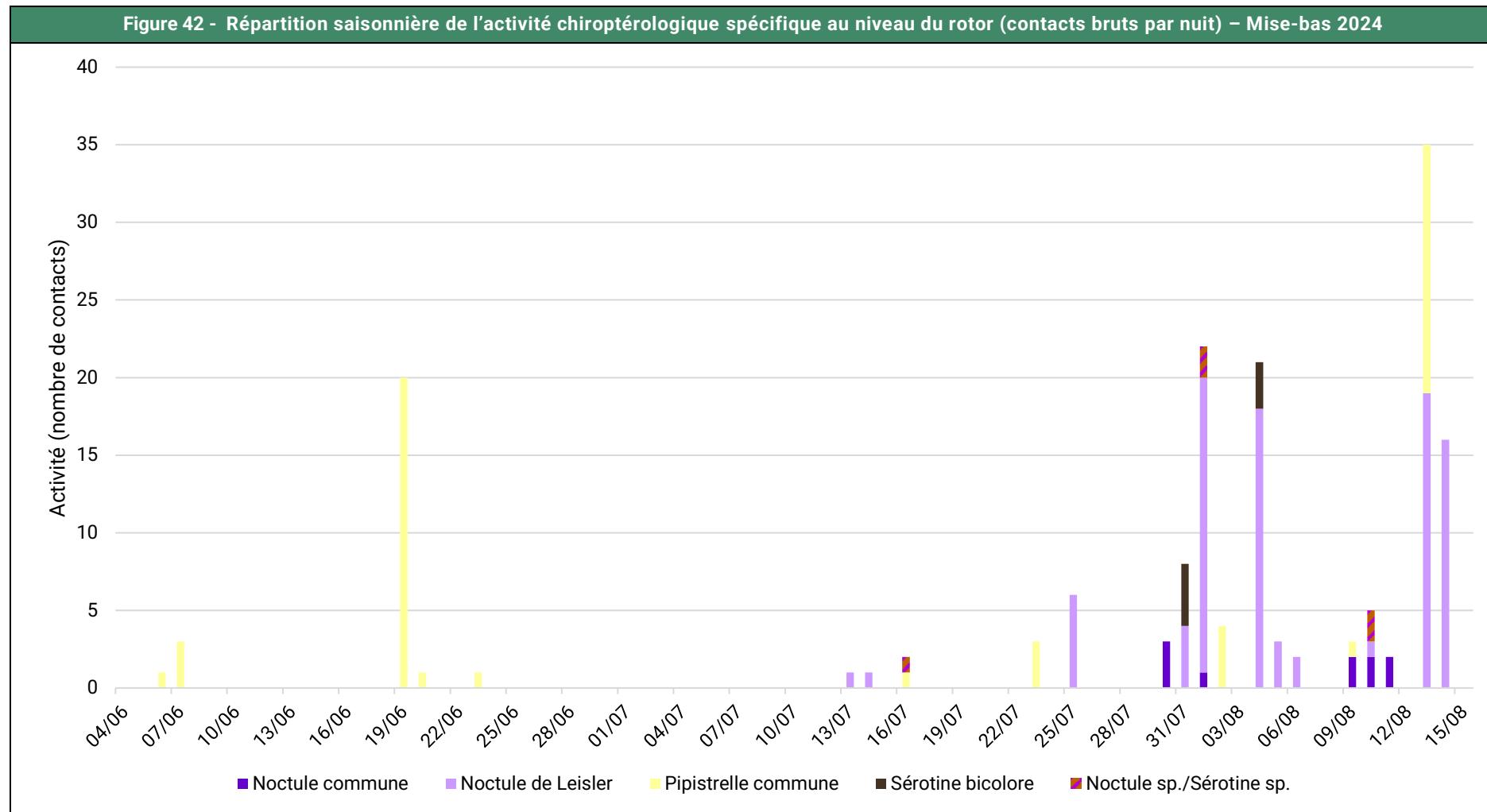


En 2024, 4 espèces ont été recensés au niveau de l'éolienne E5 en période de mise-bas : Noctule de Leisler, Noctule commune, Pipistrelle commune, Sérotine bicolore. A cette période, la Noctule de Leisler domine le cortège (55,2%). Elle est suivie par la Pipistrelle commune (31,3%).

En comparaison avec les données d'écoutes en altitude des précédents suivis, le cortège est légèrement plus diversifié en 2024. En plus des espèces déjà recensées auparavant, s'ajoute la Sérotine bicolore.

3.2.2. Répartition journalière de l'activité spécifique durant la mise-bas

Le graphique suivant représente l'activité chiroptérologique au niveau du rotor de l'éolienne E5 en nombre de contacts bruts pour chaque espèce contactée et pour chacune des nuits d'enregistrement sur l'ensemble de la période considérée.



Il est important de noter l'absence de données liée à une période sans enregistrement (maintenance de l'éolienne) lors de la mise-bas du 1^{er} juillet au 3 juillet 2024. La période estivale (mise-bas) étant la période où le plus d'activité a été recensé, il est possible d'être passé à côté de contacts et donc de pics d'activité.

L'activité chiroptérologique est plutôt réduite pendant le mois de juin. À partir de la fin juillet, nous observons une augmentation de l'activité chiroptérologique et notamment de la Noctule de Leisler. L'activité est maximale pour l'espèce durant les deux premières semaines d'août avec maximum de contacts observés le 1^{er} août 2024 (19 contacts).

Le regain d'activité observé en août pour les espèces migratrices (Noctule commune, Noctule de Leisler, Sérotine bicolore) concorde avec la phase temporelle de migration connue de ces espèces. Cette activité témoigne de la possible présence d'un couloir de migration tertiaire. En plus des contacts associés à de la migration, quelques contacts font référence à de la chasse.

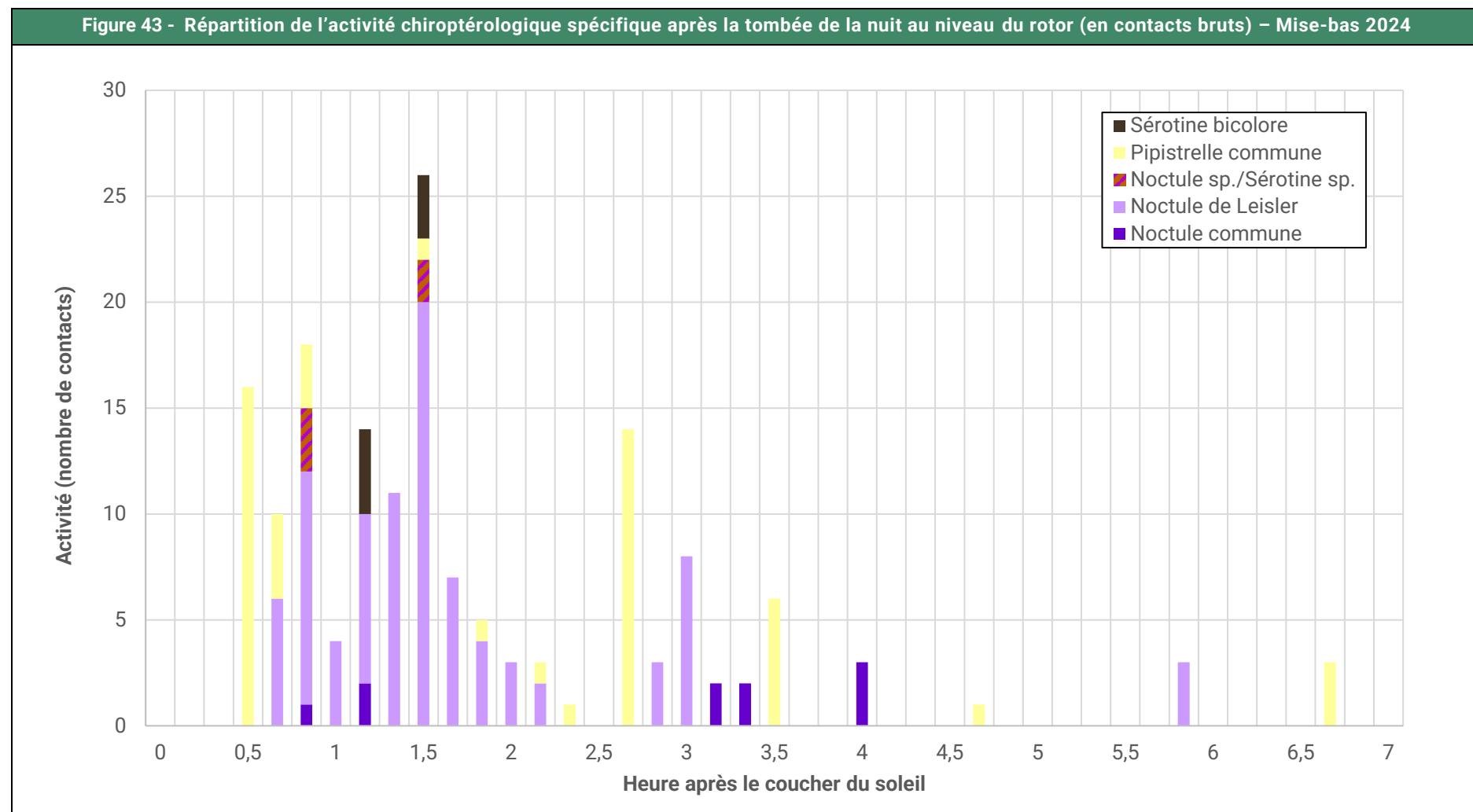
N'étant pas migratrice, la Pipistrelle commune se rencontre à cette période en prospection alimentaire ou en simple déplacement. Notons un pic d'activité de l'espèce le 19 juin 2024 qui correspond probablement à des individus en chasse.

Une voie de migration tertiaire semble exister au niveau de E5 pour la Noctule de Leisler et la Noctule commune. Les quelques contacts de Sérotine bicolore enregistrés peuvent correspondre à un possible flux de migration.

Au vu de l'activité chiroptérologique en période de mise-bas et par comparaison avec les précédents suivis en altitude, l'activité tend à être plus importante (faible à modérée).

À noter qu'aucun cadavre de chiroptères n'a été découvert sous les éoliennes à cette période.

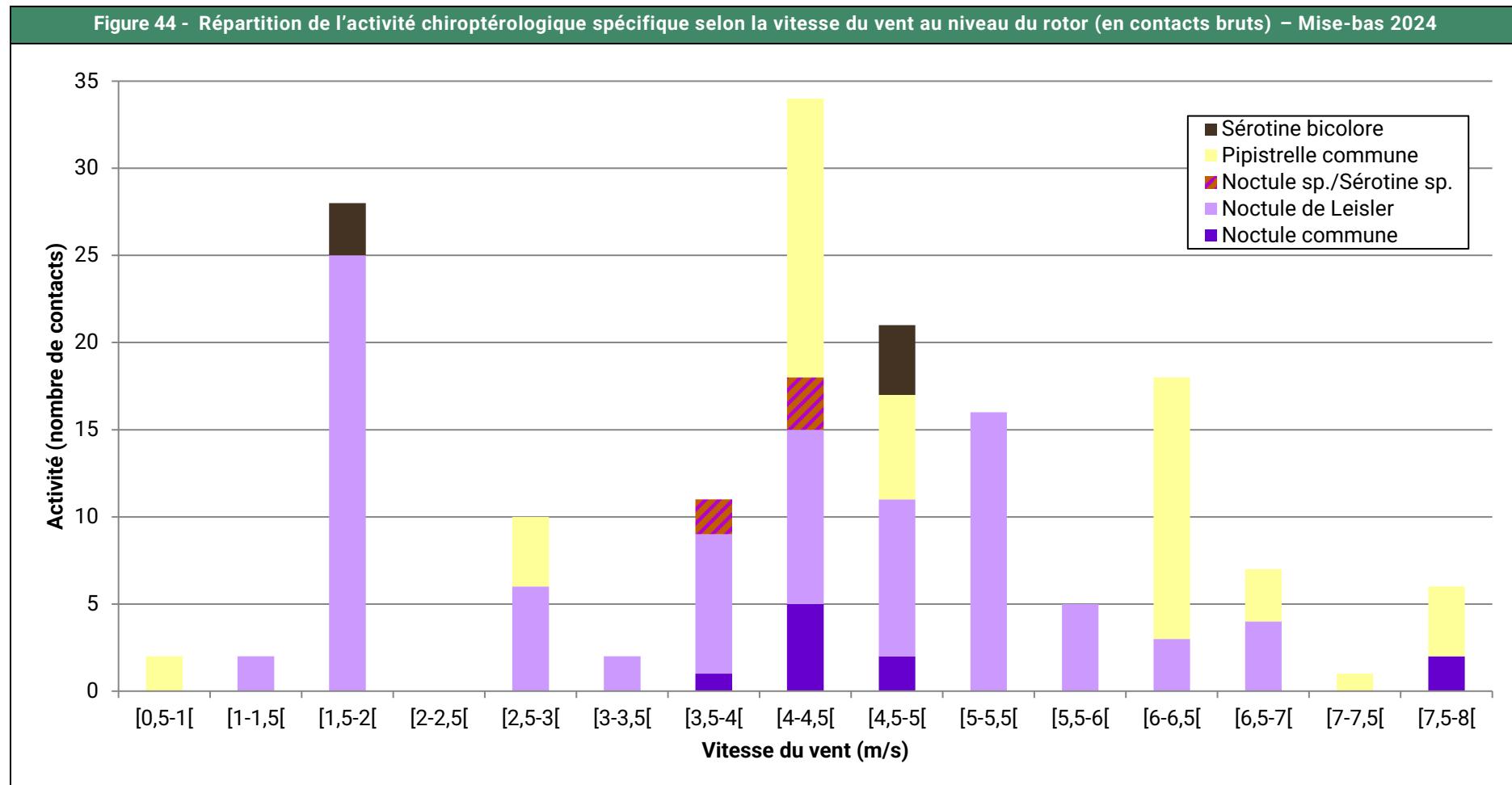
3.2.3. Répartition de l'activité spécifique après la tombée de la nuit durant la mise-bas



Durant la mise-bas, les chiroptères sont très actifs en début de nuit. 93,87 % des contacts ont été enregistrés durant les 4 premières heures de la nuit.

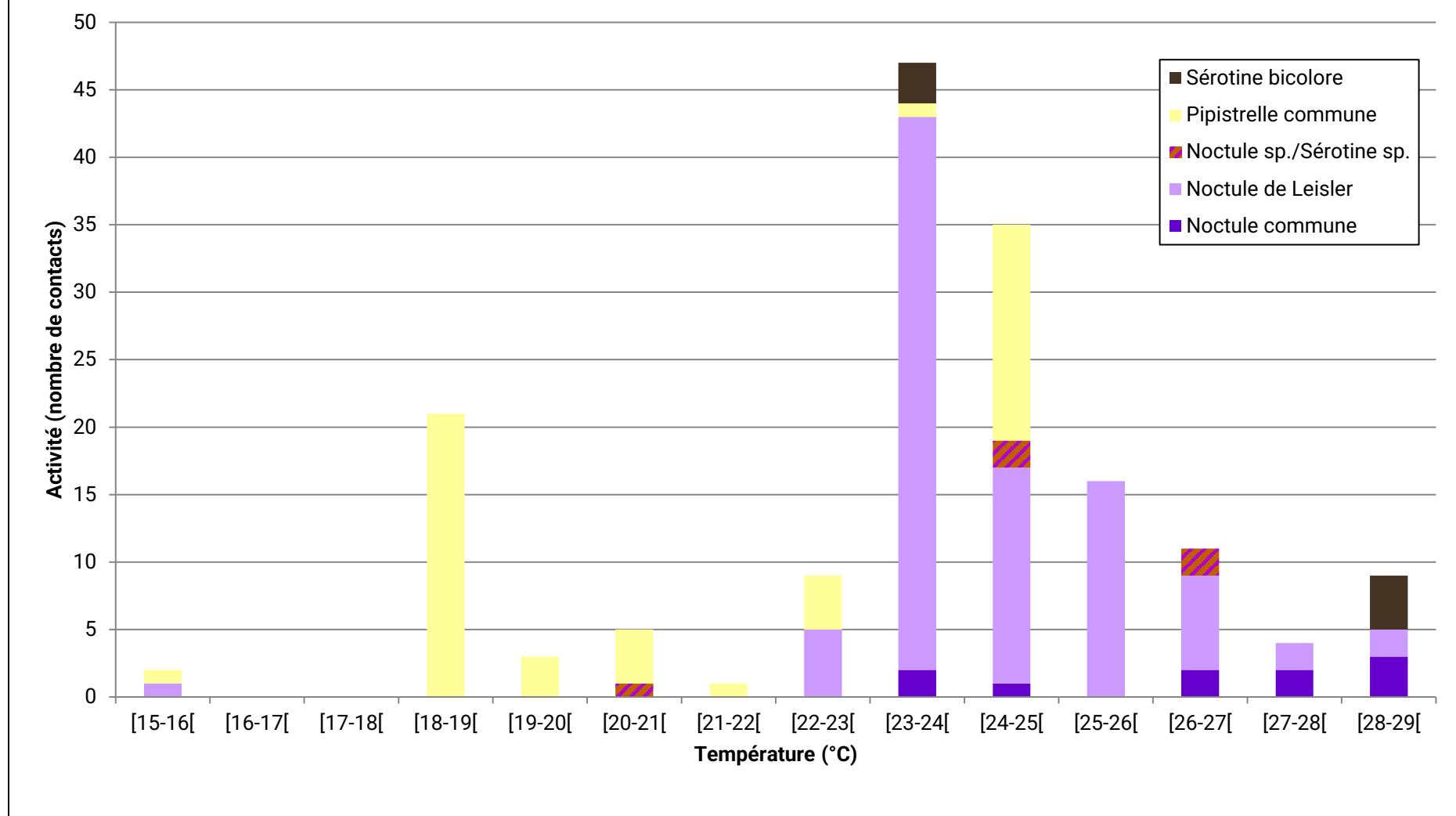
3.2.4. Répartition de l'activité spécifique selon les conditions météorologiques durant la mise-bas

Les graphiques suivants représentent la répartition de l'activité chiroptérologique spécifique enregistrée au niveau du rotor selon les conditions météorologiques (vitesse de vent et température) sur l'ensemble de la période considérée.



En période de mise-bas, 91,41% des contacts ont été enregistrés avec des vents d'une vitesse inférieure à 6,5 mètres par seconde.

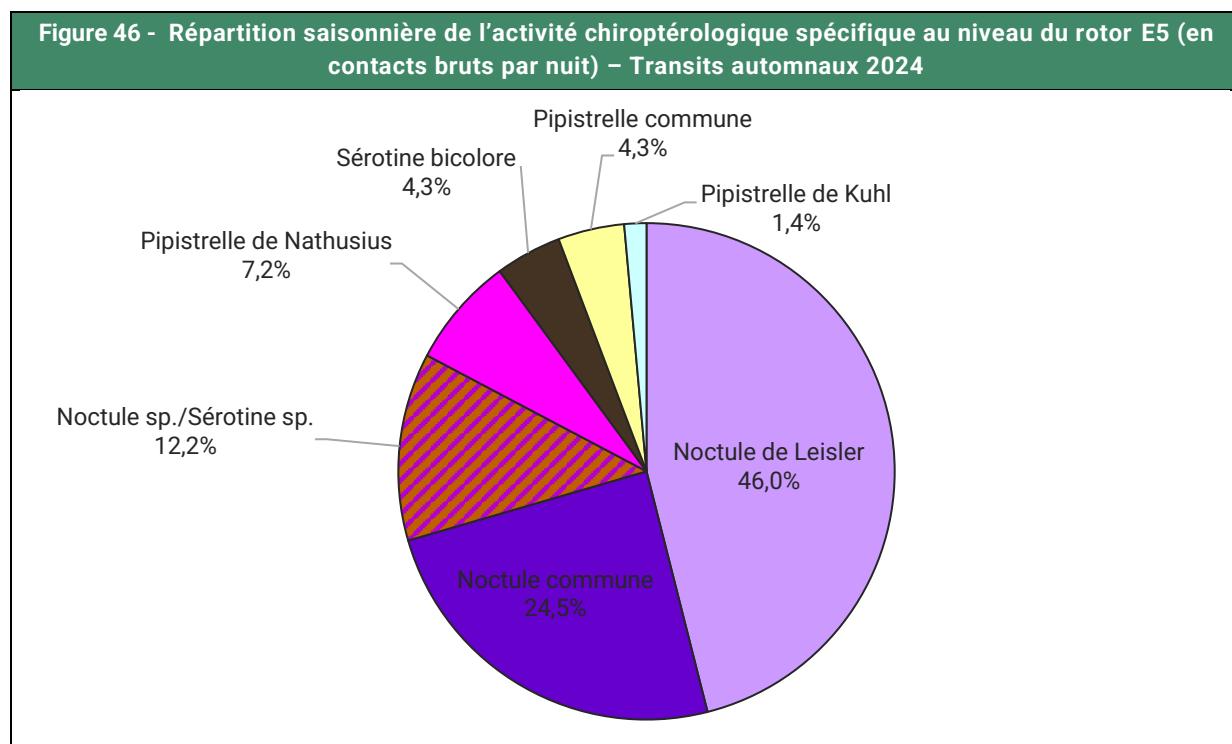
Figure 45 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique selon la température au niveau du rotor (en contacts bruts) – Mise-bas 2024



En période de mise-bas, 85,89% des contacts au niveau de E5 ont été enregistrés pour les températures variant entre 19 et 29°C. Et 98,77% des contacts pour des températures supérieures à 18°C.

3.3. RESULTATS DE L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE AU NIVEAU DU ROTOR DURANT LES TRANSITS AUTOMNAUX

3.3.1. Répartition quantitative des espèces contactées en période de transits automnaux

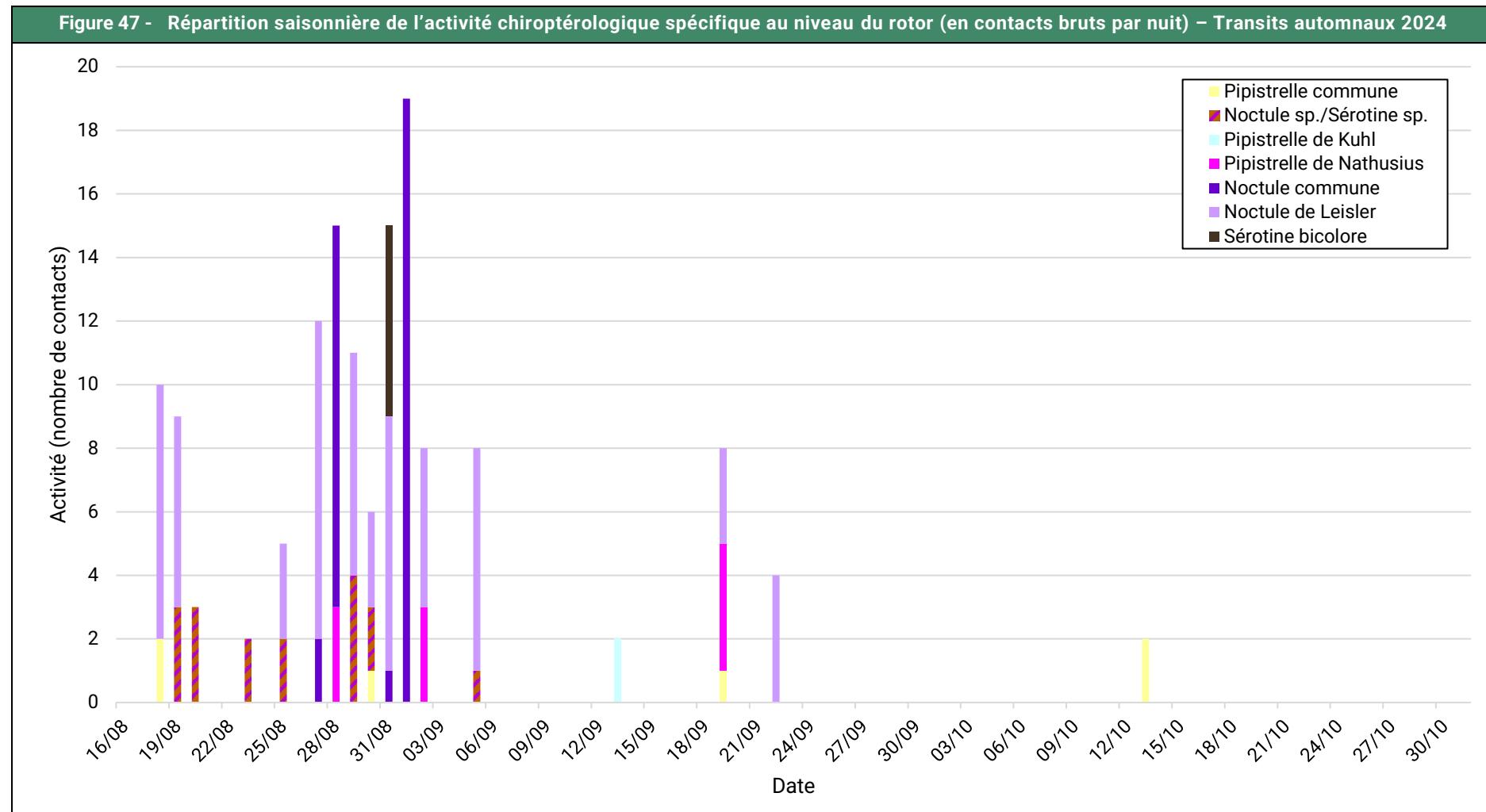


Durant la période de transits automnaux, le cortège détecté est plus diversifié qu'en période de mise-bas. Tout comme en mise-bas, c'est la Noctule de Leisler qui domine le cortège (46%).

En comparaison avec les données d'écoutes en altitude des précédents suivis, le cortège est légèrement plus diversifié en 2024. En plus des espèces déjà recensées auparavant, s'ajoute la Sérotine bicolore. Notons toutefois l'absence de la Sérotine commune en 2024 alors que l'espèce était présente lors du suivi de 2020/2021 et de 2023.

3.3.2. Répartition journalière de l'activité spécifique durant les transits automnaux

Le graphique suivant représente l'activité chiroptérologique au niveau rotor de l'éolienne E5 en nombre de contacts bruts pour chaque espèce contactée et pour chacune des nuits d'enregistrement sur l'ensemble de la période considérée.



L'activité en période automnale (1,5 contacts par nuit) est inférieure à celle en période estivale (2,3 contacts par nuit). L'activité chiroptérologique est maximale de mi-août à début septembre, notamment pour la Noctule de Leisler et la Noctule commune. La nuit ayant enregistré le plus de contact est le 1^{er} septembre 2024 (19 contacts de Noctule commune).

Parmi les espèces les plus contactées en période de transits automnaux se trouvent des espèces migratrices : la Noctule de Leisler, la Noctule commune et la Pipistrelle de Nathusius. A ces espèces s'ajoute la Sérotine bicolore, espèce migratrice, présentant une activité plus faible. La Sérotine bicolore est une espèce migratrice mal connue dans la région. La présence régulière d'espèces migratrices entre le mois d'août et de septembre indique, comme en période estivale, la possible présence d'un couloir de migration tertiaire. En effet, leur période de détection principale correspond bien à la phénologie connue de leur passage migratoire.

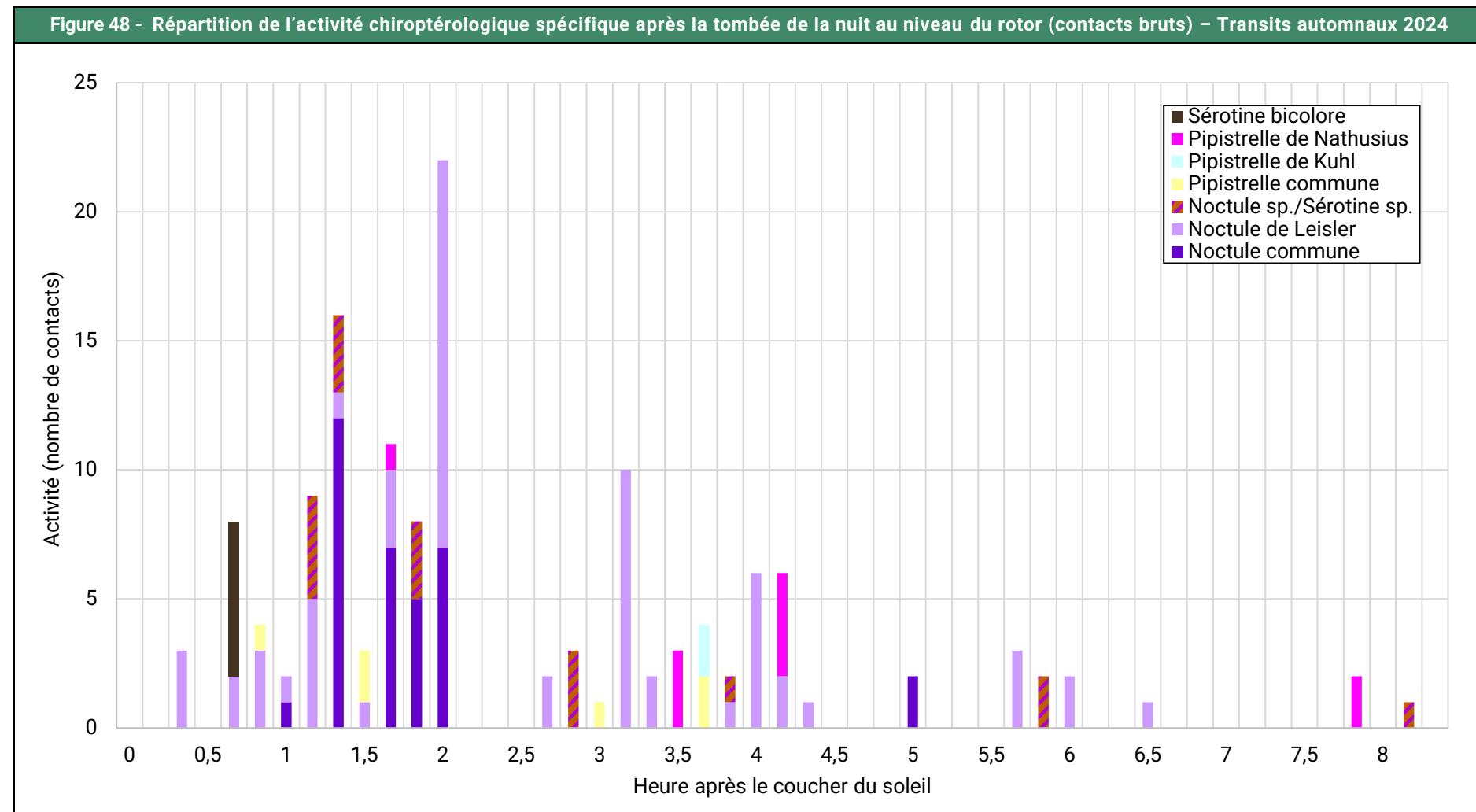
N'étant pas migratrices, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl se rencontrent à cette période en prospection alimentaire ou en simple déplacement.

Les transits automnaux sont surtout marqués par la présence de la Noctule commune et de la Noctule de Leisler. Une voie de migration semble exister au niveau de E5 pour ces deux espèces migratrices. Les quelques contacts de Sérotine bicolore enregistrés peuvent correspondre à un possible flux de migration.

L'activité chiroptérologique en période de transits automnaux peut être qualifiée de faible.

À noter qu'aucun cadavre de chiroptères n'a été découvert sous les éoliennes à cette période.

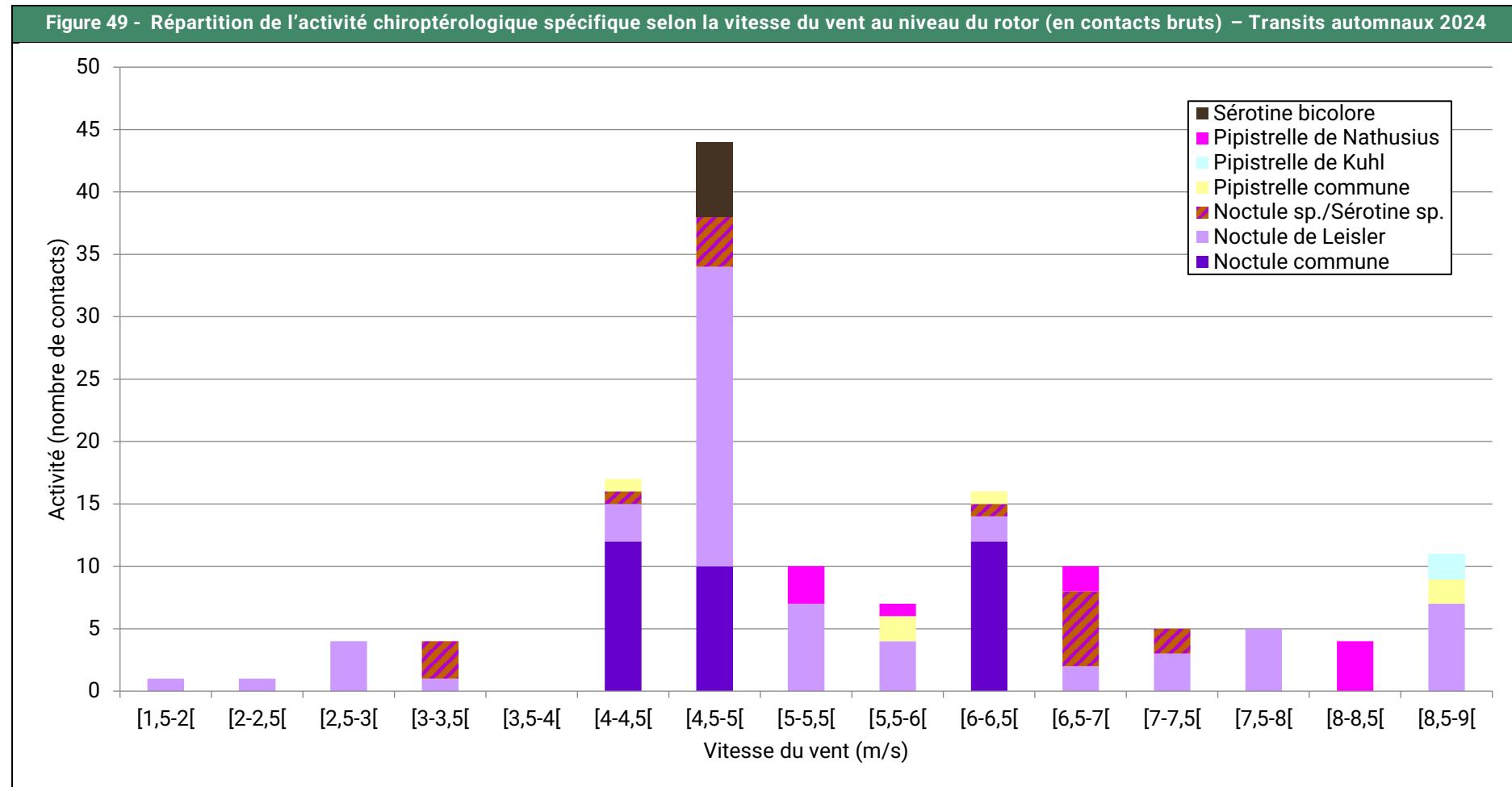
3.3.3. Répartition de l'activité spécifique après la tombée de la nuit durant les transits automnaux



Durant les transits automnaux, les chiroptères sont très actifs en début de nuit. 90,65% des contacts ont été enregistrés durant les 5 premières heures de la nuit.

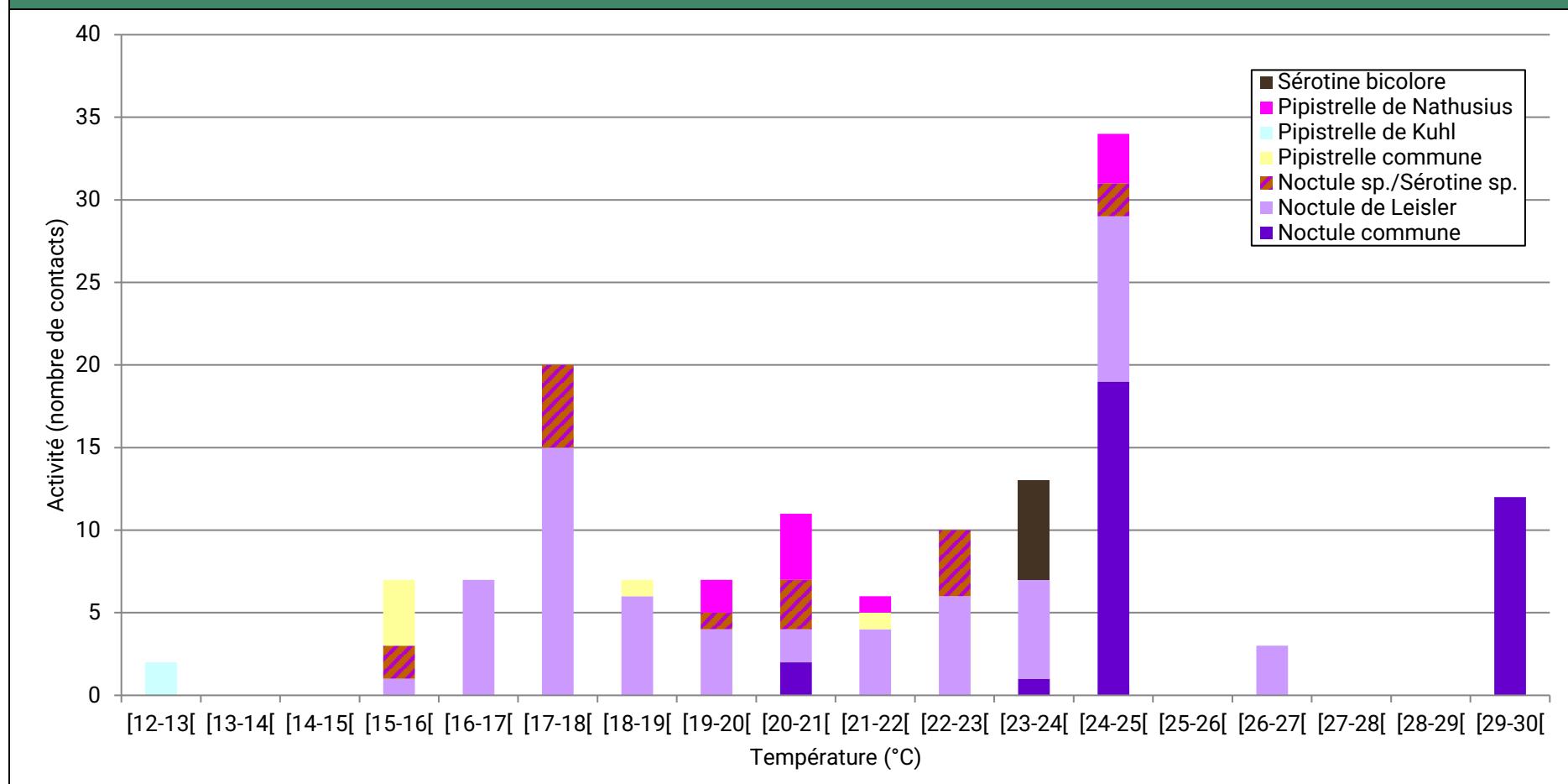
3.3.4. Répartition de l'activité spécifique selon les conditions météorologiques durant les transits automnaux

Les deux graphiques suivants représentent la répartition de l'activité chiroptérologique spécifique enregistrée au niveau du rotor selon les conditions météorologiques (vitesse de vent et température) sur l'ensemble de la période considérée.



En période de transits-automnaux, 89,21% des contacts ont été enregistrés avec des vents d'une vitesse inférieure à 8 mètres par seconde.

Figure 50 - Répartition de l'activité chiroptérologique spécifique selon la température au niveau du rotor (en contacts bruts) – Transits automnaux 2024



En période de transits automnaux, 88,49% des contacts sont enregistrés pour les températures variant entre 17 et 30°C.

4. ACTIVITE ET SYNTHESE DES SENSIBILITES

4.1. ACTIVITE PAR NUIT

Nuits	Nombre de nuits par saison		Total
	Mise-bas	Transits automnaux	
Échantillonnées	71	91	162
Ayant présenté une activité chiroptérologique	22 (31%)	17 (19%)	39 (24%)
Nombre de contacts bruts	163	139	302
Nombre de contacts par nuit d'écoute	2,30	1,53	1,86
Nombre de contacts par nuit de présence	7,41	8,18	7,74

Au niveau du rotor de l'éolienne E5, l'analyse montre qu'une activité chiroptérologique a été détectée en altitude entre 19% et 31% des nuits en fonction de la saison. La moyenne de l'activité sur la totalité de la période d'écoute s'élève à 1,86 contacts bruts par nuit d'écoute. Ramenée à un nombre de contacts par nuit de présence, le niveau d'activité augmente (7,74 contacts/nuit de présence).

Notons que l'activité se concentre pendant les quelques semaines de migration, entre la période de mise-bas et la période des transits-automnaux.

4.2. NIVEAUX DE SENSIBILITE PAR ESPECE ET PAR PERIODE

En France, parmi les 4 594 cadavres découverts et compilés (T. Dürr - Août 2023), les espèces impactées sont réparties comme suit :

Figure 52 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, août 2023)			
Espèces	Pourcentage	Espèces	Pourcentage
Pipistrelle commune	42,03%	Noctule indéterminée	0,11%
Chiroptère indéterminé	10,12%	Grand Murin	0,11%
Pipistrelle indéterminée	9,16%	Murin à moustaches	0,09%
Pipistrelle de Nathusius	9,03%	Murin de Natterer	0,07%
Pipistrelle de Kuhl	8,95%	Murin à oreilles échancrées	0,07%
Noctule commune	5,86%	Molosse de Cestoni	0,07%
Noctule de Leisler	5,29%	Murin de Daubenton	0,04%
Pipistrelle pygmée	4,33%	Murin de Bechstein	0,04%
Sérotine commune	1,57%	Oreillard gris	0,04%
Vespère de Savi	1,28%	Petit Murin	0,02%
Pipistrelle commune/pygmée	0,87%	Murin indéterminé	0,02%
Sérotine bicolore	0,24%	Oreillard roux	0,02%
Grande Noctule	0,22%	Oreillard indéterminé	0,02%

Figure 52 - Synthèse des cas de mortalité de chiroptères en France (T.Dürr, août 2023)

Espèces	Pourcentage	Espèces	Pourcentage
Minioptère de Schreibers	0,17%	Grand Rhinolophe	0,02%
Barbastelle d'Europe	0,13%		

En orange, les espèces contactées via les écoutes en continu sur le site d'étude

Six espèces déterminées de chiroptères ont été inventoriées durant ce protocole d'écoute. Toutes sont protégées en France et toutes sont d'intérêt patrimonial (exceptées la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine bicolore) en raison de leurs statuts de conservation défavorables sur au moins une des listes rouges étudiées. Pour la Sérotine bicolore, l'absence d'évaluation sur certaines listes rouges sont dues à un manque de données la concernant.

L'analyse de l'activité saisonnière de chaque espèce croisée avec leurs caractéristiques physiques et leurs comportements connus permet d'estimer le risque de collision et de barotraumatisme global de chaque espèce.

Figure 53 - Sensibilité à la collision estimée par espèce et par saison

Espèces	Sensibilité à la collision estimée	
	Mise-bas	Transits automnaux
Noctule commune	Faible	Faible à modérée
Noctule de Leisler	Modérée	Modérée
Pipistrelle commune	Faible à modérée	Très faible
Pipistrelle de Kuhl	Non évaluée	Très faible
Pipistrelle de Natusius	Non évaluée	Faible
Sérotine bicolore	Très faible	Très faible
Non évaluée : espèce non contactée en hauteur		
En gras les espaces d'intérêt patrimonial		

Globalement, les caractéristiques intrinsèques de certaines espèces font que, lorsqu'elles sont présentes, leur risque de collision et de barotraumatisme est significatif en raison notamment de leur taille supérieure ou de leur aisance à circuler en altitude.

La saison de la mise-bas et des transits automnaux sont des périodes réputées critiques (activité importante d'espèces sensibles et patrimoniales).

La Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl présentent une sensibilité plus importante au risque de collision et au barotraumatisme en de mise-bas et de transits automnaux en raison de leur activité mesurée à ces périodes, de leur écologie et de l'état de leurs populations. Les autres espèces contactées sont concernées par une sensibilité très faible à faible durant toute la période du suivi.

5. VERIFICATION DE L'EFFICACITE DU BRIDAGE ET AMELIORATION



À la suite du suivi environnemental de 2023, les éoliennes ont été bridées en 2024 selon les paramètres suivants (selon les données enregistrées sur MEMA) :

Figure 54 - Paramètres du bridage en place sur le parc éolien des Épinettes (2024)			
Éoliennes	Toutes les éoliennes		
Périodes	Juillet	Août	Septembre
Heures de nuit	Du coucher du soleil à 5h avant le lever du soleil		
Vitesses de vent	Inférieurs à 5 m/s	Inférieurs à 8,5 m/s	Inférieurs à 6 m/s
Températures	Supérieures à 16°C	Supérieures à 15°C	

Afin d'évaluer l'impact du bridage sur les chiroptères, chaque contact enregistré durant l'étude est mis en lien avec les conditions météorologiques correspondantes à l'heure du contact. Il est possible de vérifier le pourcentage d'activité protégée par espèce pour vérifier l'efficacité du bridage. Le bridage en place en 2024 a permis de couvrir l'activité des chiroptères de 74,2% et des noctules de 77,4% (Figure 55 - page 85) sur la période étudiée en 2024. Rappelons que 4 cadavres de Noctule commune avaient été retrouvés lors du suivi de la mortalité en 2023 en période de transits automnaux.

En 2024, aucun cadavre de chiroptère n'a été retrouvé.

Figure 55 - Nombre de contacts protégés par le bridage par espèce en 2024 – E5		
Espèce	Nombre de contacts détectés en 2024 du 04/06 au 15/11	Nombre de contacts protégés (pourcentage protégé)
Noctule commune	44	29 (65,9%)
Noctule de Leisler	154	137 (89,0%)
Total noctules	198	166 (83,8%)
Noctule sp./Sérotine sp.	22	19 (86,4%)
Pipistrelle commune	57	22 (38,6%)
Pipistrelle de Kuhl	2	-
Pipistrelle de Nathusius	10	4 (40,0%)
Sérotine bicolore	13	13 (100,0%)
Total	302	224 (74,2%)

Au vu de l'absence de cadavre de chiroptères sous les éoliennes des Épinettes, de la faible activité chiroptérologique en hauteur et du pourcentage de couverture de l'activité chiroptérologique observés en 2024, le bridage semble efficace. Toutefois, une optimisation du bridage, basée sur les données de 2024 du parc éolien des Épinettes, permettrait de proposer un bridage adapté aux conditions locales du parc (contrairement au précédent bridage basé sur les données de MEMA).

6. SYNTHESE DES DONNEES RELATIVES A L'ACTIVITE CHIROPTEROLOGIQUE AU NIVEAU DU ROTOR

L'analyse de l'activité saisonnière au niveau du rotor nous indique que :

- **Mise-bas 2024** : L'activité en altitude est maximale les deux premières semaines d'août, notamment pour la Noctule de Leisler (pic d'activité maximale atteint le 1^{er} août 2024). Présence possible d'une voie de migration tertiaire pour la Noctule commune et la Noctule de Leisler ;
- **Transits automnaux 2024** : L'activité en altitude est maximale entre mi-août et début septembre, notamment pour la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Présence d'une voie de migration tertiaire pour la Noctule commune et la Noctule de Leisler.

L'analyse de l'activité au niveau du rotor nous indique également que :

- **Mise-bas 2024** :
 - L'activité se concentre durant les 4 premières heures de la nuit ;
 - L'activité se concentre à moins de 6,5 m/s de vent ;
 - L'activité se concentre à plus de 19°C.
- **Transits automnaux 2024** :
 - L'activité se concentre durant les 5 premières heures de la nuit ;
 - L'activité se concentre à moins de 8 m/s de vent ;
 - L'activité se concentre à plus de 17°C.

Autres éléments à retenir :

- La diversité spécifique est de 6 espèces et l'activité est la plus importante en période de mise-bas.
- Présence d'espèces de haut vol et/ou migratrices au niveau du rotor (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Nathusius, Sérotine bicolore, Noctule commune et Noctule de Leisler).
- Le cortège est principalement dominé par la Noctule de Leisler durant toute la période d'étude.
- Le brillage mis en place du 1^{er} juillet au 30 octobre 2024 a mené à la protection de 74,2% de l'activité chiroptérologique et 83,4% de l'activité des Noctules enregistrée au cours de l'année 2024.

DISCUSSION ET MESURES CORRECTIVES

1. COMPARAISON ENTRE LES DONNEES DE MORTALITE ET LES ECOUTES CHIROPTEROLOGIQUE

Aucun cas de mortalité liés aux chiroptères n'a été recensé. Aucune corrélation ne peut donc être faite entre les données de mortalité et les écoutes chiroptérologiques à hauteur de nacelle.

2. COMPARAISON AVEC LES RESULTATS DE L'ETAT INITIAL

2.1. FLORE

Les habitats naturels ont peu évolué entre l'état initial et le suivi post-implantation. Le parc éolien des Épinettes se situe toujours au sein d'un espace cultivé ouvert de type « openfield ». Quelques éléments arborés composent également le paysage, bien que rares.

2.2. AVIFAUNE

Toutes les espèces d'oiseaux retrouvées mortes en 2024 avaient été observées lors de l'état initial (2013-2014), ce qui montre que la mise en fonctionnement du parc éolien ne semble pas repousser les individus qui continuent à exploiter le secteur.

2.3. CHIROPTERES

Parmi les espèces de chiroptères contactées en altitude en 2024, seules la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl avaient été identifiées lors des inventaires réalisés en 2014 dans le cadre de l'état initial.

3. COMPARAISON DES RESULTATS DE MORTALITE DE 2024 AVEC LES PRECEDENTS SUIVIS

3.1. ESPECES IMPACTEES

Figure 56 - Liste des espèces d'oiseaux et de chiroptères retrouvées mortes en 2020/2021, 2023 et 2024			
Espèce	Mortalité 2020/2021	Mortalité 2023	Mortalité 2024
Avifaune			
Bruant jaune	1	-	-
Buse variable	2	-	-
Faisan de Colchide	-	1	-
Faucon crécerelle	-	-	1
Hirondelle rustique	1	-	
Pigeon ramier	1	-	1
Chiroptères			
Noctule commune	-	4	-
Total	5	5	2

Pour les chiroptères, nous pouvons noter une absence de cadavres en 2024. Cette diminution de cadavres (4 en 2023 contre 0 en 2024) peut en partie s'expliquer par la mise en place d'un bridage sur le parc des Épinettes en 2024. Pour l'avifaune, parmi les espèces d'oiseaux retrouvées mortes en 2024, seul le Pigeon ramier avait déjà été retrouvé mort lors des précédents suivis (suivi 2020/2021).

3.2. MORTALITE BRUTE

Figure 57 - Comparaison du nombre de mortalité brute par éolienne sur la totalité du suivi - 2023 et 2024		
Année du suivi de mortalité	Avifaune	Chiroptères
2020/2021	2,5	-
2023	0,5	2
2024	1	-

Par comparaison avec la mortalité observée en 2020/2021 et en 2023, le parc éolien des Épinettes a présenté une mortalité inférieure en 2024.

4. DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE MORTALITE

Les modèles d'estimations de la mortalité se basent tous sur la mesure de divers indices ayant tous une influence plus ou moins marquée sur les calculs. En ce sens, si l'efficacité de l'observateur est mauvaise, la durée de persistance courte et la surface de prospection médiocre, les calculs considéreront que l'efficacité globale du protocole est mauvaise malgré la détection avérée de cadavres et corrigeront les estimations à la hausse. Cependant, bien que les tests soient opérés de manière sérieuse, ils sont soumis à des biais aléatoires sur lesquels il est extrêmement difficile d'agir afin d'en assurer la reproductibilité.

Par exemple, lors du dépôt des cadavres tests, il est impossible de prédire l'attitude des prédateurs. En plaçant les cadavres sur une surface relativement restreinte et dans un paysage dégagé (comme dans le cas présent), il peut être extrêmement aisé pour un prédateur tel qu'un renard d'emporter la totalité des dépouilles en peu de temps. Les souris sont en effet petites et s'emportent facilement.

Il n'est également pas possible de prédire qu'un groupe de nécrophages (corbeaux, corneilles mais également larinés...) colonise précisément le secteur juste après le dépôt des cadavres. En effet, le test entraîne la disposition simultanée de plusieurs cadavres qui ont donc une chance élevée d'être consommés en même temps tandis que la mortalité causée par les éoliennes est aléatoire, ne faisant tomber au sol qu'une proie de temps à autres.

Schématiquement, un renard qui passe par là et qui trouve une souris morte aura tôt fait de trouver les autres à proximité par l'odorat tandis que s'il trouve un cadavre tombé à la suite d'une collision avec une éolienne, il y a de fortes chances pour que le cas soit isolé et il faudra qu'il revienne spécifiquement sur le secteur à un autre moment pour potentiellement consommer une seconde victime de l'éolienne.

De manière similaire, l'influence du pourcentage de prospection est capitale dans les modèles prédictifs et en raison du maintien d'une agriculture intensive sous les éoliennes, certaines zones de surplomb sont périodiquement (ou totalement) inaccessibles. Il est donc très délicat de connaître le pourcentage de cas de collision manqués tombés sur ces zones non prospectables, ce qui entraîne une extrapolation mathématique qui n'est pas forcément le reflet de la réalité.

Figure 58 - Influence des différents indices sur les projections calculées

Saison	Qualité de l'indice			Finalité
	Efficacité de l'observateur	Persistance	Surface prospectée	
Été	Bonne (81%)	Moyenne (3,88 jours)	Moyenne (40 %)	Légère surestimation
Automne			Bonne (87 %)	Légère surestimation

Il est également globalement admis (Korner-Nievergelt et al. 2011) que quel que soit le modèle utilisé, il existe une forte corrélation entre la précision des estimations et le nombre de cadavres retrouvés. S'il y a moins de 10 cadavres retrouvés, comme c'est le cas ici, la précision des modèles est jugée faible.

Également les modèles proposés ont été créés sur la base d'étude américaines où la durée de persistance est très longue (32 jours d'après Arnett et al. 2009).

Il est ainsi considéré que le modèle de Huso notamment surestime les projections en cas de durée de persistance faible voir moyenne (comme c'est le cas ici).

L'indice de persistance utilisé est qualifié moyen (3,88 jours) par comparaison avec l'intervalle de temps entre chaque passage de suivi de mortalité réalisé en période estivale (4,67 jours en moyenne) et automnale (6,50 jours en moyenne)

Les résultats proposés ici sont supposés légèrement surestimés. La valeur Huso fournie par saison par Envol Environnement est jugée la plus probable.

5. EFFETS RESIDUELS SUR LES ESPECES IMPACTEES

5.1. AVIFAUNE

Espèce	Nombre de cas			État des populations en % (STOC 1989-2019 ¹)
	2020/2021	2023	2024	
Bruant jaune	1			-53,6 [IC : -56,5 ; -50,5]
Buse variable	2			-7,6 [IC : -15,1 ; 0,5]
Faisan de Colchide		1		+ 46,2 [IC : 32,1 ; 61,7]
Faucon crécerelle			1	-18,4 [IC : -26,5 ; -9,4]
Hirondelle rustique	1			-25,2 [IC : -30,2 ; -19,8]
Pigeon ramier	1		1	+ 100,1 [IC : 91,6 ; 109]

En rouge : Tendances en déclin
 En vert : Tendances en augmentation
 En orange : Tendances stables ou incertaines
 En gras les espèces d'intérêt patrimonial

Le Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) mené entre 1989 et 2019 fait état d'un essor des populations de Faisan de Colchide (+46,2%) et de Pigeon ramier (+ 100,1%). Concernant le Pigeon ramier, son occupation d'un secteur assez vaste (généralement, quelques parcelles cultivées pour l'alimentation) fait que les individus bougent quotidiennement, ce qui augmente leurs probabilités de collision. Ce sont également des migrants qui circulent en groupes de taille importante, recherchant les espaces cultivés (pour l'alimentation) ponctués de boisements (pour le refuge face aux intempéries et prédateurs). Quant au Faisan de Colchide, son essor est notamment lié aux lâchers cynégétiques. Les individus ont surtout tendance à percuter le mât lors de comportements de fuite puisqu'ils ne s'élèvent pas aux hauteurs des pales (lésions internes et hémorragie, fractures...). Considérant leurs bons états de conservation et leurs mortalités restreintes en 3 années de suivi, aucun effet résiduel significatif n'est retenu à l'encontre des populations de ces deux espèces.

¹ Fontaine B., Moussy C., Chiffard Carricaburu J., Dupuis J., Corolleur E., Schmaltz L., Lorrillière R., Loïs G., Gaudard C. 2020. Suivi des oiseaux communs en France 1989-2019 : 30 ans de suivis participatifs. MNHN – Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation, LPO BirdLife France - Service Connaissance, Ministère de la Transition écologique et solidaire. 46 pp.

La Buse variable est en faible diminution (-7,6%). Cette espèce est plus vulnérable cependant le fait d'avoir trouvé deux cadavres sur les 3 années de suivi réalisées montre que le parc éolien n'est pas de nature à nuire aux populations de cette espèce.

Le Bruant jaune et l'Hirondelle rustique sont en raréfaction plus ou moins forte (respectivement -53,6 % et -25,2 %). Elles sont toutes deux protégées sur le territoire national et possèdent des statuts importants : le Bruant jaune est vulnérable en France et quasi-menacées en région Centre-Val de Loire et l'Hirondelle rustique est quasi menacée en France. Cependant, l'unique cadavre de Bruant jaune et de l'Hirondelle rustique (suivi 2020/2021) retrouvé en 3 années de suivi indique une mortalité probablement contenue de ces oiseaux localement. De ce fait le fonctionnement du parc ne peut être considéré comme un facteur contribuant à la disparition de ces populations.

Le Faucon crécerelle présente une décroissance marquée malgré sa protection nationale. L'espèce s'avère très exposée à la collision avec les éoliennes, ce qui participe à sa raréfaction. Avec un seul cas de collision découvert en 3 années, les effets de fonctionnement du parc semblent faibles à son encontre

5.2. CHIROPTERES

Figure 60 - Espèce de chauve-souris impactée				
Espèce	Nombre de cas			État des populations (Vigie Chiro 2024) ¹
	2020/2021	2023	2024	
Noctule commune*	--	4		- 52,5 % (- 62,8 % ; - 39,4 %)

En rouge : Tendances en déclin
En vert : Tendances en augmentation
* Espèce d'intérêt patrimonial

Vigie Chiro fournit des estimations des tendances d'évolution des populations de chiroptères en France. L'étude est mise à jour régulièrement, les données affichées ici concernent le suivi entre 2006 et 2023. La Noctule commune voit ses populations décliner.

L'étude de l'activité en altitude des chiroptères menée en 2024 met en exergue la présence récurrente et dominante de la Noctule de Leisler en altitude. D'après les données observées, le parc semble être sur une voie de migration tertiaire des noctules.

5.3. SYNTHESE

La mortalité observée en 2024 sur le parc éolien des Épinettes est jugée faible.

¹ Bas Y, Kerbiriou C, Roemer C & Julien JF (2020, June) Bat population trends. Muséum national d'Histoire naturelle. Retrieved from <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends>

6. REFLEXIONS SUR LES MESURES CORRECTIVES

Suivi de mortalité

Pour rappel, deux cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sur le parc éolien des Épinettes.

Les estimatifs de mortalité (Huso entre autres) semblent légèrement surestimer la réalité. En effet, la durée de persistance des cadavres tests étant de 3,88 jours et l'intervalle moyen entre 2 passages de 5,58 jours, il se peut que des cadavres n'aient pas pu être retrouvés. De plus, les surfaces prospectées en période estivale étaient faibles ce qui augmente encore les probabilités de surestimation.

Au regard des espèces et des effectifs retrouvés ainsi que des estimations de la mortalité, le renouvellement du suivi de mortalité ne semble pas nécessaire.

Bridage nocturne des éoliennes

À la suite du suivi environnemental de 2023, les éoliennes ont été bridées en 2024 sur la base des données d'écoutes du parc éolien de MEMA, selon les paramètres suivants :

Figure 61 - Paramètres du bridage en place sur le parc éolien de Épinettes (2024)			
Éoliennes	Toutes les éoliennes		
Périodes	Juillet	Août	Septembre
Heures de nuit	Du coucher du soleil à 5h avant le lever du soleil		
Vitesses de vent	Inférieurs à 5m/s	Inférieurs à 8,5m/s	Inférieurs à 6m/s
Températures	Supérieures à 16°C	Supérieures à 15°C	

Au vu de l'absence de cadavre de chiroptères sous les éoliennes des Épinettes, de la faible activité chiroptérologique en hauteur et du pourcentage de couverture de l'activité chiroptérologique observés en 2024, le bridage semble efficace. Cependant, une optimisation du bridage semble intéressante afin de l'adapter à l'activité enregistrée à échelle locale sur le site. Le plan de bridage proposé par JPEE ci-après permettrait de couvrir l'activité des chiroptères de 78,5% et de la Noctule commune de 95,5%, sur la période étudiée en 2024.

Figure 62 - Proposition du nouveau plan de bridage				
Éoliennes	Toutes les éoliennes			
Périodes	Juin	Juillet	Août	Septembre
Heures de nuit	Toute la nuit	Du coucher du soleil à 3h avant le lever du soleil		Du coucher du soleil à 6h avant le lever du soleil
Vitesses de vent	Inférieurs à 3 m/s	Inférieurs à 5 m/s	Inférieurs à 7 m/s	Inférieurs à 6,5 m/s
Températures	Supérieures à 16°C			

Le tableau dressé ci-dessous expose les pourcentages d'activité préservée des espèces recensées sur le site selon les modalités de bridage précitées.

Figure 63 - Nombre de contacts potentiellement protégés par le plan de bridage proposé

Espèce	Nombre de contacts détectés en 2024 du 04/06 au 15/11	Nombre de contacts protégés (pourcentage protégé)
Noctule commune	44	42 (95,5%)
Noctule de Leisler	154	137 (89,0%)
Total noctules	198	179 (90,4%)
Noctule sp./Sérotine sp.	22	17 (77,3%)
Pipistrelle commune	57	24 (42,1%)
Pipistrelle de Kuhl	2	-
Pipistrelle de Nathusius	10	4 (40,0%)
Sérotine bicolore	13	13 (100,0%)
Total	302	237 (78,5%)

Il serait intéressant de réviser le bridage selon les données de 2024 du parc éolien des Épinettes.

Renouvellement du suivi en altitude

Au vu des résultats du suivi environnemental de 2024, un renouvellement du suivi en altitude en 2025 ne semble pas nécessaire. Cependant, étant donné que le bridage va être révisé pour la saison 2025, une seconde année d'écoute consécutive est nécessaire pour vérifier l'efficacité de celui-ci.

Cette deuxième année de suivi permettra également d'augmenter le jeu de données afin d'avoir des données suffisantes de suivi d'activité mais également de pallier les variations interannuelles de l'activité chiroptérologique. L'objectif étant de proposer, à l'issu de ces 2 années de suivis, un plan de bridage robuste qui sera représentatif des conditions locales et que l'on pourra mettre en place dès 2026.

Le renouvellement du suivi en altitude semble nécessaire pour vérifier l'efficacité du nouveau bridage qui sera mis en place en 2025.

Cette proposition a également été validée par l'exploitant et aura bien lieu en 2025.

Maintien de l'entretien des plateformes

Afin de limiter l'attractivité des surfaces en surplomb des éoliennes, un entretien régulier via la fauche des végétaux qui s'y développent est fortement recommandé. La mesure est bien respectée et doit continuer à être mise en place. Ce fauchage devrait idéalement se dérouler avant la période de reproduction, vers la mi-mars. Il permettrait de dissuader les oiseaux potentiellement intéressés par ces zones de friches d'y installer leurs nids en les poussant à se rediriger vers des secteurs plus éloignés. Une nouvelle fauche vers le mois d'août pourrait également permettre de maintenir cette végétation spontanée rase et de demeurer intéressante pour la faune, et notamment les rapaces en pleine période de chasse pour nourrir leurs jeunes ainsi que les chiroptères en pleine période d'activité. Avant de réaliser cette fauche, il faut néanmoins s'assurer qu'aucune nidification n'est encore en cours dans les parcelles à entretenir.

À noter que cette mesure est déjà en place. Il est conseillé de la pérenniser.

CONCLUSION

CONCLUSION

Par comparaison avec les précédents suivis post-implantation réalisés sur le parc éolien des Épinettes, nous observons une diminution de la mortalité sur le parc, notamment des chiroptères.

Pour les oiseaux, deux espèces ont été impactées par le parc éolien des Épinettes en 2024. Le Faucon crécerelle et le Pigeon ramier sont des espèces réputées sensibles à la collision. Au regard des espèces et des effectifs retrouvés ainsi que des estimations de la mortalité, le renouvellement du suivi de mortalité ne semble pas nécessaire.

Pour les chiroptères, aucun cadavre a été découvert sur le parc. La présence d'un bridage en place en 2024 sur le parc éolien des Épinettes semble avoir limité les risques de collision/barotraumatisme. Les résultats du suivi en altitude des chiroptères ont mis en évidence une activité globalement faible et un risque de collision/barotraumatisme significatif en période de mise-bas et de transits automnaux, notamment pour la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Pipistrelle commune.

Au regard des espèces et des effectifs retrouvés ainsi que des estimations de la mortalité, le renouvellement du suivi de mortalité ne semble pas nécessaire. Concernant le suivi de l'activité chiroptérologique en altitude, un renouvellement en 2025 est recommandé afin de vérifier l'efficacité du nouveau bridage mis en place pour la saison 2025. Ce nouveau bridage est basé sur les données d'écoute en altitude de 2024 du parc éolien des Épinettes. Cette seconde année consécutive d'écoute permettra également d'obtenir un plus grand jeu de données. A l'issue de ces deux années de suivis, il serait intéressant de proposer un plan de bridage fin et robuste qui sera représentatif des conditions écologiques locales. Cela permettrait de pallier les variations interannuelles de l'activité chiroptérologique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ARTHUR L. & LEMAIRE M., 2005. Les chauves-souris maîtresses de la nuit. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 268 p.

BAERWALD, E.F., D'AMOURS, G.H., KLUG B.J. & BARCLAY, R. (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Curr Biol* 18(16) :695-696.

BARATAUD M. 2012 – Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe, identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Biotope, Mèze ; Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344p.

BARATAUD M., 2002, CD audio, Balades dans l'inaudible – identification acoustique des chauves-souris de France. Edition Sittelle. Mens, 51p.

Bas Y, Kerbiriou C, Roemer C & Julien JF (2020, June) Bat population trends. Muséum national d'Histoire naturelle.

Retrieved from <https://croemer3.wixsite.com/teamchiro/population-trends>

BROWN R., FERGUSON J., LAWRENCE M., LEES D., 1989, Reconnaître les plumes, les traces et les indices des oiseaux. Bordas, Paris, 232p.

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT ET DU LOGEMENT (DREAL) Centre-Val de Loire – Consultation du site internet pour répertorier les zones naturelles d'intérêt reconnu.

DREWITT, A.L. AND LANGSTON, R.H.W. (2006) Assessing the Impacts of Wind Farms on Birds. *Ibis*, 148, 29-42.

DÜRR T. (2023). Vogelverluste an Windenergieanlagen / bird fatalities at windturbines in Europe - Daten aus der zentralen Fundkartei der Staatlichen Vogelschutzwarte im Landesumweltamt Brandenburg

<https://lfp.brandenburg.de/lfp/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/>

FITTER R., ROUX F., 1986. Guide des oiseaux. Reader's Digest. Paris, 493p.

GENSBOL B., 1984. Guide des rapaces diurnes. Delachaux et Niestlé. Lausanne, 383p.

HEINZEL H., FITTER R., PARSLAW J., 1985. Oiseaux d'Europe d'Afrique du Nord et du Moyen orient. Delachaux et Niestlé, Paris, 319p.

LPO Drôme (2010). Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes.

LPO Vendée (2013). Retour sur 10 années de suivi de mortalité en Vendée.

LOUVEL J., GAUDILLAT V. & PONCET L., 2013. *EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce.* MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.

MNHN & OFB, INPN, 2022 – Liste rouge Européenne des espèces menacées.

MULLANEY K., SVENSSON L., ZETTERSTROM D., GRANT P.J., 1999. *Le guide ornitho. Les guides du naturaliste.* Delachaux et Niestlé, Paris, 388p.

RESEAU NATURA 2000 : Consultation du site internet pour répertorier les zones naturelles d'intérêt reconnu.

RODRIGUES, L., L. BACH, M.-J. DUBOURG-SAVAGE, B. KARAPANDZA, D. KOVAC, T. KERVYN, J. DEKKER, A. KEPEL, P. BACH, J. COLLINS, C. HARBUSCH, K. PARK, B. MICEVSKI, J. MINDERMANN (2015). *Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. Actualisation 2014.* EUROBATS Publication Series N° 6 (version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133 p.

TERNOIS V. *Impact du développement éolien sur les chiroptères et les oiseaux – état des lieux provisoire sur la mortalité connue en Champagne-Ardenne (actualisation 2018),* 10p.

TISSON J.-M. & DE FOUCault B. (coords), 2014. – *Flora Gallica. Flore de France.* Biotope, Mèze, xx + 1196 p

IUCN France, MNHN & SHF (2009). *La Liste rouge des espèces menacées en France.* Paris, France.

IUCN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS (2016). *La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Oiseaux de France métropolitaine.* Paris, France.

IUCN France, MNHN, SFEPM & ONCFS (2017). *La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Mammifères de France métropolitaine.* Paris, France.

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE 1 – DEFINITION DES PERIMETRES DE PROTECTION ET D'INVENTAIRE DU PATRIMOINE NATUREL

Les périmètres de protection du patrimoine naturel

Les périmètres de protection du patrimoine naturel rassemblent les entités suivantes :

Arrêté de protection de biotope (APB)

Les articles L. 411-1 et L.411-2 du Code de l'environnement du 27 juillet 1990 donnent aux préfets de département le pouvoir de fixer des mesures réglementaires spécifiques pour permettre la conservation des biotopes nécessaires à la survie d'espèces protégées. Généralement, cela concerne des territoires restreints.

Conservatoires d'espaces naturels (CEN)

Les conservatoires d'espaces naturels (CEN) ont pour objectif la protection, la gestion et la sensibilisation de certains sites en faveur de la biodiversité. Certains de ces terrains sont acquis par les CEN.



Espace naturel sensible (ENS)

Les espaces naturels sensibles (ENS) ont pour objectif de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues et d'assurer la sauvegarde des habitats naturels, mais également d'aménager ces espaces pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel.



Parc naturel national (PNN)

En France, le territoire de tout ou partie d'une ou plusieurs communes peut être classé par décret en Conseil d'État en parc naturel national (PNN) lorsque la conservation de la faune, de la flore, du sol, du sous-sol, de l'atmosphère, des eaux et, en général, d'un milieu naturel présente un intérêt spécial et qu'il importe de préserver ce milieu contre tout effet de dégradation naturelle et de le soustraire à toute intervention artificielle susceptible d'en altérer l'aspect, la composition et l'évolution.



Parc naturel régional (PNR)

Les parcs naturels régionaux (PNR) s'orientent vers une politique de protection de l'environnement, d'aménagement du territoire, de développement économique et social, d'éducation et de formation du public et constituent un cadre privilégié des actions menées par les collectivités publiques en faveur de la préservation des paysages et du patrimoine naturel et culturel.



Réserve naturelle (nationale - RNN et régionale - RNR)

Une réserve naturelle est une partie du territoire où la conservation de la faune, de la flore, du sol, des eaux, des gisements de minéraux et de fossiles et, en général, du milieu naturel présente une importance particulière. Il convient de soustraire ce territoire à toute intervention artificielle susceptible de le dégrader. On distingue les réserves naturelles nationales (RNN), et les réserves naturelles régionales (RNR).



Leur gestion est confiée à des associations de protection de la nature dont les conservatoires d'espaces naturels, à des établissements publics (parcs nationaux, Office national des forêts...) et à des collectivités locales (communes, groupements de communes, syndicats mixtes...). Un plan de gestion, rédigé par l'organisme gestionnaire de la réserve pour cinq ans, prévoit les objectifs et les moyens à mettre en œuvre sur le terrain afin d'entretenir ou de restaurer les milieux.

Réserve de biosphère (RB)

À travers le Réseau mondial des réserves de biosphère, l'UNESCO et son programme « MAB » (« Man and the Biosphere ») promeuvent l'expérimentation et l'illustration de pratiques de développement durable à des échelles régionales. L'objectif est d'améliorer les relations entre l'Homme et la Nature.



Dans ce cadre, une réserve de biosphère (RB) est une partie du territoire dédiée à l'apprentissage autour de la thématique du développement durable : elle concilie la conservation de la biodiversité et son utilisation durable, en prenant en compte les contextes écologiques, sociaux et économiques du territoire.

Sites Natura 2000 : zone spéciale de conservation (ZSC) et zone de protection spéciale (ZPS)

La Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 dite Directive « Habitats-Faune-Flore » prévoit la création d'un réseau écologique européen de zones spéciales de conservation (ZSC) qui, associées aux zones de protection spéciales (ZPS) désignées en application de la Directive « Oiseaux », forment le réseau Natura 2000.



Les ZSC sont désignées à partir des sites d'importance communautaire (SIC) proposés par les états membres et adoptés par la Commission européenne, tandis que les ZPS sont définies à partir des zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO).

Zones conventionnelles Ramsar

La convention Ramsar est un traité international adopté le 2 février 1971 pour la conservation et l'utilisation durable des zones humides, qui vise à enrayer leur dégradation ou disparition, en reconnaissant leurs fonctions écologiques, ainsi que leur valeur économique, culturelle, scientifique et récréative.



Les espaces inventoriés au titre du patrimoine naturel

Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF)

Le programme ZNIEFF a été initié, en 1982, par le ministère de l'Environnement. Il a pour objectif d'identifier et de décrire les zones de notre territoire qui présentent un intérêt biologique et/ou écologique. Cet inventaire constitue, aujourd'hui, un outil de connaissance majeur qui sert de base à la politique de protection de la nature.



Deux types de zones sont définis :

- Les zones de type I : secteurs de superficie, en général, limitée et caractérisée par leur intérêt biologique remarquable ;
- Les zones de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés ou qui offrent des potentialités importantes.

ANNEXE 2 – DÉTAILS DES PASSAGES



Thème d'étude	Date du passage	Missions	Conditions météorologiques	Expert
Période estivale	08/07/2024	Recherche de cadavres	Vent : 4 – 9 km /h Nébulosité : 90 – 100 % Température : 18 – 19 °C	Apoline CLER
	15/07/2024	Recherche de cadavres	Vent : 17 km/h Nébulosité : 60 – 90 % Température : 22 – 28°C	Coline VIALA
	22/07/2024	Recherche de cadavres	Vent : 13 – 17 km/h Nébulosité : 80 % Température : 18 – 19 °C	Mathieu TEPASSO
Période automnale	29/07/2024	Recherche de cadavres	Vent : 16 – 17 km/h Nébulosité : 0 – 10 % Température : 21 – 30 °C	Apoline CLER
	05/08/2024	Recherche de cadavres	Vent : 8 – 10 km/h Nébulosité : 0 % Température : 25 – 29 °C	Apoline CLER
	12/08/2024	Recherche de cadavres	Vent : 17 km/h Nébulosité : 10 – 20 % Température : 31 – 35 °C	Apoline CLER
	19/08/2024	Recherche de cadavres Test de Détection	Vent : 2 – 4 km/h Nébulosité : 20 % Température : 21 – 22 °C	Apoline CLER
	20/08/2024	Dépôt des cadavres tests	-	Mael FLORENTIN
	21/08/2024	Contrôle de la persistance des cadavres	-	Matteo POINTUD WADE
	22/08/2024			Apoline CLER
	23/08/2024			Mael FLORENTIN

Thème d'étude	Date du passage	Missions	Conditions météorologiques	Expert
Période automnale	26/08/2024	Recherche de cadavres Contrôle de la persistance des cadavres	Vent : 8 – 9 km /h Nébulosité : 10 – 20 % Température : 21 – 25 °C	Apoline CLER
	29/08/2024	Contrôle de la persistance des cadavres	-	Apoline CLER
	02/09/2024	Recherche de cadavres Contrôle de la persistance des cadavres	Vent : 14 – 15 km /h Nébulosité : 80 – 90 % Température : 19 – 20 °C	Apoline CLER
	09/09/2024	Recherche de cadavres	Vent : 28 – 30 km/h Nébulosité : 100 % Température : 16 °C	Mael FLORENTIN
	16/09/2024	Recherche de cadavres	Vent : 13 – 17 km/h Nébulosité : 78 – 82 % Température : 17 – 18 °C	Chloé DARCHIS
	23/09/2024	Recherche de cadavres	Vent : 19 – 20 km/h Nébulosité : 75 – 90 % Température : 15 – 18 °C	Chloé DARCHIS
	01/10/2024	Recherche de cadavres	Vent : 13 – 14 km/h Nébulosité : 90 – 100 % Température : 12 – 13 °C	Matteo POINTUD WADE
	07/10/2024	Recherche de cadavres	Vent : 14 – 16 km/h Nébulosité : 100 % Température : 15 – 16 °C	Matteo POINTUD WADE
	14/10/2024	Recherche de cadavres	Vent : 17 – 19 km/h Nébulosité : 90 – 100 % Température : 16 °C	Apoline CLER

Thème d'étude	Date du passage	Missions	Conditions météorologiques	Expert
Période automnale	21/10/2024	Recherche de cadavres	Vent : 9 – 11 km/h Nébulosité : 20 – 40 % Température : 20 – 22 °C	Apoline CLER
	28/10/2024	Recherche de cadavres	Vent : 10 – 12 km/h Nébulosité : 90 – 100 % Température : 15 – 17 °C	Apoline CLER

ANNEXE 3 – PRÉSENTATION DE L'EQUIPE INTERVENANTE

Qualification / Domaine d'intervention	Agent	Expérience – Formation
Envol Environnement		
Directeur d'agence Coordinateur de l'étude	Thibaut BOURGET	15 ans d'expérience – Master Génie écologique
Assistante chargée de projets Rédaction de l'étude	Chloé MARTIN	2 ans d'expérience – Master Biodiversité, Écologie, Évolution
Chargé d'études Analyse des écoutes en continu à hauteur de nacelle	François LOUART	1 an d'expérience – Master Patrimoine Naturel et Biodiversité
Chargé d'études Référent suivis post-implantations	Dylan VEAU	3 ans d'expérience – BTS GPN
Chargé d'études Expertises de terrain	Mathieu TEPASSO	2 ans d'expérience – BTS GPN
Techniciens Expertises de terrain	Apoline CLER Chloé DARCHIS Coline VIALA Mael Florentin Mattéo POINTUD-WADE	1 an d'expérience – BTS GPN 1 an d'expérience – BTS GPN 1 an d'expérience – Master Environnement et Droit 3 ans d'expérience – BTS GPN 1 an d'expérience – BTS GPN

ANNEXE 4 – RAPPEL DE BIOLOGIE SUR LES CHIROPTERES

Du fait de leurs mœurs nocturnes, les chauves-souris sont des animaux mal connus, craints, mal aimés voire hannis. Appartenant aux mammifères, leur corps est couvert de poils, elles sont vivipares et allaitent leurs petits.

Les chauves-souris forment l'ordre des Chiroptères (*Chiroptera*). Avec plus de 1 000 espèces connues dans le monde, elles représentent un quart des espèces de Mammifères connus et forment donc le second ordre le plus important de la classe des Mammifères (en termes de nombre d'espèces), après celui des Rongeurs (*Rodentia*). L'ordre des Chiroptères est subdivisé en deux sous-ordres : les Mégachiroptères et les Microchiroptères. Un sous-ordre fossile existe également, les Eochiroptères.

Les chiroptères présentent une grande diversité de formes et de mœurs, qui s'explique par le nombre élevé d'espèces différentes et leur large aire de répartition géographique. Quelques éléments relatifs à cette diversité peuvent être cités :

- La plus petite des chiroptères, le Kitti à nez de porc (*Craseonycteris thonglongyai*) a été découverte en Thaïlande en 1973. Elle pèse deux grammes et mesure environ trente millimètres, ce qui signifie qu'elle n'est pas plus grande que notre pouce. C'est l'un des plus petits mammifères au monde. À l'opposé, les plus grands chiroptères, pèsent près d'un kilogramme et atteignent 1,70 mètre d'envergure. Ce sont des espèces qui appartiennent au sous-ordre des Mégachiroptères et aux genres *Pteropus* et *Rousettus*, qui se retrouvent en Indonésie et qui sont communément désignées sous le nom de Kalong.
- Les régimes alimentaires varient selon les espèces et les latitudes, elles peuvent consommer du pollen, du nectar, des fruits, des insectes, de petits vertébrés, des poissons, du sang...
- Tandis que certaines espèces vivent en colonies, lesquelles peuvent comptabiliser jusqu'à des centaines de milliers d'individus, d'autres préfèrent la solitude. Toutefois, toutes les espèces ont toutes une vie sociale évoluée. Grâce à la technique du baguage, il a été montré que certaines espèces peuvent se déplacer sur plus de mille kilomètres, tandis que d'autres sont plutôt sédentaires.

En Europe, il existe 39 espèces de chiroptères., toutes insectivores. Elles appartiennent au sous-ordre des Microchiroptères et sont regroupées en quatre familles (Miniopteridae, Molossidae, Rhinolophidae et Vespertilionidae). Ces espèces sont adaptées aux conditions climatiques particulières de nos régions tempérées.

En France métropolitaine, 36 espèces sont recensées.

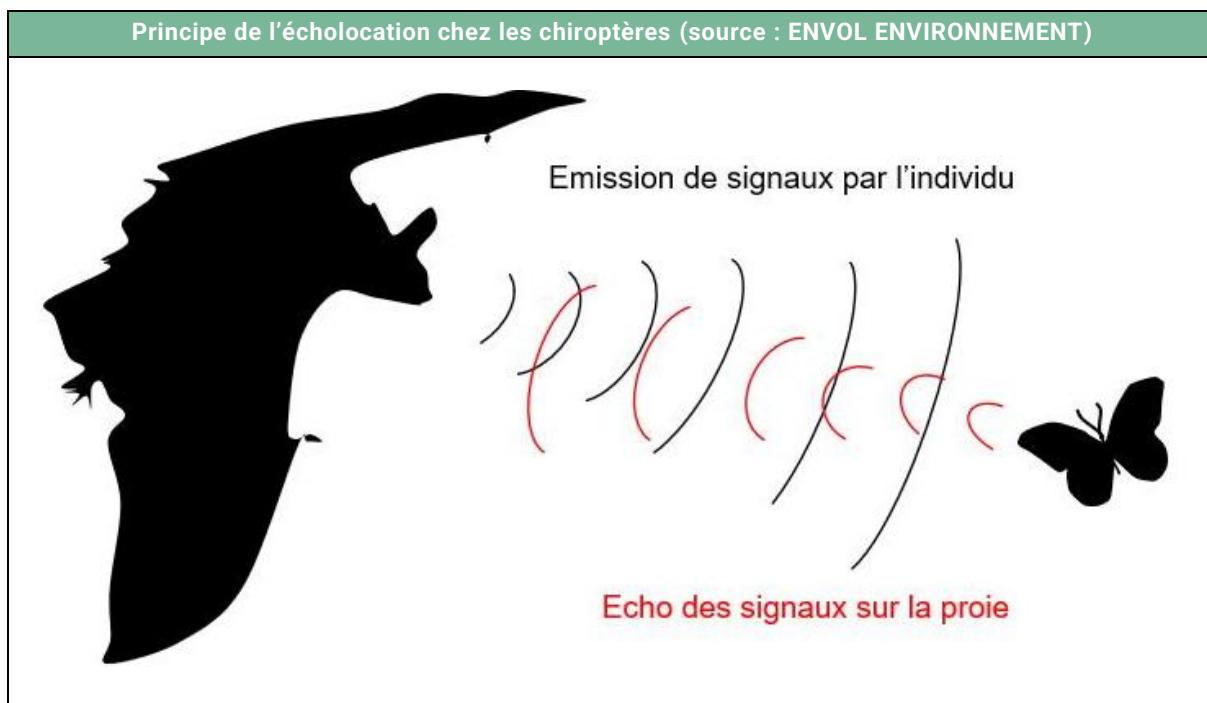
L'écholocation

Un caractère remarquable des chiroptères est leur faculté à se mouvoir dans l'obscurité totale. Ils se déplacent et chassent la nuit grâce à un système d'orientation actif : l'écholocation. Leur larynx produit des cris suraigus, sous forme d'ondes ultrasonores, dont la fréquence est caractéristique à chaque espèce. Ces ondes sont émises par les narines ou la bouche.

Réfléchies par les objets présents dans l'environnement, elles sont en retour captées par les oreilles et donnent au cerveau une vision « acoustique » très précise du milieu dans lequel l'animal se déplace en vol. Cette écholocation permet aux individus de s'orienter et de chasser leurs proies sans le concours de leur vue. Malgré cela, et contrairement à une croyance répandue, les chiroptères ont des yeux fonctionnels.

Développé depuis quelques dizaines de millions d'années par les chiroptères, ce système d'orientation acoustique est également utilisé par d'autres espèces comme les dauphins. Il n'a été mis en évidence par les scientifiques qu'à la fin des années 1930.

Les cris émis par les chiroptères pour se diriger sont distincts des cris sociaux, lesquels sont utilisés pour communiquer entre individus. En général, ces cris sociaux sont émis à des fréquences assez basses, ce qui leur confère une plus grande portée. De plus, ils sont très modulés, ce qui leur permet de véhiculer une grande quantité d'informations.



La chasse et l'alimentation

Toutes les espèces européennes sont insectivores. Leur dentition est composée de longues canines pointues, qui leur permettent de maintenir les proies, et de molaires denticulées, aptes à broyer la chitine de l'exosquelette des insectes. La formule dentaire est d'ailleurs très importante pour l'identification des espèces.

Grands chasseurs d'insectes, les chiroptères sont le pendant nocturne des oiseaux insectivores (martinets, hirondelles, gobemouches, fauvettes...) et de nombreuses études ont démontré l'importance de leur prédation nocturne. Il a été calculé qu'un seul individu était capable de capturer, par nuit de chasse, un poids d'insectes équivalent à un tiers du sien, soit, suivant l'espèce, de deux à dix grammes de proies. Ainsi, sur une saison de chasse, qui correspond en moyenne à cent jours d'activité, chaque individu, selon l'espèce, peut prélever de 200 grammes à un kilogramme d'insectes.

Le milieu de chasse varie suivant les espèces. Certaines, ubiquistes, chassent aussi bien en forêt qu'autour des lampadaires en ville, alors tandis que d'autres sont inféodées à un habitat bien défini. Chaque individu a généralement plusieurs zones de chasse qu'il fréquente au cours d'une même nuit ou d'une nuit à l'autre. Pour les espèces les plus exigeantes, telles que le Petit Rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*), ces terrains doivent être reliés à leur et interconnectés entre eux par des corridors écologiques nettement délimités par des structures linéaires comme les haies, les ripisylves ou les lisières.



Les chiroptères restent fortement liés aux éléments relais (bosquets, haies, arbres isolés, lisières etc.) lors de leurs transits.

Les modes de chasse des chiroptères varient selon les différentes espèces. Certaines capturent les insectes en vol en se servant de leurs ailes ou de leur uropatagium (membrane reliant les pattes et incluant la queue) comme d'une épuisette. D'autres les attrapent directement avec la gueule ou les glanent au sol ou sur le feuillage. Des espèces peuvent également « pêcher » les insectes posés à la surface des étangs et des rivières. Enfin, occasionnellement, quelques chiroptères pratiquent la chasse à l'affût (position immobile depuis une haie par exemple). C'est notamment le cas des femelles en fin de gestation qui économisent ainsi leur énergie.

Les chiroptères chassent tout au long de la nuit avec des périodes d'activité entrecoupées de phases de repos. Pour ces pauses, les individus utilisent des gîtes nocturnes particuliers ou retournent au gîte diurne principal, comme les femelles allaitantes qui reviennent pour nourrir leur petit. Généralement, le niveau de l'activité chiroptérologique est maximal dans les quatre premières heures de la nuit. Celle-ci décroît ensuite mais s'intensifie à nouveau dans les deux heures précédant l'aube, avant le retour au gîte pour le repos diurne.

Les phases biorythmiques

Le transit de printemps

Aux premiers beaux jours, dès le retour de l'activité des insectes, les chiroptères de nos régions sortent de leur repos hivernal et quittent leurs quartiers d'hiver. Ils reprennent leurs vols de chasse. Ayant perdu près d'un tiers de leur poids pendant l'hibernation, ils ingurgitent d'énormes quantités d'insectes. Puis, progressivement, les chauves-souris regagnent leur gîte d'été. Les mâles se dispersent tandis que les femelles se réunissent en colonies de « mise-bas » aussi appelées « nurseries ». Durant cette période de transit, les gîtes ne sont occupés que temporairement. Ils sont choisis en fonction de la température extérieure.

L'occupation des nurseries en période estivale

La durée du développement embryonnaire dépend fortement des conditions climatiques. Les femelles gestantes peuvent présenter des périodes de léthargie lors d'un printemps froid, ce qui retarde d'autant la mise-bas. La gestation, qui dure normalement trois semaines, sera alors plus longue. Les femelles mettent au monde un seul petit, parfois deux pour certaines espèces. Les jeunes, nus et aveugles, s'accrochent fortement à leur mère. Les soins maternels durent de trois à six semaines, selon les espèces et les conditions climatiques de la saison. Dans nos régions, l'émancipation se produit en général au mois d'août.



Colonne de reproduction de Petits Rhinolophes dans le grenier d'une bâtie abandonnée



Colonne reproductrice d'Oreillard roux dans la charpente d'un grenier

Source : ENVOL ENVIRONNEMENT

Le transit d'automne

À la fin de l'été, les femelles rejoignent les mâles pour l'accouplement et un nouveau cycle de reproduction commence. La fécondation est différée au printemps. Cette remarquable adaptation offre un maximum de chances de survie à la femelle et à son petit. Chez certaines espèces, la période d'accouplement peut se prolonger jusqu'au début du printemps.

L'hibernation

Le régime strictement insectivore impose aux chauves-souris de nos régions des stratégies adaptatives particulières. La plupart des espèces se réfugie en hiver dans des sites souterrains où elles hibernent jusqu'au retour de la belle saison. Les chauves-souris fonctionnent à l'économie d'énergie. Elles ont la capacité d'abaisser leur température corporelle jusqu'au niveau du milieu ambiant ou presque. Cela ralentit leur métabolisme en limitant la consommation des réserves de graisse. Cette léthargie hivernale n'est pas un phénomène continu : elle est interrompue par quelques réveils permettant de chercher un point d'accrochage plus favorable d'un point de vue microclimatique, voire de chasser à l'extérieur lors d'un redoux.



Grappes de Petits Rhinolophes en hibernation



Grands Murins se préparent à hiberner dans l'interstice d'un mur d'une ancienne carrière calcaire

Source : ENVOL ENVIRONNEMENT

La migration

En Europe, plusieurs espèces réalisent de grands trajets migratoires au printemps et en automne. Ces espèces se reproduisent dans le nord-est du continent et séjournent en hiver dans les contrées du sud-ouest où le climat est plus doux. Les chauves-souris migratrices sont principalement la Noctule commune, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore.

L'essaimage ou « swarming »

À la fin de l'été et durant une grande partie de l'automne, des individus de certaines espèces se retrouvent en très grand nombre autour des entrées de sites souterrains. Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ce comportement : manifestations nuptiales en vue d'un brassage génétique, échange d'informations sur les sites d'hibernation...

ANNEXE 5 – FICHE DE DECOUVERTE DE CAS DE MORTALITE

Cadavre n°1 :

FICHE DE MORTALITÉ STANDARDISÉE

NOM DU PARC ÉOLIEN : Les Épinettes

Nom du découvreur et date : le 08/07/2024, Apoline CLER

Localisation du cadavre :

Éolienne concernée : E6

Type de milieu : Plateforme

Direction par rapport au mat : S

**Distance du mât de l'éolienne
la plus proche du cadavre :** 43 m



Description du cadavre :

Espèce : Faucon crécerelle

Sexe : Mâle

Stade (juvénile, adulte) : Adulte

État de l'individu :

Entier

Coupé

Fragments

Frais

Quelques vers

Décomposé (putréfaction)

Sec

Cause présumée de la mort :

Collision par pale Barotraumatisme

Autre (chasse animale, humaine, voiture...)

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires :

Prédation post-mortem

Cadavre n°2 :

FICHE DE MORTALITÉ STANDARDISÉE

NOM DU PARC ÉOLIEN : Les Épinettes

Nom du découvreur et date : le 14/10/2024, Apoline CLER

Localisation du cadavre :

Éolienne concernée : E6

Type de milieu : Labour

Direction par rapport au mat : NE

Distance du mât de l'éolienne

la plus proche du cadavre : 20 m



Description du cadavre :

Espèce : Pigeon ramier

Sexe : Indéterminé

Stade (juvénile, adulte) : Adulte

Etat de l'individu :

- Entier Coupé Fragments
 Frais Quelques vers Décomposé (putréfaction) Sec

Cause présumée de la mort :

- Collision par pale Barotraumatisme
 Autre (chasse animale, humaine, voiture...)

Commentaires et/ou mesures, informations supplémentaires :