



Innover

Etudier

Partager

3 rue Cope Cambe  
34230 PLAISSAN  
RCS Montpellier 809 520 588  
+ 33 (0)467 885 822

SAS au capital variable de 6000€  
N°SIRET 809 520 588 000 25



## Suivi environnemental 2021

Suivi de la mortalité au sol  
Suivi de l'activité des chiroptères par TrackBat  
Suivi des habitats naturels

Parc éolien du Gâtinais - 12 éoliennes  
Loiret (45) et Seine-et-Marne (77)

Janvier 2022

Rédaction :  
Caroline Cosnard  
Responsable de l'agence de Reims  
[caroline.cosnard@sensoflife.com](mailto:caroline.cosnard@sensoflife.com)

Technique :  
Hubert Lagrange  
Directeur R&D  
[hubert.lagrange@sensoflife.com](mailto:hubert.lagrange@sensoflife.com)

Contrôle Qualité :  
Pauline Rico  
Directrice d'études  
[pauline.rico@sensoflife.com](mailto:pauline.rico@sensoflife.com)

## SOMMAIRE

I.	Cadre général du parc .....	5
I.1.	Contexte de l'étude .....	5
I.2.	Localisation et description du parc .....	5
I.3.	Rappel des enjeux environnementaux identifiés lors de l'étude d'impact.....	5
I.4.	Rappel des conclusions des suivis environnementaux post-implantation de 2016 à 2018.....	6
I.4.1.	Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères.....	6
I.4.2.	Suivi de la fréquentation de l'avifaune.....	6
I.4.3.	Suivi de la fréquentation des chiroptères .....	6
I.5.	Objectifs .....	7
II.	Suivi de l'activité des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais .....	10
II.1.	Matériel et méthodes.....	10
II.1.1.	Enregistrement acoustique .....	10
II.1.2.	Méthode d'analyse des sons .....	10
II.2.	Résultats des suivis d'activité chiroptérologique .....	12
II.2.1.	Activité brute et corrigée par espèce .....	12
II.2.2.	Activité des chiroptères en fonction de la date .....	14
II.2.1.	Activité des chiroptères en fonction de l'heure .....	15
II.2.2.	Activité des chiroptères corrélée avec la vitesse de vent et la température.....	18
II.2.3.	Caractérisation du niveau d'activité des chiroptères par espèce et par saison par rapport au référentiel Sens Of Life.....	20
II.3.	Zoom sur les espèces présentes sur le parc du Gâtinais et leur sensibilité .....	20
II.3.1.	Patrimonialité des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais .....	20
II.3.2.	Calcul de la note de risque .....	21
II.3.3.	Pipistrelle commune (Pipistrellus pipistrellus).....	21
II.3.4.	Pipistrelle de Nathusius (Pipistrellus nathusii) .....	22
II.3.5.	Pipistrelle de Kuhl (Pipistrellus kuhlii) .....	23
II.3.6.	Noctule commune (Nyctalus noctula).....	23
II.3.7.	Noctule de Leisler (Nyctalus leisleri) .....	24
II.3.8.	Sérotine commune (Eptesicus serotinus).....	25
II.3.9.	Oreillard (Plecotus sp.).....	26
III.	Suivi de la mortalité sur le parc éolien du Gâtinais .....	28
III.1.	Protocole de recherche de cadavres au sol .....	28
III.2.	Mortalité brute constatée au pied des éoliennes du parc du Gâtinais.....	29
III.2.1.	Analyse spatiale des collisions sur le parc éolien du Gâtinais.....	31
III.2.2.	Analyse temporelle des collisions sur le parc éolien du Gâtinais.....	32
III.2.3.	Analyse météorologique des collisions sur le parc éolien du Gâtinais .....	33
III.2.4.	Analyse des collisions sur le parc du Gâtinais en fonction du milieu.....	33
III.3.	Occupation du sol et surface prospectée.....	34
III.4.	Test de prédation .....	34
III.5.	Test du taux de détection.....	35
III.6.	Estimations de la mortalité réelle sur le parc éolien du Gâtinais.....	35
III.6.1.	Mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais.....	36
III.6.2.	Mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais.....	36
III.7.	Vulnérabilité des espèces retrouvées sur le parc éolien du Gâtinais .....	37
III.7.1.	Calcul de la note de risque .....	37
III.7.2.	Vulnérabilité des oiseaux retrouvés sur le parc du Gâtinais.....	37
III.7.3.	Vulnérabilité des chiroptères retrouvés sur le parc du Gâtinais.....	38
IV.	Suivi des habitats naturels.....	40
IV.1.	Méthodologie des prospections .....	40
IV.2.	Résultats du suivi des habitats naturels sur le parc éolien du Gâtinais.....	40
V.	Discussion.....	43
V.1.	Comparaison des impacts avifaunistiques avec l'étude d'impact initiale et les précédents suivis environnementaux.....	43
V.2.	Sensibilité des oiseaux à l'éolien.....	43
V.2.1.	Collision .....	43
V.2.2.	Perte d'habitat .....	45
V.2.3.	Effet barrière .....	46
V.3.	Comparaison des impacts chiroptérologiques avec l'étude d'impact initiale et les précédents suivis environnementaux.....	47
V.4.	Comparaison mortalité et activité chiroptérologique .....	47
V.5.	Sensibilité des chiroptères à l'éolien.....	48
V.5.1.	Généralités .....	48
V.5.2.	Mortalité directe .....	49
V.5.3.	Mortalité indirecte .....	49
VI.	Conclusion .....	50
VII.	Bibliographie .....	51
VIII.	Annexes .....	55
VIII.1.	Fiches de renseignement des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021 .....	55
VIII.2.	Tableau 38 : Récapitulatif des données de mortalité des oiseaux, classées par espèce, en Europe (Dürr, 2021) 64	64
VIII.3.	Tableau 39 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, 2021).....	67
VIII.4.	Tableau 40 : Référentiel d'activité chiroptérologique en altitude, Sens Of Life.....	68

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Carte 1 : Approche scalaire du site d'implantation du parc éolien du Gâtinais (45 et 77).....	8
Carte 2 : Espaces naturels remarquables recensés dans un rayon de 20 km autour du parc éolien du Gâtinais (45 et 77).....	9
Carte 3 : Carte de répartition et de migration de la Pipistrelle de Nathusius.....	22
Carte 4 : Localisation des cadavres trouvés sous les éoliennes du parc éolien du Gâtinais en 2021. ....	30
Carte 5 : Cartographie des habitats naturels dans un rayon de 300 mètres autour des éoliennes du parc éolien du Gâtinais, lors de la prospection du 15/04/2021.....	41
Carte 6 : Cartographie des habitats naturels dans un rayon de 300 mètres autour des éoliennes du parc éolien du Gâtinais, lors des deux prospections du 20/05/2021 et du 17/06/2021. ....	42
Figure 1 : Exemple de fichier son collecté sur le système d'enregistrement TrackBat.....	10
Figure 2 : Microphone mobilisé pour les études en altitude (à gauche) et boîtier TrackBat avec microphones déportés, installé en nacelle d'une éolienne (à droite). ....	10
Figure 3 : Distance de détection des espèces de chauves-souris en fonction de leur fréquence d'émission.....	11
Figure 4 : Représentation des volumes de détection en fonction des groupes d'espèces.....	11
Figure 5 : Cycle biologique des chiroptères, LPO Touraine.....	12
Figure 6 : Pipistrelle commune. CC0 domaine public.....	21
Figure 7 : Sonogramme de cris émis par une Pipistrelle commune.....	21
Figure 8 : Pipistrelle de Nathusius. CC0 domaine public.....	22
Figure 9 : Sonogramme des cris de Pipistrelle de Nathusius/Kuhl.....	22
Figure 10 : Pipistrelle de Kuhl, CC0 domaine public.....	23
Figure 11 : Noctule commune. CC0 domaine public.....	23
Figure 12 : Sonogramme de cris émis par une Noctule commune.....	24
Figure 13 : Noctule de Leisler. CC0 domaine public.....	24
Figure 14 : Sonogramme de cris émis par une Noctule de Leisler.....	25
Figure 15 : Sérotine commune. CC0 domaine public.....	25
Figure 16 : Sonogramme de cris émis par une Sérotine commune.....	25
Figure 17 : Oreillard roux. CC0 domaine public.....	26
Figure 18 : Oreillard gris. CC0 domaine public.....	26
Figure 19 : Représentation du transect de prospection réalisé pour la recherche de cadavres sous une éolienne.....	28
Figure 20 : Comparaison de la dentition pour identification de la Noctule de Leisler. ....	28
Figure 21 : Cadavre de chauve-souris parmi 19 leurres utilisés pour tester le taux de détection. ....	35
Figure 22 : Héron pourpré. CC0 domaine public.....	37
Figure 23 : Perdrix rouge. CC0 domaine public.....	37
Figure 24 : Martinet noir. CC0 domaine public.....	37
Figure 25 : Pigeon ramier. CC0 domaine public.....	37
Figure 26 : Pigeon biset. © Sens Of Life.....	37
Figure 27 : Bruant proyer. © Sens Of Life.....	38
Figure 28 : Pipistrelle commune. CC0 domaine public.....	38
Figure 29 : Pipistrelle de Nathusius. CC0 domaine public.....	38
Figure 30 : Pipistrelle de Kuhl, CC0 domaine public.....	38
Figure 31 : Noctule commune. CC0 domaine public.....	38

Figure 32 : Roitelet à triple bandeau.....	45
Figure 33 : éolienne avec une pale peinte en noire.....	45
Figure 34 : Aigle royal.....	46
Figure 35 : Stratégie de franchissement d'un parc éolien sur le littoral audois (source : LPO Aude, 2001).....	47
Figure 36 : Description du phénomène de barotraumatisme. ....	48

Graphique 1 : Proportion (brute en haut et corrigée en bas) des espèces contactées en nacelle des éoliennes E4 (à gauche), E6 (au centre) et sur l'ensemble du parc éolien du Gâtinais (à droite), entre avril et octobre 2021 ..	13
Graphique 2 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle des éoliennes E4 et E6 du parc éolien du Gâtinais en 2021. ....	14
Graphique 3 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais en 2021. ....	14
Graphique 4 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E6 du parc éolien du Gâtinais en 2021. ....	15
Graphique 5 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre avril et octobre 2021, sur le parc éolien du Gâtinais. ....	15
Graphique 6 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais. ....	16
Graphique 7 : Activité des chiroptères en fonction du coucher et du lever du soleil, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais.....	16
Graphique 8 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E6 du parc éolien du Gâtinais. ....	17
Graphique 9 : Activité des chiroptères en fonction du coucher et du lever du soleil, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais.....	17
Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent, enregistrée entre avril et octobre 2021 sur le parc éolien du Gâtinais.....	18
Graphique 11 : Activité des chiroptères en fonction de la température, enregistrée entre avril et octobre 2021 sur le parc éolien du Gâtinais.....	18
Graphique 12 : Répartition des collisions constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, en fonction de l'éolienne la plus proche. ....	31
Graphique 13 : Répartition de la position des cadavres en fonction de la distance au mât de l'éolienne la plus proche, sur le parc éolien du Gâtinais, en 2021.....	31
Graphique 14 : Répartition de la position des cadavres en fonction leur orientation par rapport au mât de l'éolienne la plus proche, sur le parc éolien du Gâtinais, en 2021. ....	32
Graphique 15 : Répartition des cadavres en fonction de la date sur le parc éolien du Gâtinais en 2021.....	32
Graphique 16 : Conditions météorologiques caractérisant la mortalité sur le parc du Gâtinais en 2021. ....	33
Graphique 17 : Répartition des collisions en fonction de l'assolement, sur le parc du Gâtinais en 2021.....	33
Graphique 18 : Répartition des collisions en fonction de la hauteur de l'assolement, sur le parc du Gâtinais en 2021. ....	33
Graphique 19 : Surface moyenne prospectée sous chaque éolienne du parc éolien du Gâtinais en 2021. ....	34
Graphique 20 : Principales espèces retrouvées sous les éoliennes en France (Marx, 2016).....	44
Graphique 21 : Corrélation entre le nombre de rapaces avec un comportement à risque et la mortalité, pendant 3 ans sur 13 parcs éoliens au nord de l'Espagne (Lekuona & Ursua, 2006). ....	45

Tableau 1 : Caractéristiques techniques et coordonnées géographiques des éoliennes du parc du Gâtinais.....	5
---	---

Tableau 2 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores.....	11
--	----

Tableau 3 : Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes.....	12	Tableau 36 : Comparaison indicative des différentes causes de mortalité anthropique de l'avifaune en France (en haut, LPO, AMBE - 2010) et aux Etats-Unis (en bas, Erickson et al., 2005) .....	44
Tableau 4 : Nombre de contacts bruts en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de E4 et E6 sur le parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021. ....	12	Tableau 37 : Vulnérabilité à l'éolien par espèce (Groupe Chiroptères de la SFPEM, 2016) .....	49
Tableau 5 : Nombre de contacts corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de E4 et E6 sur le parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021. ....	12	VIII.2. Tableau 38 : Récapitulatif des données de mortalité des oiseaux, classées par espèce, en Europe (Dürr, 2021) 64	
Tableau 6 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s <sup>-1</sup> ) en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.....	19	VIII.3. Tableau 39 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, 2021).....	67
Tableau 7 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s <sup>-1</sup> ) en nacelle de l'éolienne E6 du parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.....	19	VIII.4. Tableau 40 : Référentiel d'activité chiroptérologique en altitude, Sens Of Life.....	68
Tableau 8 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s <sup>-1</sup> ) sur le parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021. ....	19		
Tableau 9 : Détail de l'activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le Gâtinais en 2021 .....	20		
Tableau 10 : Détail de l'activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc éolien du Gâtinais en 2021 .....	20		
Tableau 11 : Détail de l'activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le Gâtinais en 2021.....	20		
Tableau 12 : Caractérisation du niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères enregistrée sur le Gâtinais en 2021, en fonction du cycle biologique .....	20		
Tableau 13 : Synthèse des valeurs patrimoniales (statuts de protection et de conservation) de chaque espèce de chiroptère recensée sur le parc éolien du Gâtinais en 2021.....	20		
Tableau 14 : Calcul de la note de risque d'une espèce à l'éolien, en fonction de sa sensibilité et de son statut de conservation à l'échelle nationale.....	21		
Tableau 15 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021. ....	21		
Tableau 16 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021. ....	22		
Tableau 17 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.....	23		
Tableau 18 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.....	23		
Tableau 19 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.....	23		
Tableau 20 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.....	23		
Tableau 21 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.....	24		
Tableau 22 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.....	24		
Tableau 23 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.....	25		
Tableau 24 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.....	25		
Tableau 25 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.....	26		
Tableau 26 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.....	26		
Tableau 27 : Données d'activité des Oreillardes sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021. ....	26		
Tableau 28 : Caractérisation du niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères enregistrée sur le Gâtinais en 2021, en fonction du cycle biologique .....	27		
Tableau 29 : Liste des collisions constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021 et caractéristiques des cadavres .....	29		
Tableau 30 : Pourcentage de surface prospectée sur le parc du Gâtinais entre mai et octobre 2021.....	34		
Tableau 31 : Évaluation du taux de détection des cadavres sur le parc éolien du Gâtinais en 2021. ....	35		
Tableau 32 : Mortalité réelle estimée des chiroptères, selon les différentes formules, sur le parc éolien du Gâtinais, entre mai et octobre 2021. ....	36		
Tableau 33 : Mortalité réelle estimée des oiseaux, selon les différentes formules, sur le parc éolien du Gâtinais, entre mai et octobre 2021. ....	36		
Tableau 34 : Calcul de la note de risque d'une espèce à l'éolien, en fonction de sa sensibilité et de son statut de conservation à l'échelle nationale.....	37		
Tableau 35 : Méthode de l'aire minimale - Surface d'inventaire en fonction du type d'habitat (TelaBotanica) ...	40		

## I. Cadre général du parc

### I.1. Contexte de l'étude

La société Akuo Energy exploite un parc éolien composé de 12 éoliennes Vestas V90 MK7 implantées sur les communes de Sceaux-du-Gâtinais (45490), de Mondreville (77570) et de Gironville (77890), dans les départements du Loiret (45) et de la Seine-et-Marne (77), respectivement en région Centre-Val de Loire et Île-de-France. Cette installation a été mise en service en 2015, elle est donc réputée ICPE. Une expertise environnementale initiale a été réalisée par le bureau d'études Ecosphère en 2006 pour les volets avifaune, herpétofaune, entomofaune, chiroptères, flore et habitats.

Selon l'arrêté ICPE du 26 août 2011 et le décret modificatif du 22 juin 2020, relatifs aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, l'exploitant d'une installation soumise à autorisation ou bien à déclaration<sup>1</sup> au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, doit réaliser un suivi environnemental dans les 12 mois suivant la mise en service du parc éolien puis une fois tous les dix ans. Ce suivi post-implantation sert à estimer l'incidence du parc sur l'avifaune et les chiroptères, notamment en termes de mortalité due à la présence des aérogénérateurs, mais aussi à s'assurer que la construction et l'exploitation du parc ne dégradent pas l'état de conservation de certaines espèces et des habitats protégés.

Le suivi environnemental doit être réalisé avec le protocole publié en avril 2018, reconnu par le ministère chargé des installations classées et doit également être conforme à la réglementation de l'étude d'impact qui définit les modalités de suivi des effets du parc sur l'avifaune et les chauves-souris (Article R122-14 du code de l'environnement). Il comprend un suivi de l'activité chiroptérologique en altitude, en continu et sans aucun échantillonnage de durée sur l'ensemble de la période d'activité des chauves-souris, un suivi des habitats naturels, ainsi qu'un suivi de la mortalité au pied des éoliennes.

Trois suivis environnementaux ont été effectués sur le parc éolien de Gâtinais, en 2016 et 2017 par Ecosphère et 2018 par Calidris. Suite à la découverte d'une douzaine de cadavres de chiroptères lors de ce dernier suivi environnemental, la société Akuo Energy a mis en place un bridage environnemental de toutes les éoliennes, du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre, de 1 heure avant le coucher du soleil jusqu'à 6 heures après, pour des vitesses de vent inférieures à 5 m.s<sup>-1</sup>, pour toutes les températures et toutes les directions de vent. Ce rapport présente donc le suivi réalisé par Sens Of Life en 2021 afin de vérifier l'efficacité de ce bridage. Il inclut les résultats des inventaires sur le terrain, les impacts et les mesures à ajuster ou adopter sur ce parc pour réduire l'incidence sur les oiseaux et les chiroptères.

### I.2. Localisation et description du parc

Ce parc, constitué d'une ligne de 12 éoliennes, se situe sur les communes de Sceaux-du-Gâtinais (45490), de Mondreville (77570) et de Gironville (77890), dans les départements du Loiret (45) et de la Seine-et-Marne (77), respectivement en région Centre-Val de Loire et Île-de-France. Les turbines sont toutes des Vestas V90/2000 pour une puissance nominale totale de 24 MW. Le Tableau 1 indique les caractéristiques techniques et les coordonnées géographiques de chacune des éoliennes.

La Zone d'Implantation du parc culmine à 95 mètres, avec un relief globalement plat. Le paysage bocager est ouvert et dominé par des parcelles agricoles, majoritairement des graminées (blé et orge) et des betteraves, exploitées de manière intensive. Une route départementale traverse le parc entre les éoliennes E8 et E9. Notons également la présence d'un boisement au sud de l'éolienne E5. Aucun cours d'eau ni aucune mare n'a été identifié à proximité immédiate des éoliennes (Carte 1).

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

Commune	Eolienne	Latitude (Y)	Longitude (X)	Diamètre du rotor	Puissance unitaire
Sceaux-du-Gâtinais	E1	48.131454	2.595038	90 m	2 MW
Mondreville	E2	48.132840	2.590725		
	E3	48.134190	2.586746		
	E4	48.135507	2.582191		
	E5	48.136716	2.577127		
Sceaux-du-Gâtinais	E6	48.138058	2.571272		
	E7	48.139300	2.565102		
	E8	48.140549	2.559110		
Gironville	E9	48.141927	2.552233		
	E10	48.143059	2.545170		
	E11	48.143947	2.537818		
	E12	48.144659	2.531174		

Tableau 1 : Caractéristiques techniques et coordonnées géographiques des éoliennes du parc du Gâtinais.

L'aire d'étude rapprochée (à maximum 5 km du site) comprend seulement un Site d'Importance Communautaire (SIC) nommé « Marais de Bordeaux et Mignerette » (code FR2400525) et dans l'aire d'étude éloignée (à maximum 20 km du site), 64 autres zones naturelles d'intérêt reconnu ont été recensées (Carte 2) :

- 42 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type I (ZNIEFF I),
- 6 Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type II (ZNIEFF II),
- 3 sites inscrits au titre de la Directive Oiseaux (2 ZICO et 1 ZPS),
- 3 terrains acquis par le Conservatoire des Espaces Naturels (CEN),
- 1 Parc Naturel Régional (PNR), le « Gâtinais français » (code FR8000038)
- 7 sites classés au titre de la Directive Habitats (ZCS/pSIC/SIC),
- 2 Arrêtés de Protection de Biotope (APB).

### I.3. Rappel des enjeux environnementaux identifiés lors de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006, afin de les comparer avec les résultats de ce suivi post-implantation en 2021.

L'étude d'impact présente les conclusions suivantes pour le groupe des oiseaux :

- Au total, 18 espèces d'oiseaux sont considérées comme nicheuses au sein de l'aire d'étude, dont 6 sur le site même : l'**Edicnème criard** (*Burhinus oedicnemus*), le **Busard Saint-Martin** (*Circus cyaneus*), le **Vanneau huppé** (*Vanellus vanellus*), la **Bergeronnette printanière** (*Motacilla flava*), le **Bruant proyer** (*Emberiza calandra*) et la **Caille des blés** (*Coturnix coturnix*). 41 autres espèces sont nicheuses aux abords du site, dont un couple de **Courlis cendré** (*Numenius arquata*) qui se reproduit à moins de 2 km au nord-ouest du site, au moins en 2004, et il a été revu en 2006, ce qui est exceptionnel dans la région. L'Aigle botté et le Circaète Jean-le-blanc, ont été vues en période de nidification à quelques kilomètres du site et pourraient se reproduire dans un futur proche.
- En période de migration, une trentaine d'espèces ont été recensées et le site est localisé à l'extrême ouest du couloir de migration de la **Grue cendrée** (*Grus grus*). Une assez bonne diversité de rapaces semble

traverser la zone d'étude lors des passages, en faible quantité néanmoins. Le site ne s'inscrit pas dans un axe de migration majeur pour les rapaces.

- En hivernage, le site ne constitue apparemment pas une zone importante pour l'hivernage des Vanneaux huppés et des Pluviers dorés.

L'étude d'impact présente les conclusions suivantes pour le groupe des chiroptères :

- La zone d'étude se caractérise par une faible densité et une très faible diversité spécifique de chiroptères, liées aux faibles potentialités d'accueil des zones de cultures intensives.
- Deux espèces de chauves-souris ont été contactées sur le site : la **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) assez fréquemment et la **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) ponctuellement, très rare en région Centre et assez rare en Île-de-France. Une troisième espèce a été contactée à proximité, dans le village de Mondreville, la **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) qui peut chasser sur le site et est considérée comme rare.
- Les chiroptères d'intérêt patrimonial signalés en hiver dans les carrières du secteur, et notamment le site Natura 2000 de Mocpoix, sont susceptibles de se déplacer le long de la vallée du Fusain à 3 km au sud-est du site. Les probabilités que ces mêmes chauves-souris viennent chasser sur la zone d'implantation sont jugées très faibles.

Pour conclure, les enjeux ornithologiques s'avèrent très forts et les enjeux chiroptérologiques moyens sur le site.

#### I.4. Rappel des conclusions des suivis environnementaux post-implantation de 2016 à 2018

Un suivi environnemental a été mené durant trois ans, en 2016 et 2017 par Ecosphère et en 2018 par Calidris.

##### I.4.1. Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères

En 2016, six éoliennes du parc ont été prospectées, les éoliennes E1, E3, E5, E6, E8 et E11, au cours de 16 passages réalisés entre le 1<sup>er</sup> avril 2016 et le 15 octobre 2016. Lors de ce suivi de mortalité, 10 oiseaux et 17 chauves-souris ont été retrouvés sous les éoliennes, avec comme espèces :

- Le Roitelet triple-bandeau (3 cadavres et 1 autre sous les éoliennes non suivies),
- Le Martinet noir (1 cadavre et 2 autres sous les éoliennes non suivies),
- Le Pinson des arbres (1 cadavre),
- Le Rougegorge familier (1 cadavre),
- L'Hirondelle rustique (1 cadavre sous les éoliennes non suivies),
- La Pipistrelle commune (6 cadavres et 6 autres sous les éoliennes non suivies),
- La Noctule commune (2 cadavres),
- La Noctule de Leisler (1 cadavre sous les éoliennes non suivies),
- Des petites Pipistrelles non identifiées (2 cadavres).

La mortalité réelle a été estimée à environ 8 cadavres/éolienne/an, dont 5 chiroptères et 3 oiseaux.

Suite à des discussions avec la DRIEE et la DREAL, il n'a pas été jugé nécessaire de réitérer le suivi de la mortalité en 2017, mais en 2018, Calidris a de nouveau effectué un suivi de mortalité au cours de 20 passages réalisés entre mai et septembre 2018 sous les six éoliennes qui n'avaient pas été prospectées en 2016 (E2, E4, E7, E9, E10 et E12). Lors de ce suivi de mortalité, 2 oiseaux et 9 chauves-souris ont été retrouvés sous les éoliennes, avec, comme espèces :

- Le Pigeon ramier (1 cadavre),
- Le Bruant proyer (1 cadavre),
- La Pipistrelle commune (4 cadavres),
- Une Noctule indéterminée (1 cadavre),
- Des chiroptères indéterminés (4 cadavres).

La mortalité réelle a été estimée entre 8 et 21 cadavres pour la période « Printemps/Été » et entre 7 et 16 cadavres pour la période « Automne, toutes espèces confondues. Ces taux de mortalité conséquents ont conduit à la mise en place d'un bridage sur le parc éolien.

##### I.4.2. Suivi de la fréquentation de l'avifaune

En 2016, l'étude avifaunistique présente les conclusions suivantes pour les oiseaux :

- 15 espèces ont été catégorisées comme migratrices, hivernantes ou erratiques ne nichant pas dans l'aire d'étude, 16 autres espèces sont également nicheuses. Parmi ces 15 espèces non nicheuses, 3 sont particulièrement vulnérables : le **Busard Saint-Martin**, le **Faucon crécerelle** et le **Vanneau huppé**.
- En période de nidification, 23 espèces se reproduisent sur le parc et dans un rayon de 500 m autour de celui-ci, 14 autres espèces se reproduisent aux abords, dont des corvidés, la **Buse variable**, le **Milan noir** et le **Faucon hobereau** qui sont susceptibles de fréquenter le parc en transit ou lors de la recherche alimentaire. Un couple de **Courlis cendré** a été de nouveau observé, cette fois à 1 km à peine au nord-ouest de l'éolienne E12 sur une parcelle humide en jachère au sud de la ferme "L'Avenir". Parmi les espèces nicheuses, 7 sont vulnérables au risque de collision : le **Faucon hobereau**, l'**Édicnème criard**, le **Vanneau huppé**, le **Busard Saint-Martin**, le **Courlis cendré**, le **Faucon crécerelle** et le **Milan noir**.

En 2017, six suivis ont été réalisés et ont permis d'identifier un possible couple de **Busard cendré** (un mâle observé), deux couples de **Busard Saint-Martin**, trois couples de **Vanneau huppé** et deux couples d'**Édicnème criard**. La construction du parc éolien du Gâtinais ne semble pas avoir eu d'effet repoussoir sur les espèces nicheuses observées.

L'étude comportementale de l'avifaune n'a pas été réitérée en 2018.

##### I.4.3. Suivi de la fréquentation des chiroptères

En 2016, l'étude des chiroptères s'est déroulée en six passages réalisés au pied de quatre éoliennes (E1, E6, E8 et E11), avec les conclusions suivantes :

- Neuf espèces ont été contactées, dont 6 vulnérables à l'éolien : la **Pipistrelle commune**, la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Sérotine commune** qui ont probablement des colonies aux abords et exploitent le parc régulièrement, la **Noctule commune** également reproductrice aux abords mais fréquentant aussi le parc lors des migrations printanière et automnale, la **Pipistrelle de Nathusius** dont des individus exploitent le parc en été et traversent le parc en migration et la **Noctule de Leisler** qui est présente en migration. Le **Grand Murin**, le **Murin de Natterer** et la **Barbastelle d'Europe** ont également été contactées mais ne sont pas très vulnérables au risque de collision.
- L'activité des chiroptères semble homogène sur les quatre points, avec un niveau globalement faible à très faible toute l'année, en lien direct avec l'absence de milieux favorables directement autour des mats. On constate une activité légèrement plus importante au pied de l'éolienne 6 (niveau d'activité moyen fin juin), éolienne au pied de laquelle se trouve une jachère et éolienne la plus proche de la jeune plantation boisée et des friches au sud du parc.
- La fréquentation du parc reste globalement faible, à l'exception de nuits de chasse exceptionnelles début juillet pour les Pipistrelles et la Sérotine commune seulement à l'occasion d'émergences d'insectes et d'envol des jeunes. Des gîtes d'été sont donc probables dans les villages et hameaux proches, ainsi que dans les secteurs boisés des environs, tels que la vallée du Fusain (3 km au sud du parc). La faible diversité spécifique observée sur le parc est typique d'un plateau céréalier. Il est possible que le parc génère un effet d'aversion pour certaines espèces.

En 2017, l'étude des chiroptères s'est déroulée en trois passages réalisés au pied des mêmes quatre éoliennes (E1, E6, E8 et E11). Les six espèces vulnérables à l'éolien, les trois espèces de **Pipistrelles** et les trois espèces de **Sérotules**, ont de nouveau été contactées en 2017, ainsi que le **Murin de Natterer** qui a une vulnérabilité faible. Le Grand Murin et la Barbastelle d'Europe n'ont pas été enregistrés cette année, mais le **Murin de Daubenton** et l'**Oreillard roux**, qui ont une faible vulnérabilité, ont été contactés en 2017 alors qu'ils ne l'avaient pas été en 2016. L'étude conclue donc :

- Une faible activité au printemps (sauf sur E8, activité très forte de Pipistrelle commune non expliquée), en particulier pour les espèces migratrices de haut vol, sensibles au risque de collision ;
- Une activité estivale importante pour la Pipistrelle commune (et à plus faible échelle pour la Pipistrelle de Kuhl), notamment lorsque les jeunes s'émanent, et ce malgré l'absence de gîte constaté à proximité des éoliennes et l'absence de continuité écologique vers les lieux-dits, hameaux et villages susceptibles d'en abriter et situés à au moins 1,2 km des éoliennes ;
- Une activité variable en automne (faible à forte) avec la présence non négligeable de Noctule de Leisler, une espèce de haut vol, sensible au risque de collision

En 2018, l'étude des chiroptères a été effectuée à l'aide d'enregistreurs ultrasonores, deux placés à 4 mètres du sol sur les éoliennes E5 et E10 pour étudier l'activité des chauves-souris au sol en continu du 23 mai au 21 juin 2018 puis du 05 juillet au 17 septembre 2018, et deux autres enregistreurs ultrasonores en nacelle des éoliennes E4 et E12 pour étudier l'activité des chauves-souris en altitude en continu sur une année complète, de mai 2018 à mai 2019. L'étude conclue donc, pour l'activité au sol :

- Dix espèces ont été contactées lors des écoutes à 4 mètres du sol : les mêmes six espèces vulnérables à l'éolien que les années précédentes, c'est-à-dire les trois espèces de **Pipistrelles** et les trois espèces de **Sérotules**, puis quatre espèces de faible vulnérabilité : le **Murin de Natterer**, déjà contacté les deux années précédentes, la **Barbastelle d'Europe** et le **Grand Murin**, déjà contactés en 2016, ainsi que le **Murin de Daubenton**, déjà contacté en 2017. Des Oreillards ont également été contactés sans être déterminés à l'espèce, sachant que l'Oreillard roux avait déjà été contacté en 2017.
- Trois espèces contactées sont considérées comme migratrices : la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune et la Noctule de Leisler.
- L'activité est plus importante durant les 3 premiers mois d'enregistrement, avec un pic d'activité observé en mai pour l'éolienne E10, puis l'activité décroît ensuite en août et en septembre. Les résultats ont enregistré une saisonnalité, au sol, assez marquée. Les plus fortes activités ont été observées durant la période de migration printanière (mai) et la période estivale d'élevage des jeunes (juin et juillet). L'activité a été considérablement plus faible, durant la période de migration automnale, en août et septembre.
- L'activité horaire est similaire entre les deux éoliennes. 80% de l'activité est enregistrée entre 1h et 2h du matin et le pic le plus fort a lieu entre 23h et minuit.
- Plus de 80 % de l'activité ont été enregistrés pour des vitesses de vent inférieure à 5 m/s sur l'éolienne E10 et à 6 m/s sur l'éolienne E5. Pratiquement 100% de l'activité chiroptérologique a été enregistrée pour des températures supérieures à 15°C sur l'éolienne E10 et à 16°C sur l'éolienne E5, avec une fréquentation anecdotique pour des températures inférieures à ce seuil.

L'étude réalisée en 2018 conclue, pour l'activité en nacelle :

- Seulement cinq espèces de haut vol ont été contactées : la **Sérotine commune**, la **Noctule de Leisler**, la **Noctule commune**, la **Pipistrelle de Kuhl** et la **Pipistrelle commune**, mais la Pipistrelle de Nathusius n'a pas été enregistrée.
- Deux sont considérées comme migratrices, la Noctule commune et la Noctule de Leisler.
- Deux espèces (Noctule de Leisler et Noctule commune) ont une activité globale modérée. Leurs pics d'activité surviennent durant le mois de juillet. La très grande majorité des enregistrements concernent des séquences de chasse. L'activité décroît ensuite pour devenir presque nulle en octobre. On note cependant

un dernier pic en septembre au niveau de la nacelle d'E12 pour la Noctule commune qui peut être assimilé à un passage d'individus en transit migratoire. Les résultats ont enregistré une saisonnalité assez marquée, en nacelle. Les plus fortes activités ont été observées durant la période estivale d'élevage des jeunes (juillet). L'activité a été considérablement plus faible, durant la période de migration automnale, en août et septembre.

- Pour les deux éoliennes 80% de l'activité sont atteints à 1h du matin et le pic le plus important à lieu entre 23h et minuit.
- Plus de 80 % de l'activité ont été enregistrés pour des vitesses de vent inférieure à 5 m/s sur l'éolienne E4 et 6 m/s sur l'éolienne E12. Plus de 99% de l'activité chiroptérologique ont été enregistrés pour des températures supérieures à 13°C sur l'éolienne E4, avec une fréquentation anecdotique pour des températures inférieures à ce seuil, et supérieures à 15°C sur l'éolienne E12.

Concernant les gîtes à chiroptère, l'étude effectuée en 2018 conclue que la zone d'étude est caractérisée par ses faibles potentialités d'accueil en gîtes. Les rares boisements qu'on y trouve ne sont pas favorables aux espèces arboricoles en raison de leur manque de maturité. Ces bosquets sont en effet jeunes et ne possèdent aucun arbre à cavité susceptible d'abriter des colonies. Leurs potentialités sont donc nulles à très faibles. Les rares potentialités présentes au niveau de la zone d'étude se trouvent dans le vieux bâti qui peut être favorable à certaines espèces synanthropiques (Pipistrelles sp., Sérotine commune, Murins sp.). Cependant, leur découverte se trouve fortement limitée par l'accès aux propriétés privées et aucune colonie n'a pu être observée. La potentialité des zones d'habitation est néanmoins évaluée comme modérée. Enfin, les potentialités d'accueil des haies, cultures, prairies ou friches de la zone d'étude sont nulles.

### 1.5. Objectifs

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

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

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

La stratégie d'inventaire qui a été mise en œuvre permet d'avoir une bonne connaissance des fonctionnalités écologiques du site et est adaptée aux effets potentiels d'un parc éolien sur le milieu naturel, prenant en considération les informations préalables sur l'étude d'impact initial du parc. Ainsi, un nombre de sorties conforme au protocole national de 2018 a été mis en place.



# Approche scalaire du site d'implantation Parc éolien du Gâtinais Loiret (45) et Seine-et-Marne (77)



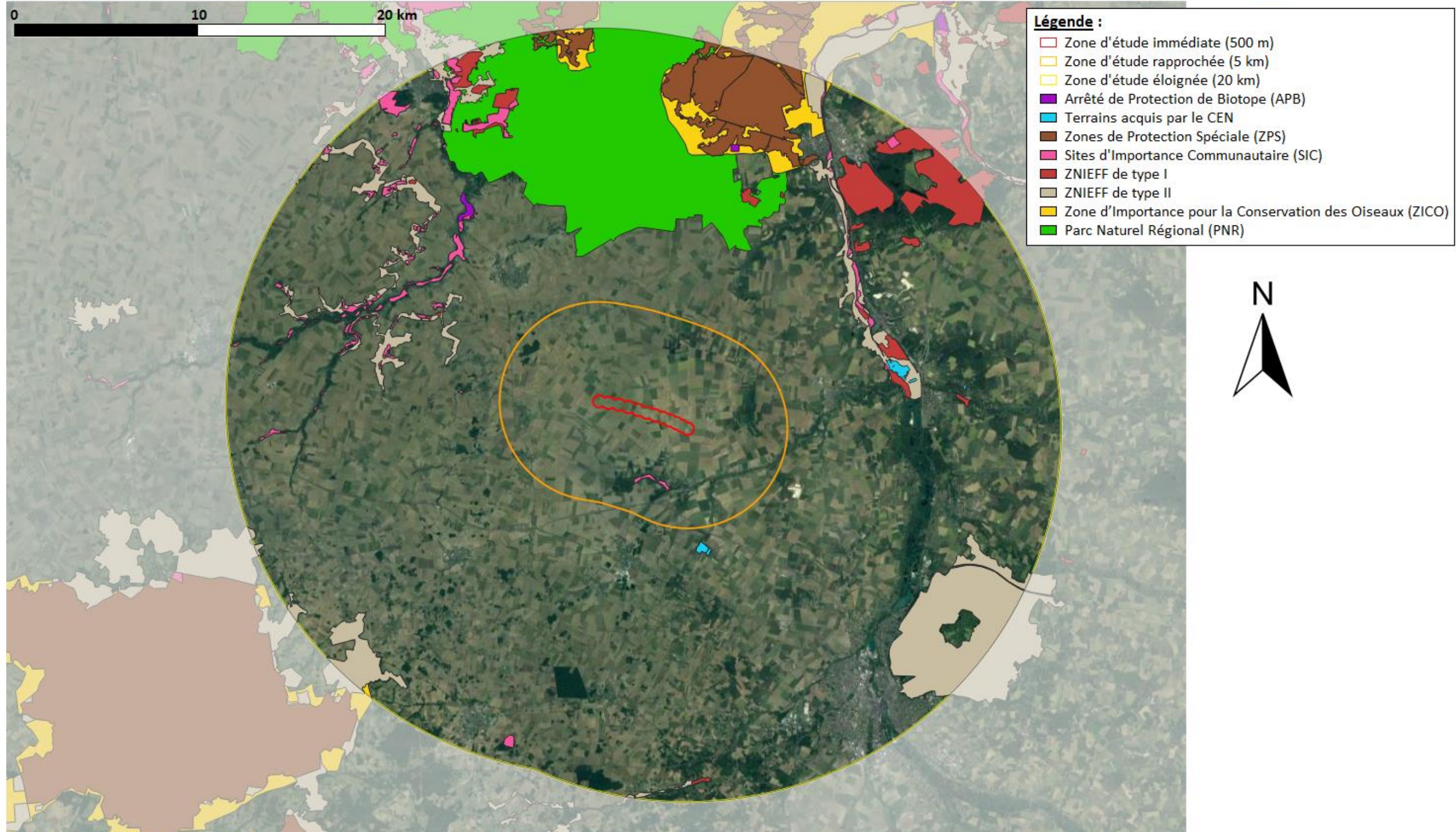
Sens Of Life 2021. Fond de carte : Google satellite.

Carte 1 : Approche scalaire du site d'implantation du parc éolien du Gâtinais (45 et 77).





## Espaces naturels remarquables recensés dans un rayon de 20 km autour du parc éolien du Gâtinais Loiret (45) et Seine-et-Marne (77)



Sens Of Life 2021. Fond de carte : Google satellite.

Carte 2 : Espaces naturels remarquables recensés dans un rayon de 20 km autour du parc éolien du Gâtinais (45 et 77)

## II. Suivi de l'activité des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais

### II.1. Matériel et méthodes

#### II.1.1. Enregistrement acoustique

Les suivis d'activité chiroptérologique en altitude permettent de définir précisément les niveaux d'activité et les cortèges d'espèces qui interagiront réellement avec les pales des machines. Le suivi des chiroptères a été réalisé du 21 avril au 31 octobre 2021, afin de comprendre comment le site est utilisé par ces espèces. Afin de qualifier les déplacements en hauteur, deux TrackBats (version acoustique) ont été mis en place en nacelle des éoliennes E4 et E6 (Carte 1), car elles présentaient un impact fort sur les chiroptères lors des suivis de mortalité effectués entre 2016 et 2018.

La pose de ces enregistreurs a pour objectifs :

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

#### Enregistreurs

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

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

Ce paramétrage permet de détecter l'ensemble des espèces européennes (le Petit Rhinolophe étant détecté grâce à ses harmoniques basses) (Figure 1).

Le stockage est réalisé sur une clef USB de 256 Go : cette capacité de stockage permet de limiter les opérations de maintenance. Ils disposent d'une connexion 3G permettant d'évaluer à distance les paramètres critiques du fonctionnement du matériel (nombre de fichiers enregistrés, tension d'alimentation, espace de stockage libre). Ces enregistreurs sont montés dans un boîtier métallique étanche (IP68) assurant un blindage contre les perturbations électromagnétiques.

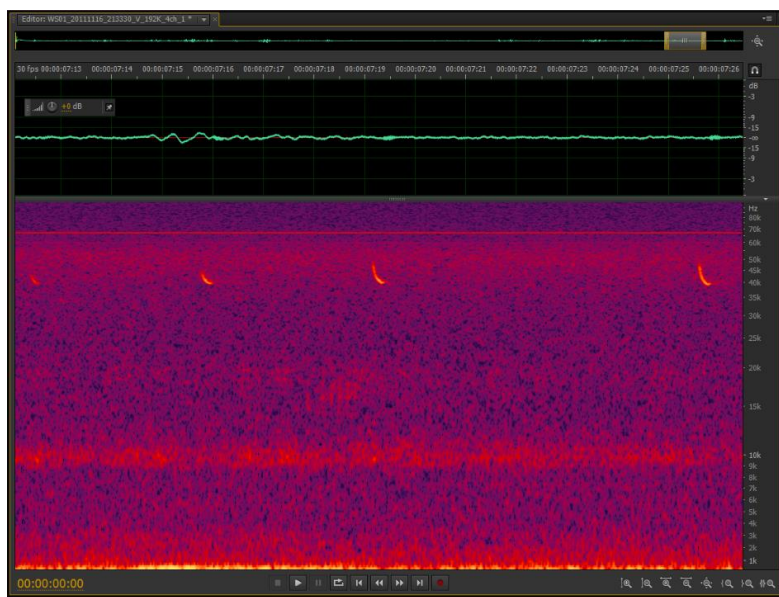


Figure 1 : Exemple de fichier son collecté sur le système d'enregistrement TrackBat.

#### Microphones

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

Ils sont montés grâce à un support amortisseur évitant les propagations des bruits de la structure dans les microphones (vibrations de la machine, bruits de fonctionnement...). Les boîtiers sont fixés à l'intérieur de la nacelle et les microphones sont déportés sur la face inférieure de celle-ci.



Figure 2 : Microphone mobilisé pour les études en altitude (à gauche) et boîtier TrackBat avec microphones déportés, installé en nacelle d'une éolienne (à droite).

#### II.1.2. Méthode d'analyse des sons

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

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

Néanmoins, l'utilisation des signaux d'écholocation pour l'identification des différentes espèces de chiroptères n'est pas toujours possible, compte tenu des recouvrements de caractéristiques entre certains signaux provenant d'espèces différentes. Ces limites sont accentuées par la qualité des sons enregistrés : un fort bruit de fond ou des parasites gênent l'identification en accentuant les recouvrements entre espèces. Dans ce cas, l'identification est limitée au groupe d'espèces, comme présentée dans le Tableau 2.

Les sons bruts sont analysés par un logiciel automatique avec un contrôle manuel des identifications ambiguës. Cette analyse permet d'identifier les espèces fréquentant le site en altitude. Compte tenu des incertitudes de classification de certaines espèces, les identifications à l'espèce ne sont pas utilisées pour le groupe des murins. Ce groupe d'espèces volant à basse altitude, il n'est habituellement peu ou pas retrouvé à hauteur de nacelle et est donc très peu impacté par les pales des éoliennes.

Nom Français	Nom Latin	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements très favorables	Groupes identifiés dans des conditions d'enregistrements défavorables
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>		Rhinolophe euryale
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>		Petit Rhinolophe
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>		Grand Rhinolophe
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>		Grands Myotis
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>		
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Murin de Daubenton	Petits Myotis
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Murin de Capaccini	
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	Murin à moustaches	
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	Murin d'Alcathoe	
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Murin à oreilles échancrées	
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	Murin de Bechstein	
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Murin de Natterer	Nyctaloids
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	
Sérotine Bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Sérotine bicolor	Vespère de Savi
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>		
Pipistrelle soprane	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Pipistrelle soprane	Pipistrelle / Minioptère
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Minioptère de Schreibers	
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>		Oreillards sp.
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobularis</i>		Barbastelle d'Europe
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>		
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Grande Noctule	Molosse / Grande Noctule
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Molosse de Cestoni	

Tableau 2 : Possibilité d'identification des chauves-souris européennes en fonction de leurs émissions ultrasonores

Dans cette étude, l'identification a été menée en combinant trois outils :

- Audacity, un logiciel libre d'analyse et de traitement de son (<http://audacity.fr/>). Il a été utilisé pour vérifier rapidement les sons ;
- Un système de mesure comparable à Sonobat 3.2, un logiciel payant de mesure de sons, dédié à l'identification de chauves-souris (<http://www.sonobat.com/>). Grâce à des algorithmes d'analyse intelligents, Sonobat génère des mesures automatiques des cris d'écholocation identifiés dans les enregistrements. 76 valeurs sont mesurées sur chaque cri. Les fichiers .csv obtenus sont ensuite utilisés pour l'identification proprement dite ;
- Un analogue d'IbatsID (<http://ibatsid.eu-west-1.elasticbeanstalk.com/>), une plateforme Java mobilisant des réseaux de neurones artificiels pour identifier les chauves-souris européennes à partir de leurs enregistrements ultrasonores.

Evaluation des indices d'activité

Avec les réserves formulées dans le paragraphe précédent, les indices d'activité ont été déterminés de manière brute, ainsi qu'en prenant en compte une correction du volume de détection. En effet, les espèces rencontrées émettent avec une intensité différente des cris dont les fréquences sont atténuées de manière différente par l'atmosphère (Figure 3 et Figure 4).

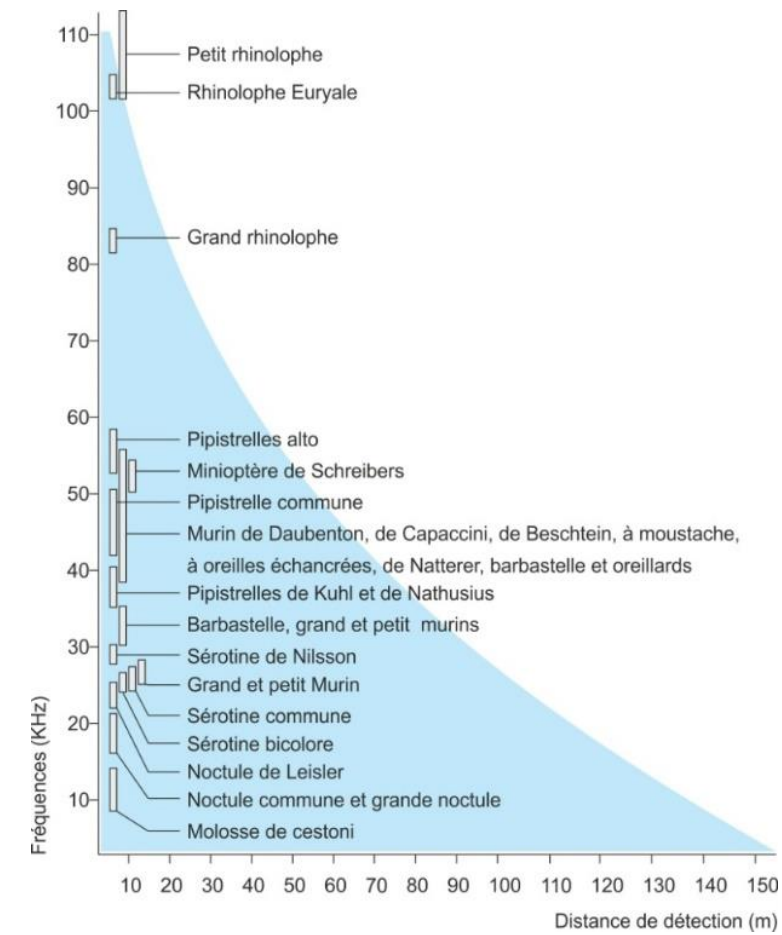


Figure 3 : Distance de détection des espèces de chauves-souris en fonction de leur fréquence d'émission

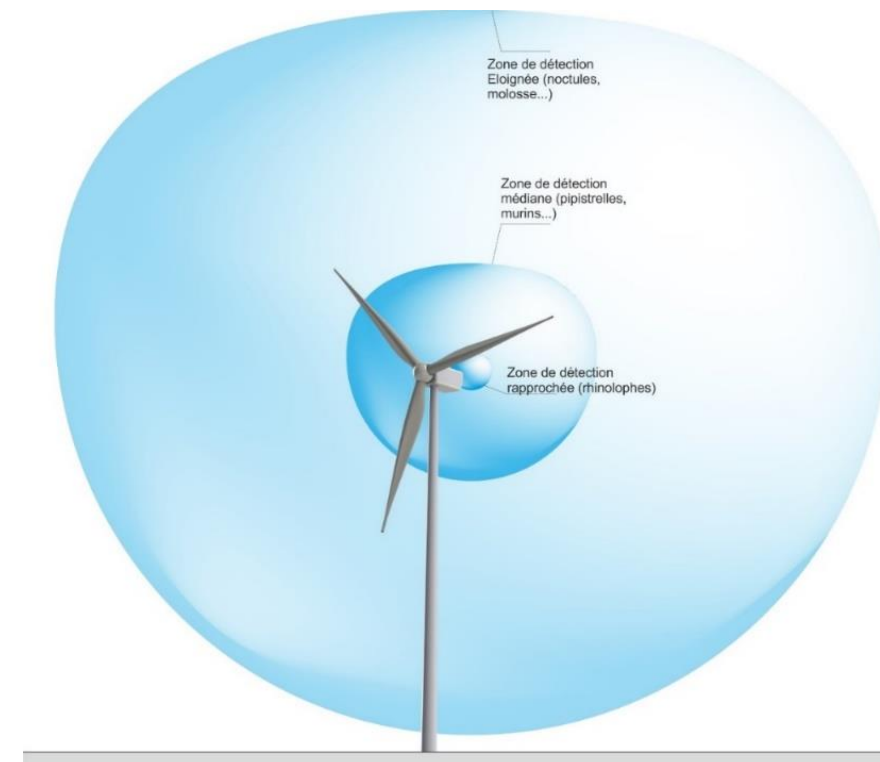


Figure 4 : Représentation des volumes de détection en fonction des groupes d'espèces

Pour prendre en compte ces variations, nous avons utilisé les facteurs de correction préconisés par Michel Barataud récapitulés dans le Tableau 3. De manière générale, l'application de ces coefficients permet de rétablir le rapport des indices d'activité entre les petites espèces utilisant des fréquences élevées, fortement absorbées par l'atmosphère, et les grosses espèces émettant des sons très puissants sur des fréquences basses, peu absorbées par l'atmosphère.

milieu ouvert				sous-bois			
Intensité d'émission	Espèces	distance de détection	coefficient de détectabilité	Intensité d'émission	Espèces	distance de détection	coefficient de détectabilité
faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	faible	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00
	<i>Rhinolophus ferr/eur/m.e.h.</i>	10	2,50		<i>Plecotus spp</i>	5	5,00
	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50		<i>Myotis emarginatus</i>	8	3,10
	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50		<i>Myotis nattereri</i>	8	3,10
	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50		<i>Rhinolophus ferr/eur/m.e.h.</i>	10	2,50
	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50		<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50
	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,70		<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50
	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,70		<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50
	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,70		<i>Myotis daubentonii</i>	10	2,50
	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,70		<i>Myotis bechsteinii</i>	10	2,50
moyenne	<i>Myotis oxygnathus</i>	20	1,20	moyenne	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,70
	<i>Myotis myotis</i>	20	1,20		<i>Myotis oxygnathus</i>	15	1,70
	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00		<i>Myotis myotis</i>	15	1,70
	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	20	1,20
	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	30	0,83		<i>Minioterus schreibersii</i>	20	1,20
	<i>Pipistrellus nathusii</i>	30	0,83		<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00
forte	<i>Minioterus schreibersii</i>	30	0,83	forte	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00
	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,71		<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00
	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,71		<i>Hypsugo savii</i>	30	0,83
très forte	<i>Plecotus spp</i>	40	0,71	très forte	<i>Eptesicus serotinus</i>	30	0,83
	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50		<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50
	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50		<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50
	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31		<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31
	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25		<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25
	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17		<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17
<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17		

Tableau 3 : Coefficients de détectabilité des principales espèces de chauves-souris européennes

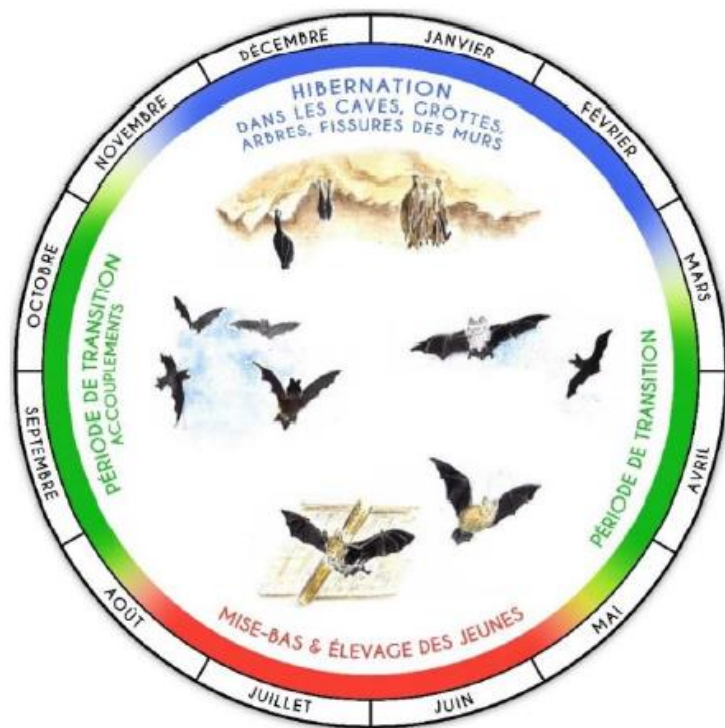


Figure 5 : Cycle biologique des chauves-souris, LPO Touraine.

## II.2. Résultats des suivis d'activité chiroptérologique

### II.2.1. Activité brute et corrigée par espèce

Les enregistrements des ultrasons ont eu lieu en continu du 21 avril au 31 octobre 2021. Ces suivis permettent de caractériser les espèces fréquentant les différents sites, et leurs activités. Le Tableau 4 et le synthétise le nombre de contacts bruts et corrigés pour chaque espèce contactée à hauteur des nacelles des éoliennes E4 et E6. Au total, 1 679 contacts de chiroptères ont été enregistrés sur le parc éolien du Gâtinais, dont 46,9% sur l'éolienne E4 et 53,1% sur l'éolienne E6. En corrigeant ce nombre en fonction des volumes de détection de chaque espèce, 1 212,6 contacts sont comptabilisés.

Sept espèces ont été contactées et déterminées avec précision :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 56,9% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 23,0% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 9,9% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 5,1% des contacts ;
- La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) représente 2,8% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 1,0% des contacts.

Des Oreillards indéterminés ont également été contactés et représentent 0,003% des contacts. Les chiroptères indéterminés représentent 1,2% des contacts.

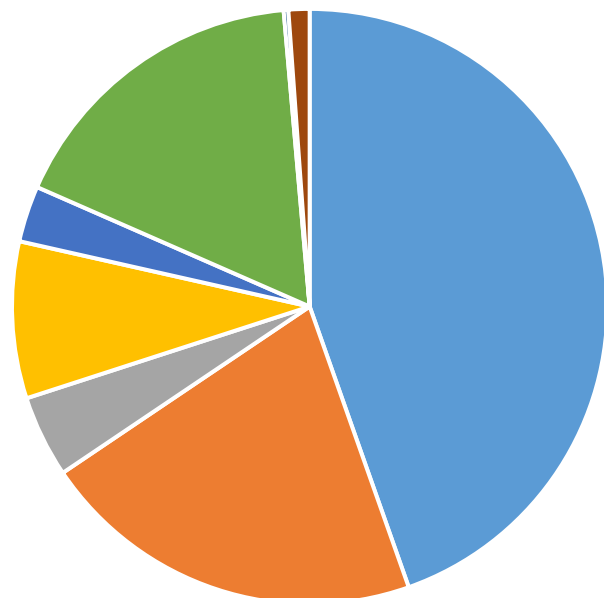
Contacts bruts	Eolienne E4		Eolienne E6		Parc éolien	
	Nombre	Proportion	Nombre	Proportion	Nombre	Proportion
<i>Pipistrelle commune</i>	351	44,6%	481	53,9%	832	49,6%
<i>Pipistrelle de Kuhl</i>	165	21,0%	171	19,2%	336	20,0%
<i>Pipistrelle de Nathusius</i>	35	4,4%	39	4,4%	74	4,4%
<i>Noctule commune</i>	67	8,5%	70	7,8%	137	8,2%
<i>Noctule de Leisler</i>	24	3,0%	17	1,9%	41	2,4%
<i>Sérotine commune</i>	134	17,0%	105	11,8%	239	14,2%
<i>Oreillards sp.</i>	2	0,3%	0	0,0%	2	0,1%
<i>Chiroptères indéterminés</i>	9	1,1%	9	1,0%	18	1,1%
<b>Total</b>	<b>787</b>		<b>892</b>		<b>1679</b>	

Tableau 4 : Nombre de contacts bruts en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de E4 et E6 sur le parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.

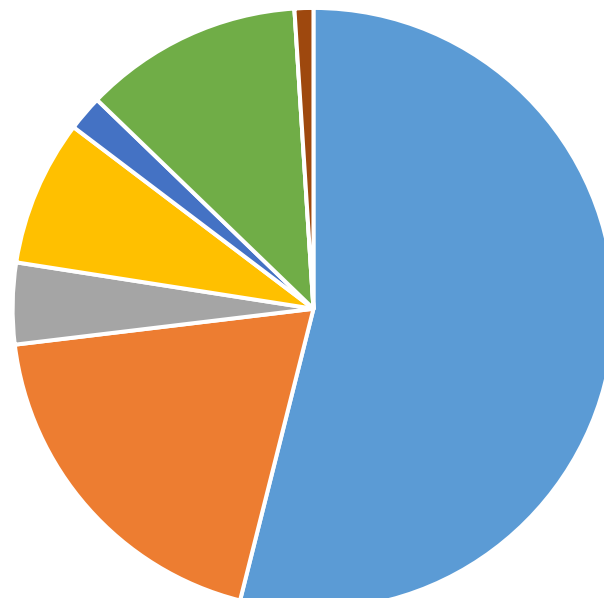
Contacts corrigés	Eolienne E4		Eolienne E6		Parc éolien	
	Corrigés	Proportion	Corrigés	Proportion	Corrigés	Proportion
<i>Pipistrelle commune</i>	291,3	52,4%	399,2	60,8%	690,6	56,9%
<i>Pipistrelle de Kuhl</i>	137,0	24,6%	141,9	21,6%	278,9	23,0%
<i>Pipistrelle de Nathusius</i>	29,1	5,2%	32,4	4,9%	61,4	5,1%
<i>Noctule commune</i>	16,8	3,0%	17,5	2,7%	34,3	2,8%
<i>Noctule de Leisler</i>	7,4	1,3%	5,3	0,8%	12,7	1,0%
<i>Sérotine commune</i>	67,0	12,0%	52,5	8,0%	119,5	9,9%
<i>Oreillards sp.</i>	0,3	0,1%	0,0	0,0%	0,3	0,03%
<i>Chiroptères indéterminés</i>	7,5	1,3%	7,5	1,1%	14,9	1,2%
<b>Total</b>	<b>556,3</b>		<b>656,3</b>		<b>1212,6</b>	

Tableau 5 : Nombre de contacts corrigés en fonction du volume de détection de chaque espèce de chiroptères, en nacelle de E4 et E6 sur le parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.

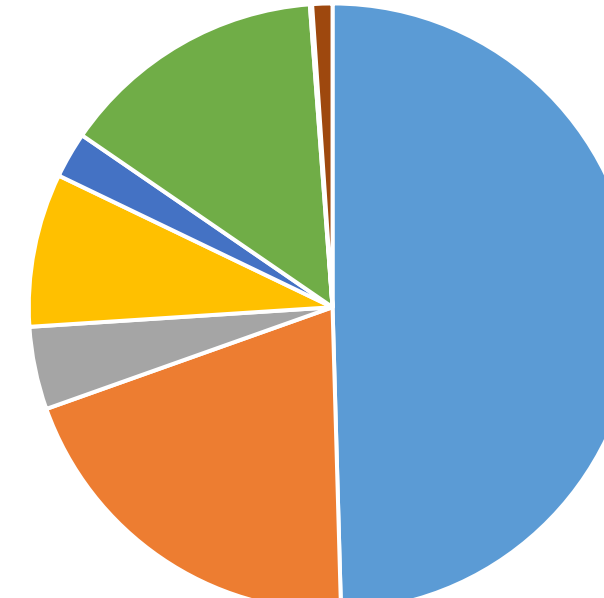
Nombre de contacts bruts par espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E4



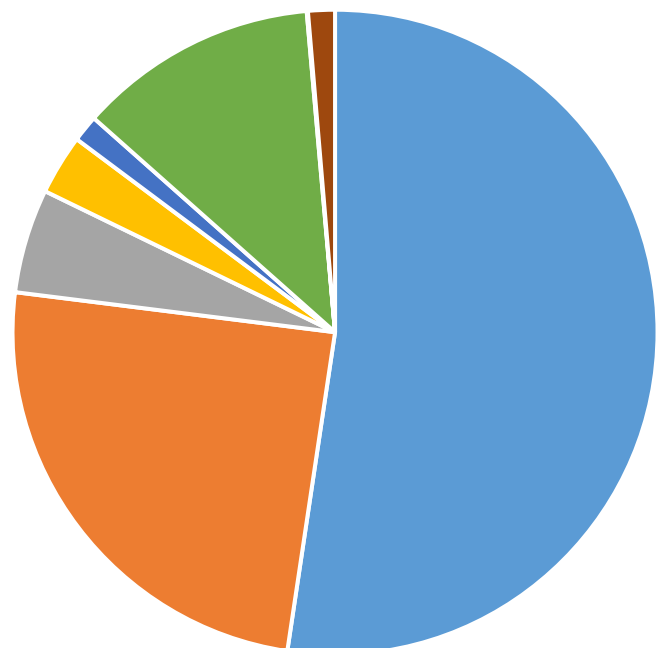
Nombre de contacts bruts par espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E6



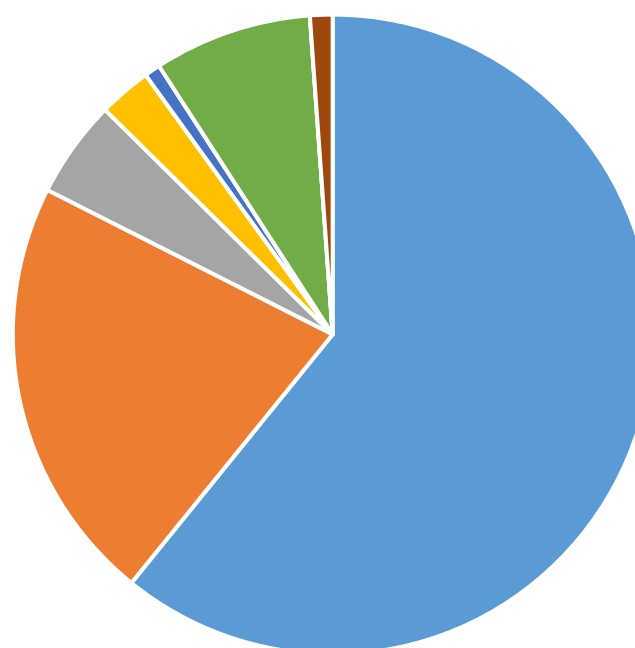
Nombre de contacts bruts par espèce de chiroptères, sur le parc éolien de Gâtinais



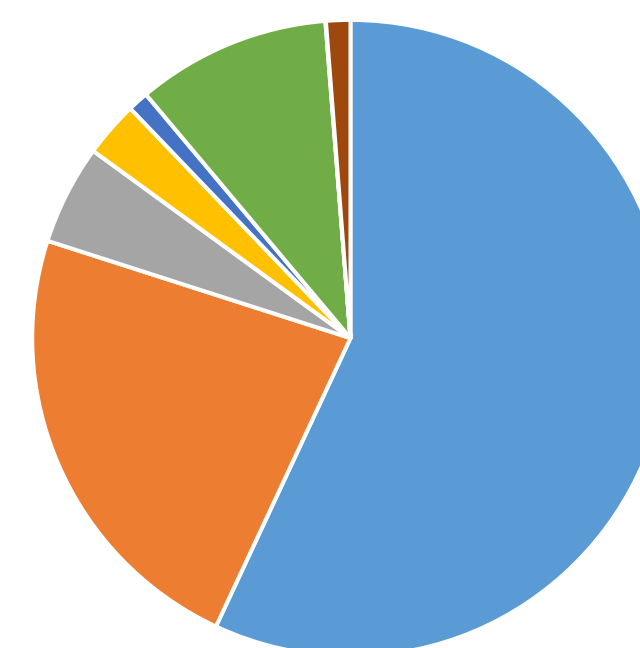
Nombre de contacts corrigés par espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E4



Nombre de contacts corrigés par espèce de chiroptères, en nacelle de l'éolienne E6



Nombre de contacts corrigés par espèce de chiroptères, sur le parc éolien de Gâtinais

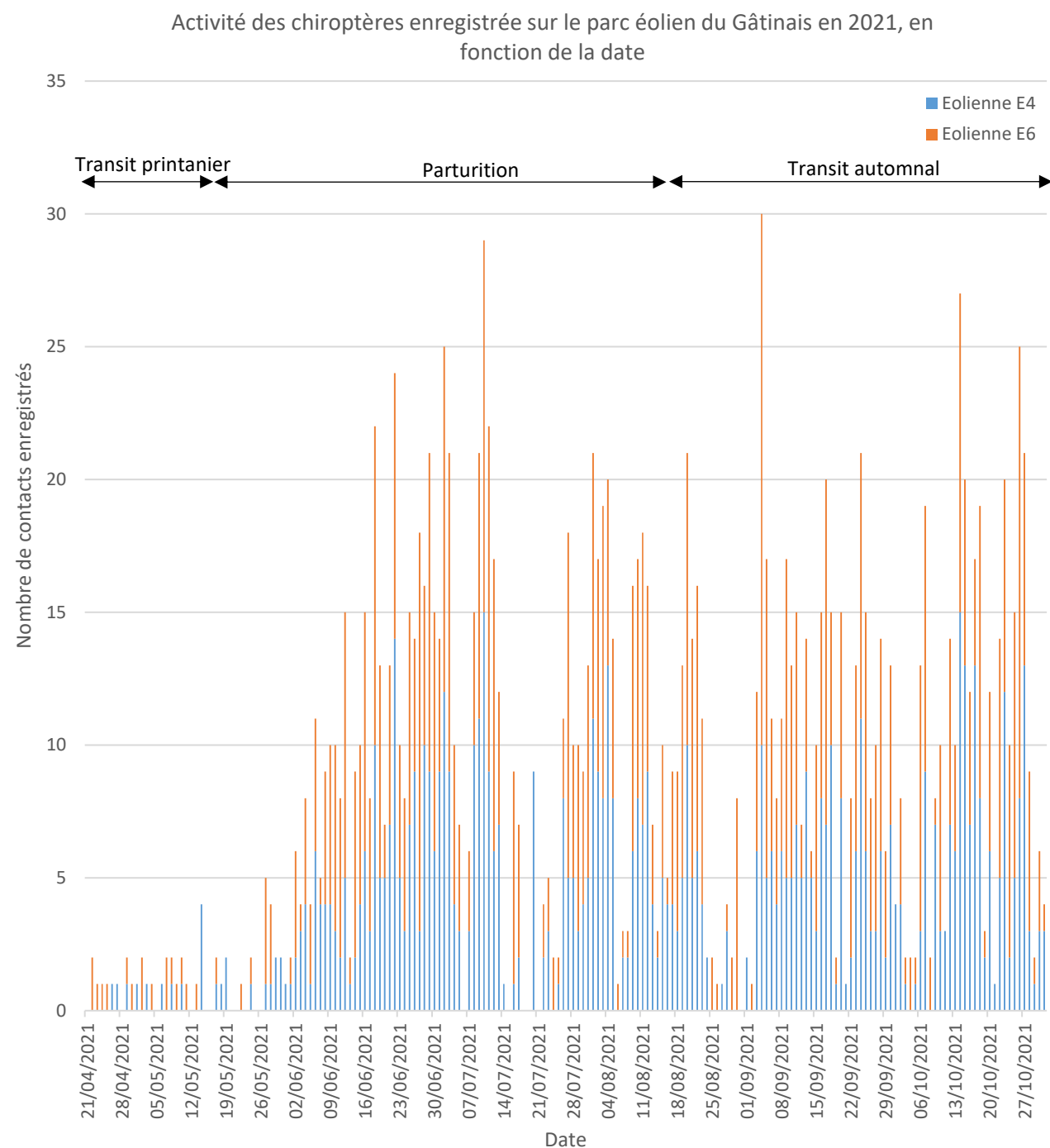


Graphique 1 : Proportion (brute en haut et corrigée en bas) des espèces contactées en nacelle des éoliennes E4 (à gauche), E6 (au centre) et sur l'ensemble du parc éolien du Gâtinais (à droite), entre avril et octobre 2021

- Pipistrelle commune
- Pipistrelle de Kuhl
- Pipistrelle de Nathusius
- Noctule commune
- Noctule de Leisler
- Sérotine commune
- Oreillards indéterminés
- Chiroptères indéterminés

### II.2.2. Activité des chiroptères en fonction de la date

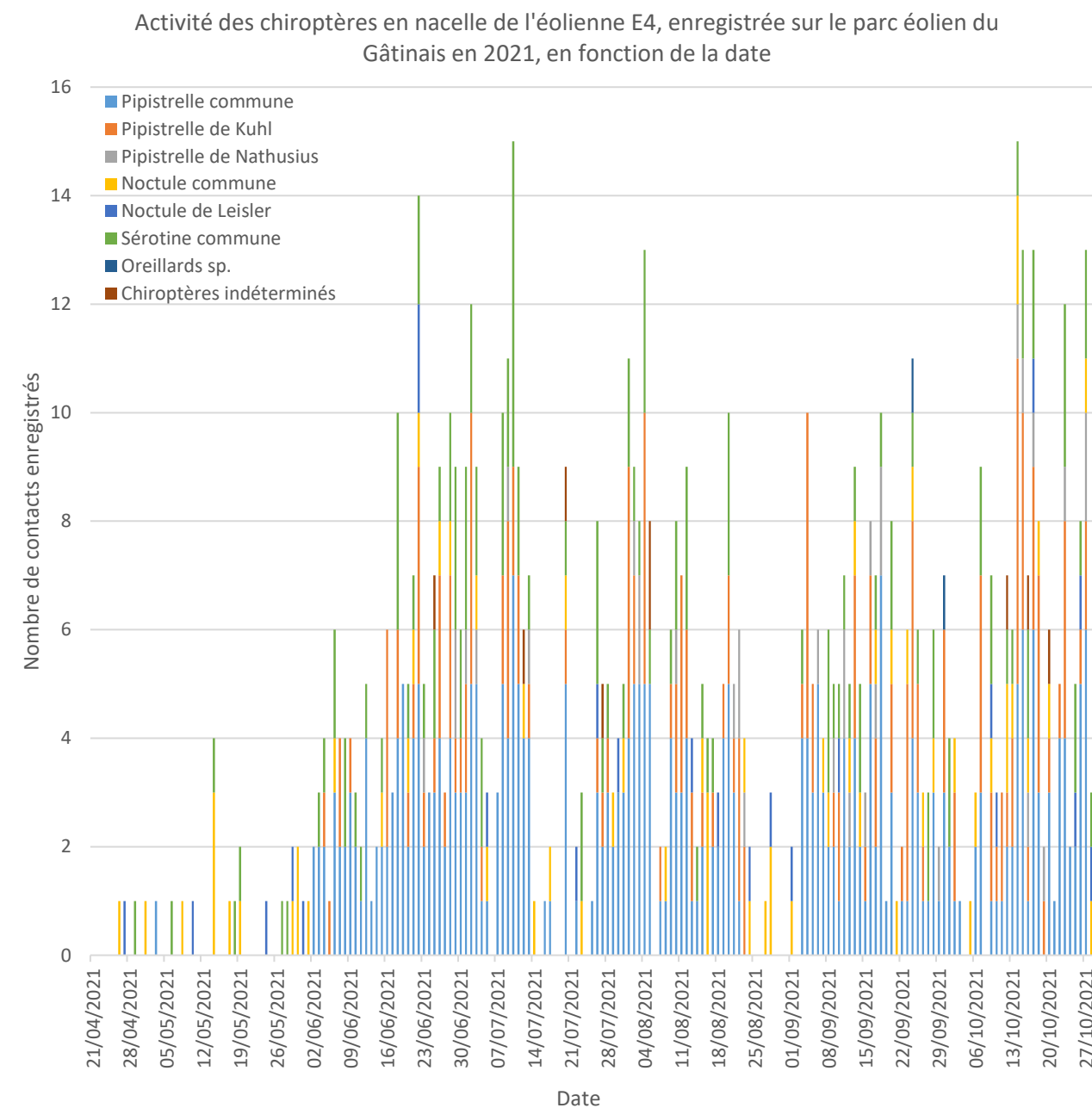
Sur le parc éolien du Gâtinais, l'activité chiroptérologique a été enregistrée du 21 avril au 31 octobre 2021 (Graphique 2), dont 90% de l'activité entre le 7 juin et le 23 octobre 2021. Un premier pic d'activité a été relevé le 10 juillet 2021 (n = 29), en pleine période de parturition et un deuxième le 4 septembre 2021 (n = 30), en période de migration automnale.



Graphique 2 : Activité des chiroptères en fonction de la date, en nacelle des éoliennes E4 et E6 du parc éolien du Gâtinais en 2021.

En nacelle de l'éolienne E4 (Graphique 3), le premier contact de chiroptères a été enregistré le 26 avril 2021, une Noctule commune, et les derniers contacts le 31 octobre 2021, deux Noctules communes et une Noctule de Leisler. La Noctule commune est donc celle qui montre la plus grande plage d'activité en termes de dates, et les Oreillards indéterminés la plus courte, puisque seulement deux contacts ont été enregistrés, l'un le 24 septembre et l'autre le 30 septembre 2021.

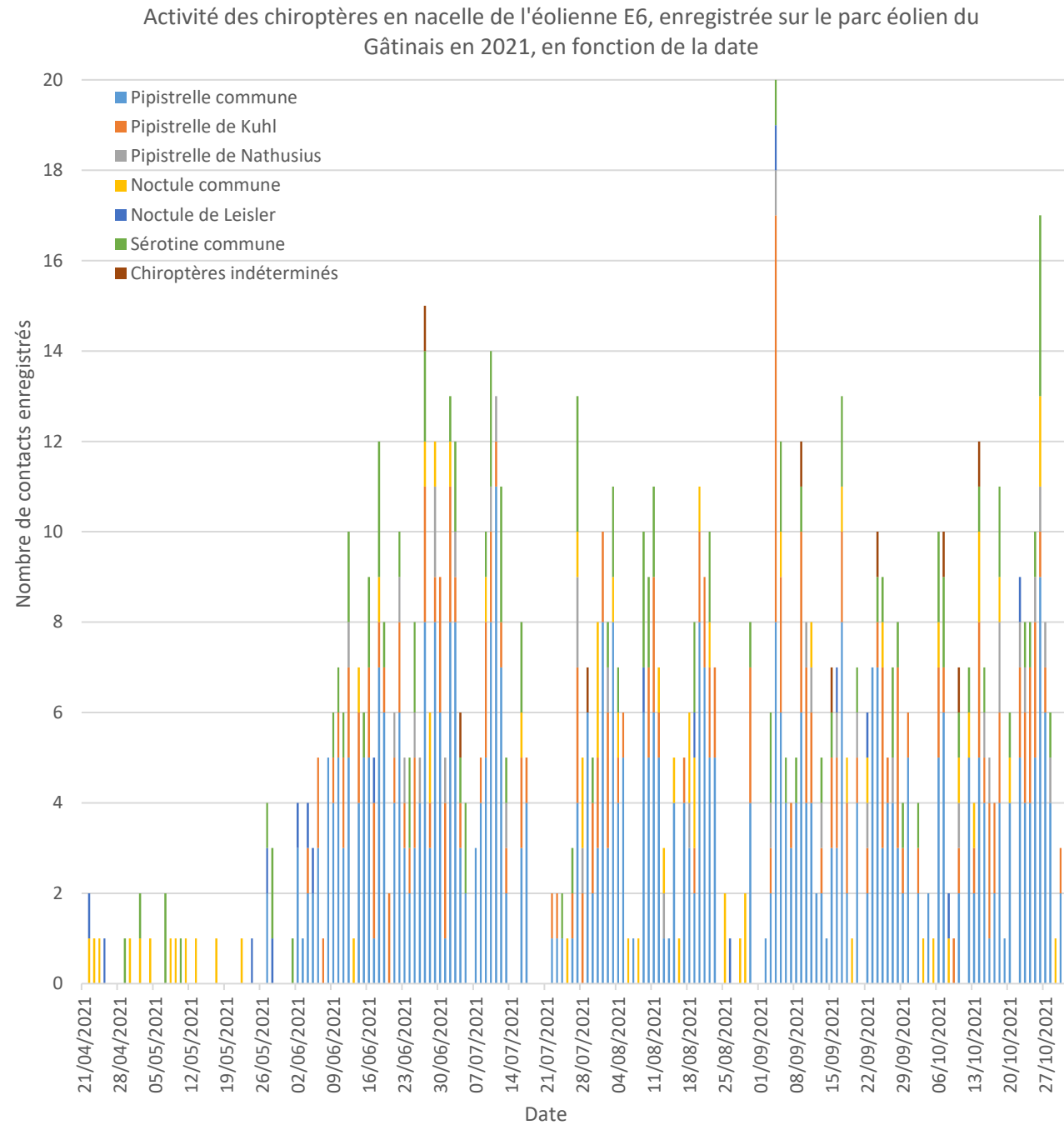
Toutes espèces confondues, en nacelle de l'éolienne E4, des pics d'activité ont été enregistrés le 22 juin (n = 14, soit 1,8% de l'activité enregistrée sous cette éolienne), le 10 juillet (n = 15, soit 1,9%) et le 14 octobre 2021 (n = 15, soit 1,9%). Les deux premiers pics d'activité correspondent à la parturition et le dernier à la transition automnale.



Graphique 3 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais en 2021.

En nacelle de l'éolienne E6 (Graphique 4), les premiers contacts de chiroptères ont été enregistrés le 22 avril 2021, une Noctule commune et une Noctule de Leisler, et le dernier contact le 31 octobre 2021, une Noctule commune. La Noctule commune est donc celle qui montre la plus grande plage d'activité en termes de dates, et la Pipistrelle de Nathusius la plus courte, dont des contacts ont été enregistrés entre le 12 juin et le 28 octobre 2021.

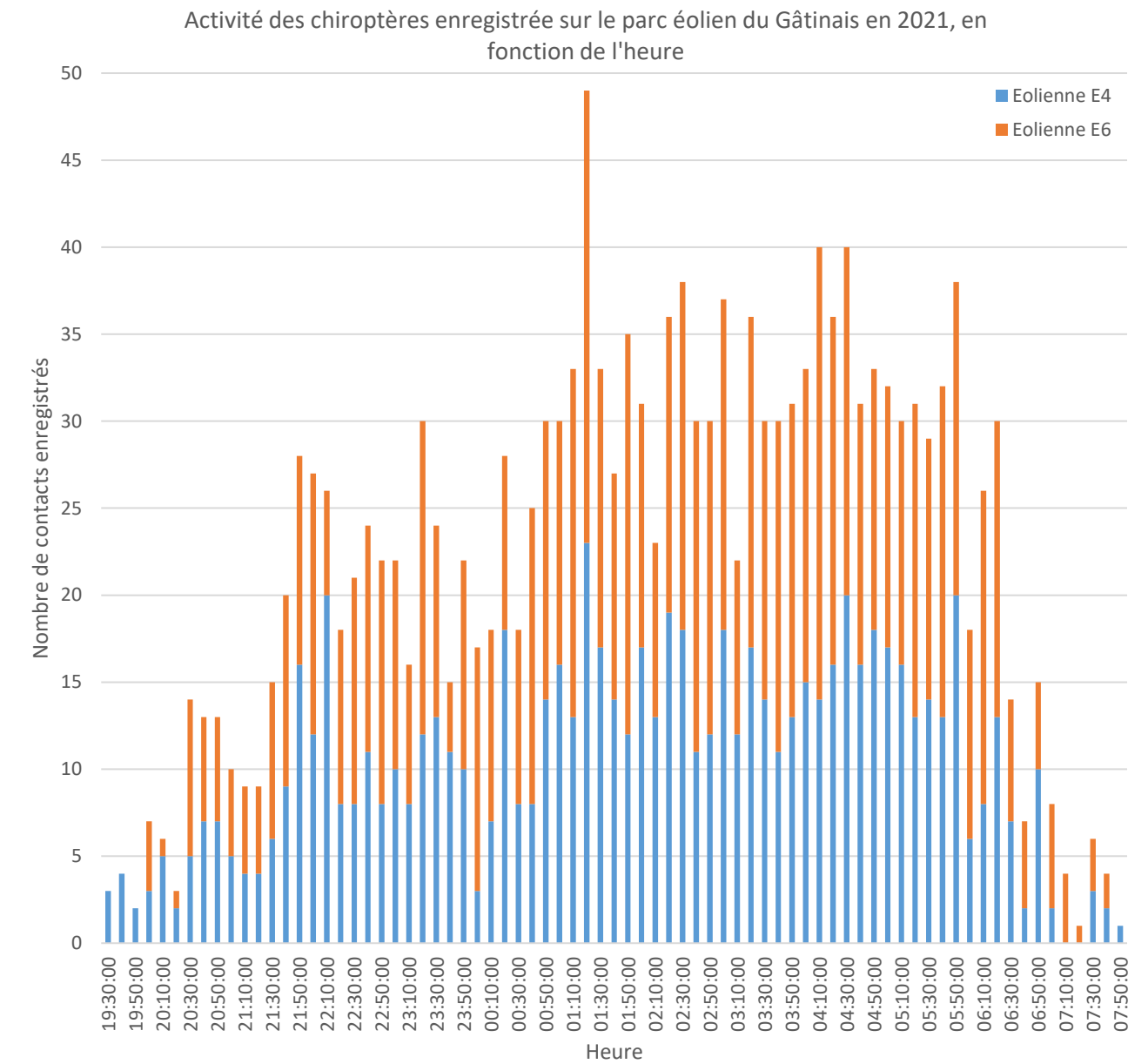
Toutes espèces confondues, en nacelle de l'éolienne E6, des pics d'activité ont été enregistrés le 27 juin (n = 15, soit 1,7% de l'activité enregistrée sous cette éolienne), le 10 juillet (n = 14, soit 1,6%), le 4 septembre (n = 20, soit 2,2%) et le 26 octobre 2021 (n = 17, soit 1,9%). Les deux premiers pics d'activité correspondent à la parturition et les deux derniers à la transition automnale.



Graphique 4 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de la date, en nacelle de l'éolienne E6 du parc éolien du Gâtinais en 2021.

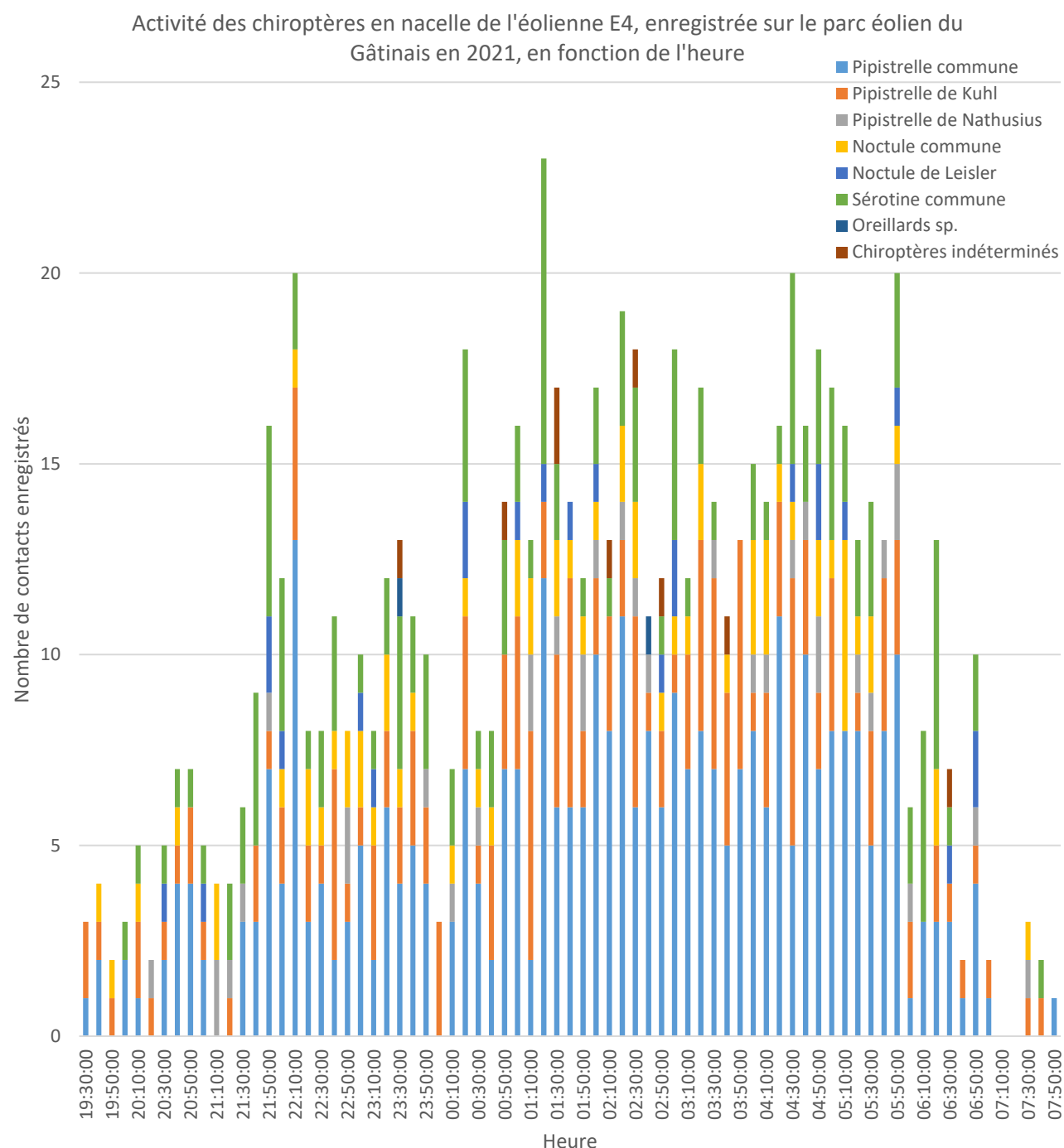
### II.2.1. Activité des chiroptères en fonction de l'heure

Sur le parc éolien du Gâtinais, l'activité chiroptérologique a été enregistrée entre 19h30 et 07h50 (Graphique 5), dont 90% entre 21h20 et 06h10, ce qui illustre donc que l'activité est bien continue tout au long de la nuit sur le parc éolien. Un pic d'activité a été enregistré à 01h20, qui rassemble 2,9% de l'activité totale enregistrée sur le parc.



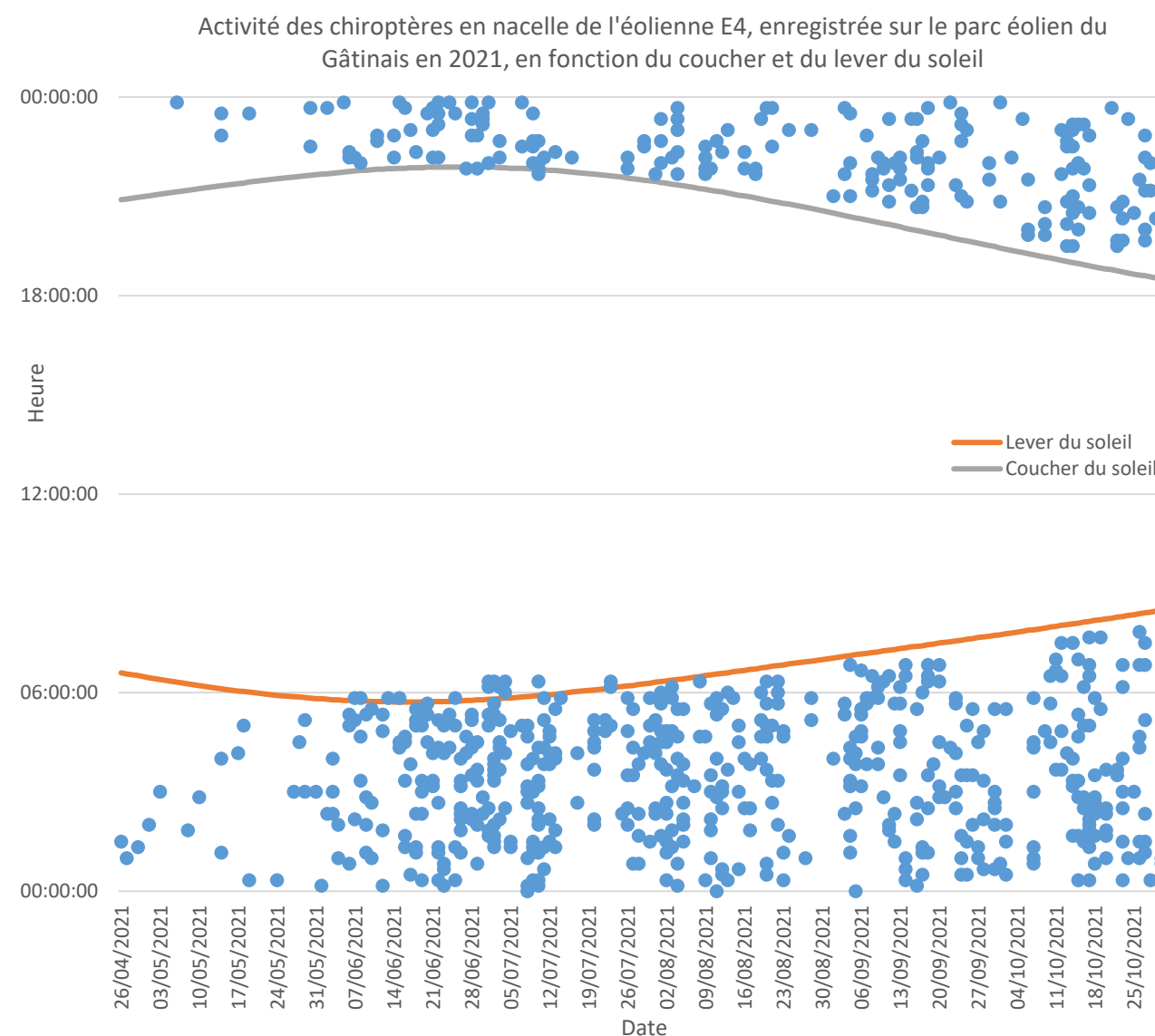
Graphique 5 : Activité des chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre avril et octobre 2021, sur le parc éolien du Gâtinais.

En nacelle de l'éolienne E4 (Graphique 6), l'ensemble de l'activité se déroule entre 19h30 et 07h50. La majorité de l'activité est concentrée entre le coucher et le lever du soleil avec un pic d'activité à 01h20 (n = 23). Il est composé de 12 contacts de Pipistrelles communes, 2 contacts de Pipistrelles de Kuhl, 1 contact de Noctule de Leisler et 8 contacts de Sérotines communes.



Graphique 6 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais.

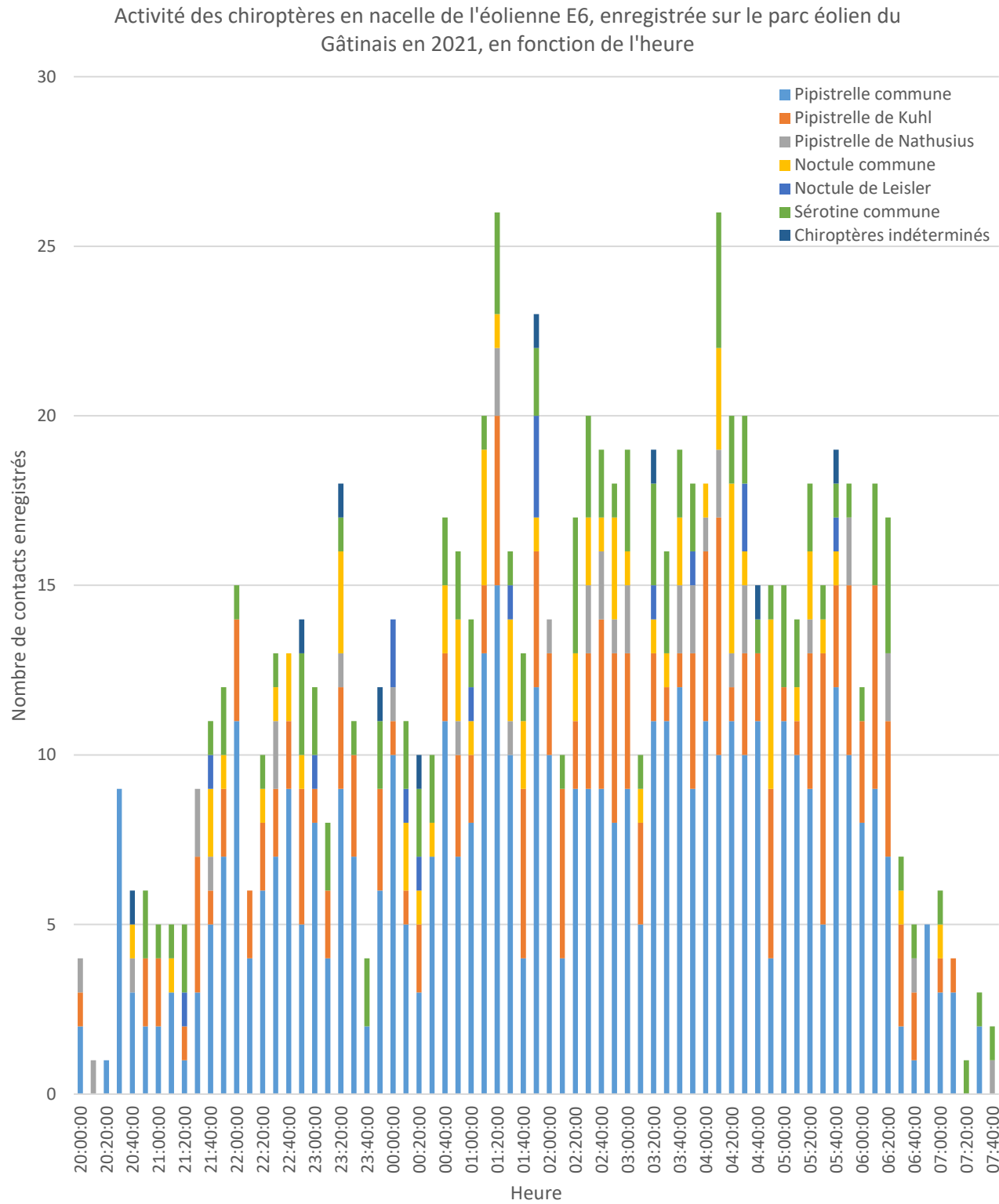
Lorsque l'activité chiroptérologique est étudiée en fonction de l'heure du coucher du soleil et du lever du soleil (Graphique 7), une proportion de 97,6% de cette activité est comprise entre le coucher et le lever du soleil, 2,0% a eu lieu après le lever du soleil et 0,4% a eu lieu avant le coucher du soleil.



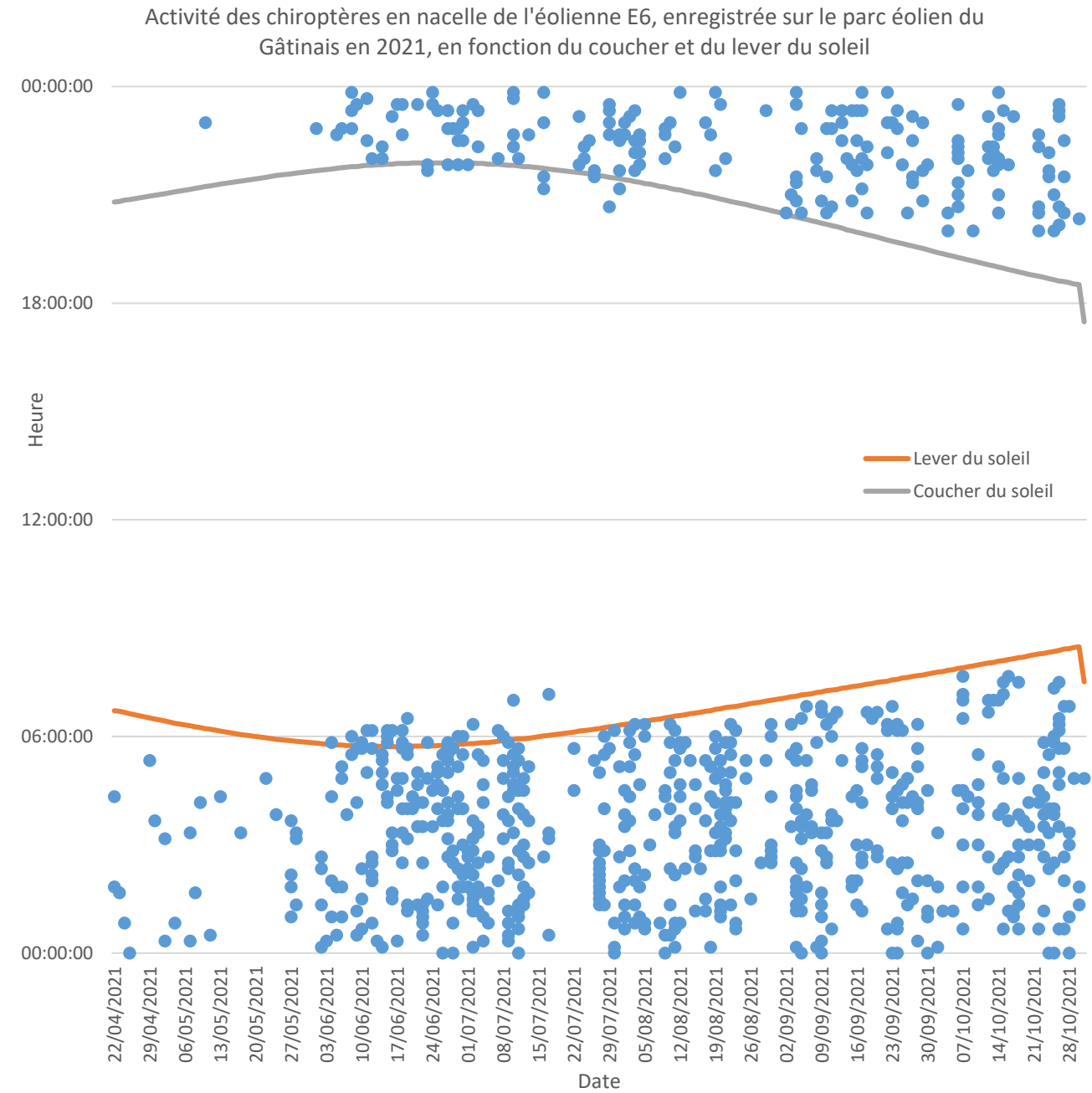
Graphique 7 : Activité des chiroptères en fonction du coucher et du lever du soleil, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais.

En nacelle de l'éolienne E6 (Graphique 8), l'ensemble de l'activité se déroule entre 20h00 et 07h40. La majorité de l'activité est concentrée entre le coucher et le lever du soleil avec deux pics d'activité, l'un à 01h20 et l'autre à 04h10 (n = 26, soit 2,9% de l'activité, pour chacun des pics). Le premier pic d'activité est composé de 15 contacts de Pipistrelles communes, 5 contacts de Pipistrelles de Kuhl, 2 contacts de Pipistrelles de Nathusius et 3 contacts de Sérotines communes. Le second pic d'activité est composé de 10 contacts de Pipistrelles communes, 7 contacts de Pipistrelles de Kuhl, 2 contacts de Pipistrelles de Nathusius et 4 contacts de Sérotines communes.





Graphique 8 : Activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de l'heure, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E6 du parc éolien du Gâtinais.

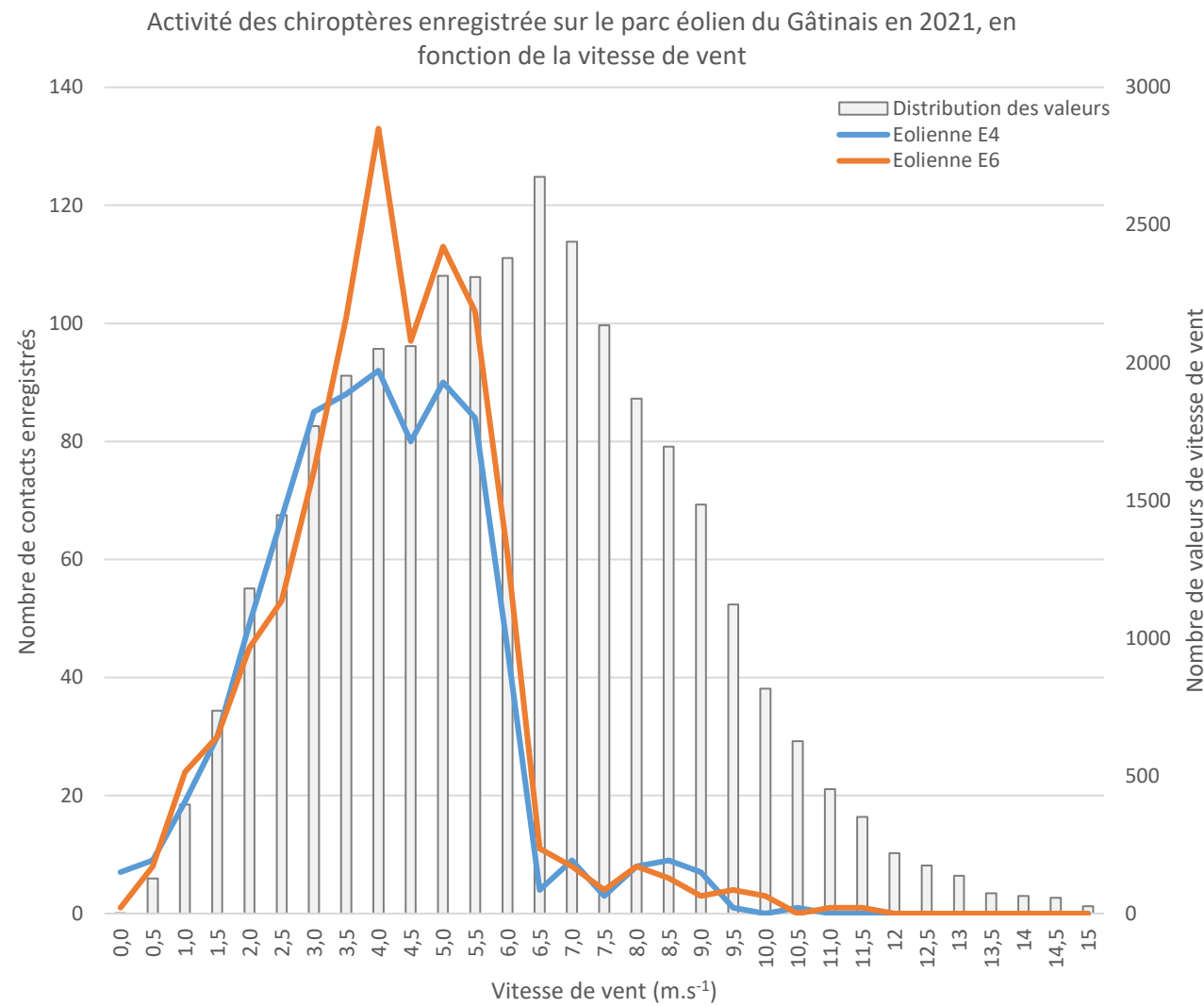


Graphique 9 : Activité des chiroptères en fonction du coucher et du lever du soleil, enregistrée entre avril et octobre 2021, en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais.

Lorsque l'activité chiroptérologique est étudiée en fonction de l'heure du coucher du soleil et du lever du soleil (Graphique 9), une proportion de 96,1% de cette activité est comprise entre le coucher et le lever du soleil, 2,7% a eu lieu après le lever du soleil et 1,3% a eu lieu avant le coucher du soleil.

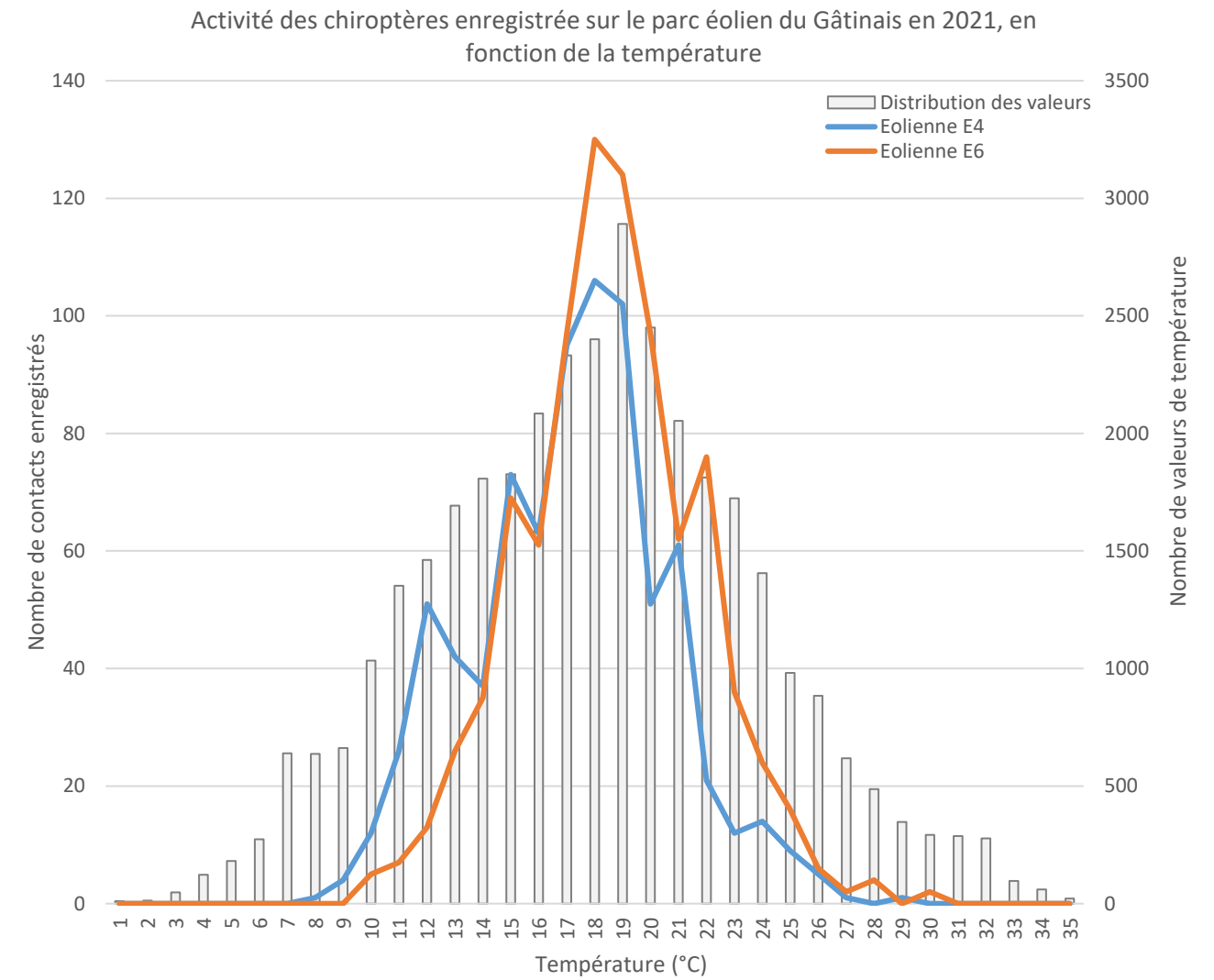
### II.2.2. Activité des chiroptères corrélée avec la vitesse de vent et la température

Que ce soit en nacelle de l'éolienne E4 ou E6, l'activité des chiroptères augmente progressivement avec la vitesse de vent jusqu'à des vents de 5,0 m.s<sup>-1</sup>, puis cette activité diminue drastiquement à partir de 5,5 m.s<sup>-1</sup> jusqu'à devenir nulle après 11,5 m.s<sup>-1</sup>, bien que des valeurs de vitesse de vent supérieures aient bien été enregistrées sur le parc éolien du Gâtinais (Graphique 10).



Graphique 10 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse de vent, enregistrée entre avril et octobre 2021 sur le parc éolien du Gâtinais.

Que ce soit en nacelle de l'éolienne E4 ou E6, l'activité des chiroptères commence à partir de 8°C, bien que des valeurs de température inférieures aient été enregistrées, puis l'activité augmente avec la température jusqu'à 18°C et diminue ensuite jusqu'à devenir nulle après 30°C, bien que des valeurs de température supérieures aient bien été enregistrées sur le parc éolien du Gâtinais (Graphique 11).



Graphique 11 : Activité des chiroptères en fonction de la température, enregistrée entre avril et octobre 2021 sur le parc éolien du Gâtinais.

		Vitesse de vent (m.s <sup>-1</sup> )											Total	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
Température (°C)	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	9	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	10	0	0	2	1	1	2	5	0	0	1	0	0	12
	11	0	0	4	7	6	6	2	0	0	1	0	0	26
	12	0	0	7	14	9	7	8	1	3	1	0	1	51
	13	0	2	1	7	10	11	9	1	1	0	0	0	42
	14	0	0	1	6	5	11	11	1	0	2	0	0	37
	15	1	0	6	22	17	8	12	2	2	3	0	0	73
	16	1	0	2	12	16	14	16	1	0	1	0	0	63
	17	0	5	8	17	17	27	17	2	1	1	0	0	95
	18	2	8	12	20	19	19	19	3	1	3	0	0	106
	19	2	2	11	21	27	25	10	0	1	2	1	0	102
	20	0	4	7	5	10	20	3	1	1	0	0	0	51
	21	0	5	8	7	21	11	9	0	0	0	0	0	61
	22	0	0	6	4	7	3	1	0	0	0	0	0	21
	23	0	0	2	4	4	0	2	0	0	0	0	0	12
	24	1	0	0	1	4	3	3	0	1	1	0	0	14
	25	0	0	2	0	2	3	1	1	0	0	0	0	9
	26	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	5
	27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Total	7	28	79	152	180	170	129	13	11	16	1	1	787	

Tableau 6 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s<sup>-1</sup>) en nacelle de l'éolienne E4 du parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.

		Vitesse de vent (m.s <sup>-1</sup> )												Total
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Température (°C)	10	0	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	5
	11	0	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	0	7
	12	0	1	2	0	1	5	1	0	0	1	1	0	13
	13	0	1	2	1	6	5	6	0	1	2	2	0	26
	14	0	0	5	5	14	4	4	0	2	1	0	0	35
	15	0	1	3	11	18	19	12	1	3	0	0	1	69
	16	0	1	5	5	15	18	13	2	1	0	1	0	61
	17	0	3	4	13	19	22	32	3	0	1	0	0	97
	18	0	5	14	25	26	27	28	3	0	1	1	0	130
	19	1	4	12	12	39	33	17	3	1	1	1	0	124
	20	0	1	11	21	28	19	13	2	1	0	1	0	97
	21	0	3	6	7	19	17	8	2	0	0	0	0	62
	22	0	5	8	13	16	22	11	1	0	0	0	0	76
	23	0	2	1	7	14	8	3	0	0	1	0	0	36
	24	0	3	0	2	13	4	2	0	0	0	0	0	24
	25	0	0	2	4	2	1	5	1	0	1	0	0	16
	26	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	6
	27	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	28	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	4
	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	
Total	1	32	75	128	234	210	163	19	12	9	7	1	892	

Tableau 7 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s<sup>-1</sup>) en nacelle de l'éolienne E6 du parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.

Le Tableau 6, le Tableau 7 et le Tableau 8 présentent l'activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent et de la température combinées, respectivement en nacelle de l'éolienne E4, en nacelle de l'éolienne E6 et sur l'ensemble du parc éolien. Pour plus de lisibilité, les températures extrêmes et les fortes vitesses de vent n'enregistrant aucun contact de chiroptère n'ont pas été incluses dans le tableau.

En nacelle de l'éolienne E4 (Tableau 6), l'activité chiroptérologique se déroule pour des vitesses de vent allant de 0 à 11 m.s<sup>-1</sup>, avec un pic d'activité à 4 m.s<sup>-1</sup> (n = 180, soit 22,9% de l'activité enregistrée sur cette éolienne). Elle se déroule également pour des températures comprises entre 8 et 29°C, avec un pic d'activité à 18°C (n = 106, soit 13,5% de l'activité enregistrée sur cette éolienne). Lorsque ces deux paramètres météorologiques sont combinés entre eux, cela révèle que l'activité chiroptérologique la plus forte a été enregistrée pour une vitesse de vent de 5 m.s<sup>-1</sup> combinée à une température de 17°C (n = 27) ou une vitesse de vent de 4 m.s<sup>-1</sup> combinée à une température de 19°C (n = 27).

En nacelle de l'éolienne E6 (Tableau 7), l'activité chiroptérologique se déroule pour des vitesses de vent allant de 0 à 12 m.s<sup>-1</sup>, avec un pic d'activité à 4 m.s<sup>-1</sup> (n = 234, soit 26,2% de l'activité enregistrée sur cette éolienne). Elle se déroule également pour des températures comprises entre 10 et 30°C, avec un pic d'activité à 18°C (n = 130, soit 14,6% de l'activité enregistrée sur cette éolienne). Lorsque ces deux paramètres météorologiques sont combinés entre eux, cela révèle que l'activité chiroptérologique la plus forte a été enregistrée pour une vitesse de vent de 4 m.s<sup>-1</sup> combinée à une température de 19°C (n = 39).

Sur l'ensemble du parc éolien, cela signifie donc que 90% de l'activité des chiroptères est définie par une vitesse de vent inférieure ou égale à 6 m.s<sup>-1</sup> combinée à une température supérieure ou égale à 12°C (carré rouge sur le Tableau 8).

		Vitesse de vent (m.s <sup>-1</sup> )												Total
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Température (°C)	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	9	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	10	0	2	2	1	1	3	7	0	0	1	0	0	17
	11	0	0	4	7	6	9	3	0	3	1	0	0	33
	12	0	1	9	14	10	12	9	1	3	2	1	1	64
	13	0	3	3	8	16	16	15	1	2	2	2	0	68
	14	0	0	6	11	19	15	15	1	2	3	0	0	72
	15	1	1	9	33	35	27	24	3	5	3	0	1	142
	16	1	1	7	17	31	32	29	3	1	1	1	0	124
	17	0	8	12	30	36	49	49	5	1	2	0	0	192
	18	2	13	26	45	45	46	47	6	1	4	1	0	236
	19	3	6	23	33	66	58	27	3	2	3	2	0	226
	20	0	5	18	26	38	39	16	3	2	0	1	0	148
	21	0	8	14	14	40	28	17	2	0	0	0	0	123
	22	0	5	14	17	23	25	12	1	0	0	0	0	97
	23	0	2	3	11	18	8	5	0	0	1	0	0	48
	24	1	3	0	3	17	7	5	0	1	1	0	0	38
	25	0	0	4	4	4	4	6	2	0	1	0	0	25
	26	0	0	0	1	4	2	4	0	0	0	0	0	11
	27	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
28	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	4	
29	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
30	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	
Total	8	60	154	280	414	380	292	32	23	25	8	2	1679	

Tableau 8 : Activité des chiroptères en fonction de la température (°C) et de la vitesse du vent (m.s<sup>-1</sup>) sur le parc éolien du Gâtinais, entre avril et octobre 2021.

### II.2.3. Caractérisation du niveau d'activité des chiroptères par espèce et par saison par rapport au référentiel Sens Of Life

Rappelons ici que l'activité des chiroptères a été enregistrée sur le parc éolien du Gâtinais du 21 avril au 31 octobre 2021 et peut donc être séquencée en trois saisons en fonction de leur cycle biologique (Figure 5) :

- Du 21/04/2021 au 15/05/2021, soit 25 nuits d'enregistrement, pour la migration printanière,
- Du 16/05/2021 au 15/08/2021, soit 92 nuits d'enregistrement, pour la parturition,
- Du 16/08/2021 au 31/10/2021, soit 77 nuits d'enregistrement, pour la migration automnale.

Le Tableau 9, le Tableau 10 et le Tableau 11 précisent le détail de l'activité corrigée de chaque espèce de chiroptères par nuit, soit en prenant en compte seulement les nuits où l'espèce a été contactée, soit en prenant en compte toutes les nuits, respectivement lors de la migration printanière, la parturition et la migration automnale.

Migration printanière (n = 25)	Nombre total de contacts corrigés		Moyenne par nuit d'activité		Moyenne toutes nuits	
	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6
Pipistrelle commune	0,8	0	0,83000	0	0,03320	0
Pipistrelle de Kuhl	0	0	0	0	0	0
Pipistrelle de Nathusius	0	0	0	0	0	0
Noctule commune	1,5	2,5	0,37500	0,25000	0,06000	0,10000
Noctule de Leisler	0,6	0,6	0,31000	0,31000	0,02480	0,02480
Sérotine commune	1,5	2,5	0,50000	0,62500	0,06000	0,10000
Oreillards sp.	0	0	0	0	0	0

Tableau 9 : Détail de l'activité des chiroptères lors de la migration printanière sur le Gâtinais en 2021

Parturition (n = 92)	Nombre total de contacts corrigés		Moyenne par nuit d'activité		Moyenne toutes nuits	
	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6
Pipistrelle commune	160,2	211,7	2,46446	3,41371	1,74120	2,30054
Pipistrelle de Kuhl	63,1	67,2	1,66000	1,40063	0,68565	0,73076
Pipistrelle de Nathusius	9,1	14,9	1,01444	0,93375	0,09924	0,16239
Noctule commune	6,0	6,5	0,26087	0,29545	0,06522	0,07065
Noctule de Leisler	3,1	2,5	0,34444	0,31000	0,03370	0,02696
Sérotine commune	40,5	28,0	0,86170	0,82353	0,44022	0,30435
Oreillards sp.	0	0	0	0	0	0

Tableau 10 : Détail de l'activité des chiroptères lors de la parturition sur le parc éolien du Gâtinais en 2021

Migration automnale (n = 77)	Nombre total de contacts corrigés		Moyenne par nuit d'activité		Moyenne toutes nuits	
	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6
Pipistrelle commune	130,3	187,6	2,28614	3,29088	1,69234	2,43610
Pipistrelle de Kuhl	73,9	74,7	1,84675	1,66000	0,95935	0,97013
Pipistrelle de Nathusius	19,9	17,4	0,99600	0,87150	0,25870	0,22636
Noctule commune	9,3	8,5	0,29839	0,30357	0,12013	0,11039
Noctule de Leisler	3,7	2,2	0,31000	0,31000	0,04831	0,02818
Sérotine commune	25,0	22,0	0,78125	0,68750	0,32468	0,28571
Oreillards sp.	0,3	0	0,17000	0	0,00442	0

Tableau 11 : Détail de l'activité des chiroptères lors de la migration automnale sur le Gâtinais en 2021

Un référentiel d'activité des chiroptères en altitude a été établi par R. Castel, de Sens Of Life, à partir d'une importante base de données provenant de mesures réalisées en nacelle de 89 éoliennes en France et en Belgique. Tout comme le référentiel d'activité au sol de Vigie-chiro, le niveau d'activité peut alors être caractérisé selon une échelle définie comme suit :

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

Ainsi, le référentiel Sens Of Life définit des valeurs seuils pour les espèces contactées sur le parc éolien du Gâtinais (détaillées en annexe VIII.4) qui nous permettent de caractériser le niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères en fonction de la saison (Tableau 12).

	Migration printanière		Parturition		Migration automnale	
	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6
Pipistrelle commune	Très faible	0	Forte	Très forte	Forte	Très forte
Pipistrelle de Kuhl	0	0	Très forte	Très forte	Très forte	Très forte
Pipistrelle de Nathusius	0	0	Très faible	Très faible	Moyenne	Très faible
Noctule commune	Très forte	Très forte	Forte	Forte	Très forte	Très forte
Noctule de Leisler	Forte	Forte	Moyenne	Faible	Moyenne	Faible
Sérotine commune	Moyenne	Forte	Très forte	Forte	Forte	Forte
Oreillards sp.	0	0	0	0	Moyenne	0

Tableau 12 : Caractérisation du niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères enregistrée sur le Gâtinais en 2021, en fonction du cycle biologique

## II.3. Zoom sur les espèces présentes sur le parc du Gâtinais et leur sensibilité

### II.3.1. Patrimonialité des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais

Le Tableau 13 présente l'ensemble des espèces contactées en fonction de leur caractère patrimonial (statuts de protection et de conservation) et de leur sensibilité aux collisions avec les éoliennes.

Espèce	Directive Habitats	Berne/Bonn	EUROBATS	LR Europe	LR France
Noctule commune	IV	II	I	LC	VU
Pipistrelle de Nathusius	IV	II	I	LC	NT
Pipistrelle commune	IV	II	I	LC	NT
Noctule de Leisler	IV	II	I	LC	NT
Sérotine commune	IV	II	I	LC	NT
Pipistrelle de Kuhl	IV	II	I	LC	LC
Oreillard roux	IV	II	I	LC	LC
Oreillard gris	IV	II	I	NT	LC

Tableau 13 : Synthèse des valeurs patrimoniales (statuts de protection et de conservation) de chaque espèce de chiroptère recensée sur le parc éolien du Gâtinais en 2021.

#### Légende :

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

Berne/Bonn = Annexe des conventions de Berne/Bonn

EUROBATS = Annexe de la convention de Bonn, accord EUROBATS

LR Europe/France = Liste rouge (UICN, 2017) : **VU** : Vulnérable, **NT** : Quasi menacée, **LC** : Préoccupation mineure

Toutes les espèces de chauves-souris présentes en France sont intégralement protégées par l'Arrêté Ministériel du 17 avril 1981 relatif à la protection de l'environnement. Depuis 1979, au niveau international, la Convention de Bonn et la Convention de Berne demandent aux états contractants d'assurer la protection de toutes les espèces de chauves-souris décrites dans les annexes, ainsi que la protection des gîtes de reproduction et d'hivernation. En 1992, la Directive « Habitat - Faune – Flore » demande aux pays de la Communauté Européenne la protection stricte de toutes les espèces de chiroptères (elles figurent à l'annexe IV), ainsi que la désignation de Zones Spéciales de Conservation pour les 12 espèces figurant à l'annexe II. Dix-neuf espèces sont classées dans la liste rouge de la faune menacée de France et 13 espèces sont présentes sur la liste rouge mondiale.

### II.3.2. Calcul de la note de risque

Pour les chiroptères, la note de sensibilité à l'activité éolienne est le rapport entre la mortalité européenne constatée de l'espèce sur celle toutes espèces de chiroptères confondues (Dürr, 2021) :

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

Enfin, la note de risque, ou vulnérabilité à l'éolien, est le résultat du croisement entre l'enjeu de conservation d'une espèce au niveau national (Tableau 13) et sa sensibilité avérée à l'activité des parcs éoliens, selon la matrice ci-dessous.

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

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

### II.3.3. Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*)



Figure 6 : Pipistrelle commune. CCO domaine public.

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

Cette espèce fréquente tous les types de milieux, même les zones fortement urbanisées. Pour la chasse, on note une préférence pour les zones humides, les jardins et parcs, puis les milieux forestiers et enfin les milieux agricoles. Peu lucifuge, elle est capable de s'alimenter autour des éclairages. Elle est active dans le premier quart d'heure qui suit le coucher du soleil. Les distances de prospection varient en fonction des

milieux mais dépassent rarement quelques kilomètres. Très opportuniste, elle chasse les insectes volants, préférentiellement les Diptères mais aussi des Lépidoptères, Coléoptères, Trichoptères, Neuroptères, Cigales et Ephémères. Sur son secteur de chasse, elle vole entre 5 et 30m de hauteur mais elle peut ponctuellement utiliser le milieu aérien (notamment au-dessus de la canopée ou en transit). Les animaux se dispersent en moyenne dans un rayon de 1,3 km autour des colonies (Dietz, 2009), très rarement à plus de 5 km (Arthur et Lemaire, 2009). Ses plus longs déplacements sont saisonniers, depuis des secteurs de mise-bas vers des secteurs de reproduction (« swarming ») ou vers des secteurs d'hivernage situés généralement à moins de 20 km les uns des autres.

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

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

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

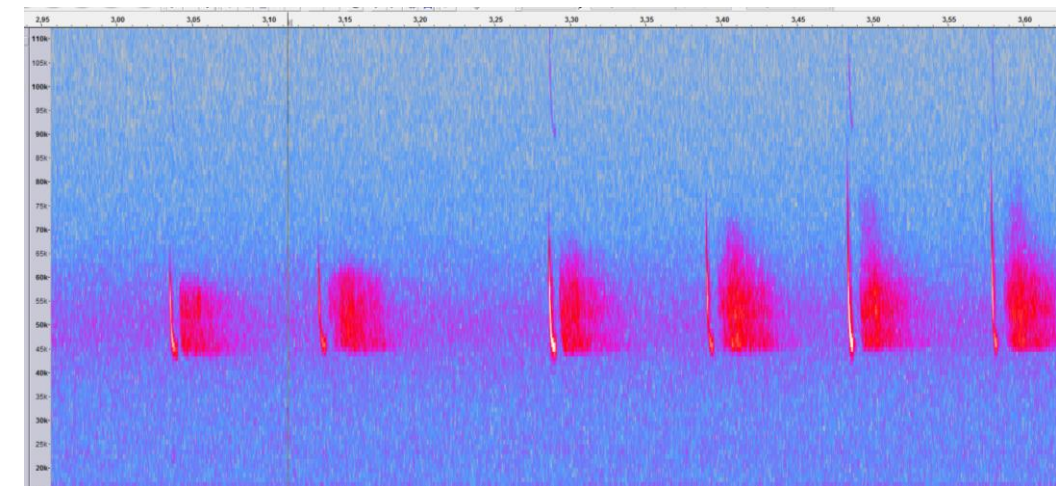


Figure 7 : Sonogramme de cris émis par une Pipistrelle commune

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de la Pipistrelle commune sont les suivantes :

	Pipistrelle commune – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 351	
Nombre de contacts corrigés	N = 291,3	
Proportion par rapport aux contacts totaux	44,6%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 7, le 10/07 et le 18/09	Du 03/05/21 au 30/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 13 à 22h10	Entre 19h30 et 07h50
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 51 pour 19°C	8°C à 27°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 45 pour 5,5 m.s <sup>-1</sup>	0 à 6 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 15 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

	Pipistrelle commune – E6	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 481	
Nombre de contacts corrigés	N = 399,2	
Proportion par rapport aux contacts totaux	53,9%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 11, le 11/07/2021	Du 27/05/21 au 30/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 15 à 01h20	Entre 20h00 et 07h30
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 72 pour 18°C	10°C à 30°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 75 pour 4,0 m.s <sup>-1</sup>	0 à 9 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 16 : Données d'activité de la Pipistrelle commune sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

Concernant la mortalité en Europe, 2 435 cas ont été attribués de manière certaine à la Pipistrelle commune. C'est l'espèce dont les cas de mortalité relevés par Dürr (2021) sont les plus nombreux, et ce, même au niveau national avec 1 012 cas recensés en France. En définitif, la Pipistrelle commune apparaît comme très sensible au risque de mortalité. Les éoliennes situées à proximité de lisières dont le champ de rotation des pales est proche des supports d'écholocation de l'espèce (lisière, canopée etc.) semblent être les plus à risque. **Sa note de risque est très élevée (3,5/4,5).**

### II.3.4. Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*)

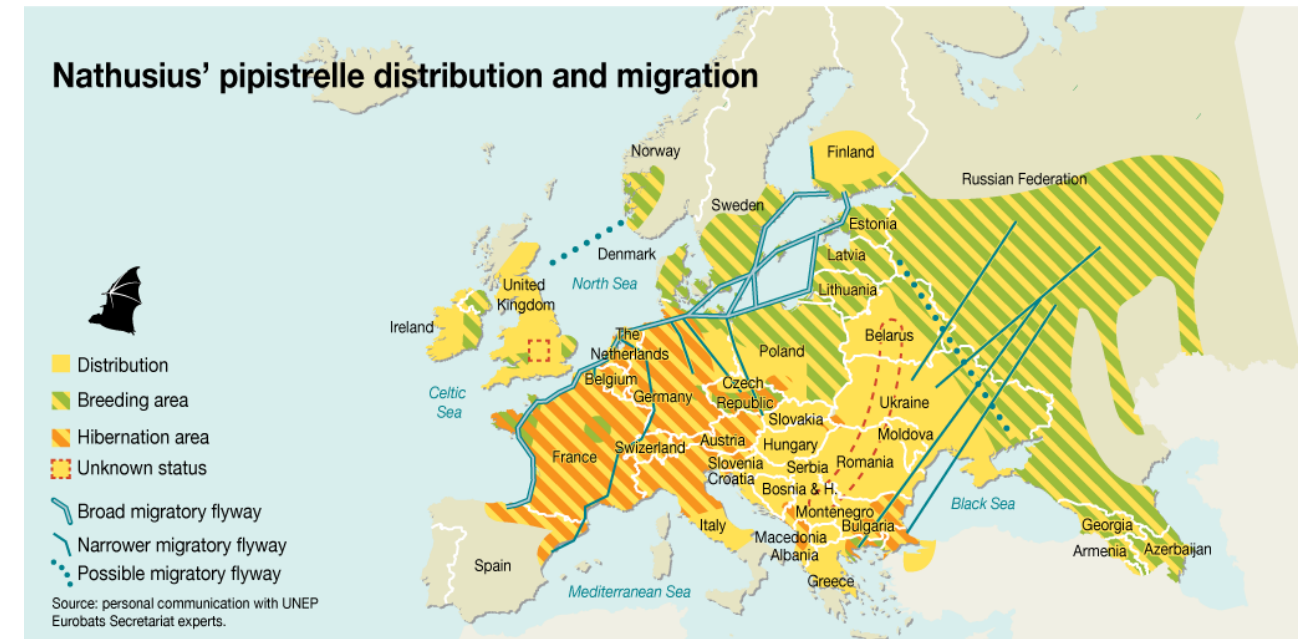
La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexe II de la Convention Bonn, annexe I de l'accord EUROBATS et annexe II de la Convention de Berne) et classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge UICN France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



Figure 8 : Pipistrelle de Nathusius. CCO domaine public.

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

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



Carte 3 : Carte de répartition et de migration de la Pipistrelle de Nathusius

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

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

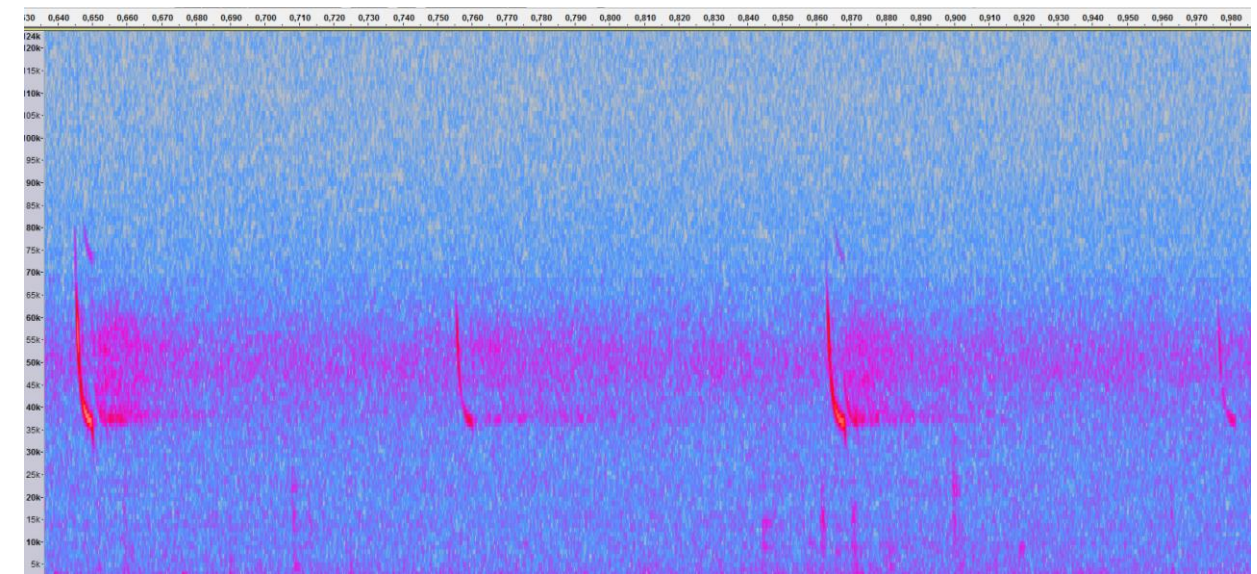


Figure 9 : Sonogramme des cris de Pipistrelle de Nathusius/Kuhl

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de la Pipistrelle de Nathusius sont les suivantes :

	Pipistrelle de Nathusius – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 35	
Nombre de contacts corrigés	N = 29,1	
Proportion par rapport aux contacts totaux	4,4%	
Nombre de contacts en fonction de la date	Trop peu de données	Du 23/06/21 au 29/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	Trop peu de données	Entre 20h20 et 07h30
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 6 pour 18°C et 19°C	10°C à 22°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 8 à 2,5 m.s <sup>-1</sup>	1,0 à 5,5 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 17 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

	Pipistrelle de Nathusius – E6	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 39	
Nombre de contacts corrigés	N = 32,4	
Proportion par rapport aux contacts totaux	4,3%	
Nombre de contacts en fonction de la date	Trop peu de données	Du 12/06/21 au 28/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	Trop peu de données	Entre 20h00 et 07h40
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 7 pour 18°C	13°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 7 pour 3,5 m.s <sup>-1</sup>	1,0 à 6,0 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 18 : Données d'activité de la Pipistrelle de Nathusius sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

La Pipistrelle de Nathusius apparaît comme très sensible au risque de mortalité lié aux éoliennes : avec 1 623 cas recensés en Europe (Dürr, 2021), dont 276 en France, elle est la 2<sup>ème</sup> espèce de chiroptères la plus impactée. Les éoliennes situées à proximité de lisières et des voies de migrations semblent être les plus à risque. **Sa note de risque est très élevée (3,5/4,5).**

### II.3.5. Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*)



Figure 10 : Pipistrelle de Kuhl, CCO domaine public.

La Pipistrelle de Kuhl chasse principalement dans les zones proches des agglomérations (dans des parcs et jardins) mais aussi le long de lisières et au-dessus de terrains agricoles. Elle est capable d'évoluer en plein ciel, à la manière des martinets, avant que ces derniers ne reviennent fin avril et induisent une compétition trop importante pour les ressources alimentaires disponibles. Cette espèce est également connue pour sa chasse sous les lampadaires en milieu urbain. Sur son terrain de chasse, elle évolue le plus souvent entre 1 et 15 m de hauteur de vol mais elle peut ponctuellement utiliser le milieu aérien (notamment au-dessus de la canopée, en transit ou même en chasse). La Pipistrelle de Kuhl n'est

pas connue pour être migratrice. Les connaissances sur cette espèce sont limitées. Elle semble néanmoins étendre petit à petit son aire de répartition vers le nord. Les gîtes de cette espèce sont fortement liés aux habitations humaines ; la Pipistrelle de Kuhl est très anthropophile que ce soit pour ses gîtes d'été ou d'hiver.

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de la Pipistrelle de Kuhl sont les suivantes :

	Pipistrelle de Kuhl – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 165	
Nombre de contacts corrigés	N = 137,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	21,0%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 6, le 04/09 et le 14/10	Du 04/06/21 au 27/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 7 à 04h30	Entre 19h30 et 07h40
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 23 pour 18°C	10°C à 29°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 22 à 3,5 m.s <sup>-1</sup>	0 à 6 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 19 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

	Pipistrelle de Kuhl – E6	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 171	
Nombre de contacts corrigés	N = 141,9	
Proportion par rapport aux contacts totaux	19,2%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 9 le 04/09/21	Du 04/06/21 au 30/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 8 à 05h30	Entre 20h00 et 07h10
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 29 pour 18°C	10°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 30 à 3,5 m.s <sup>-1</sup>	0,5 à 6,0 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 20 : Données d'activité de la Pipistrelle de Kuhl sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

Avec 469 cas de mortalité attribués de manière certaine à la Pipistrelle de Kuhl en Europe (Dürr, 2021), dont 219 en France, elle apparaît comme sensible au risque de mortalité (par collision ou barotraumatisme) généré par les éoliennes. Là encore, la France est le premier pays à avoir signalé les cas de mortalité les plus élevés pour cette espèce. **La sensibilité de cette espèce à l'éolien est de 2,5/4,5.** Les éoliennes situées à proximité de lisières dont le champ de rotation des pales est proche des supports d'écholocation de l'espèce (lisière, canopée...) semblent être les plus à risque. En ce qui concerne le risque de destruction de gîtes, cette espèce anthropophile semble très peu impactée par des projets éoliens dont la distance aux habitations doit être de 500 m. De plus, les bâtis isolés sont rarement détruits dans le cadre des projets éoliens. Cette espèce anthropophile semble très peu impactée par des projets éoliens distants des habitations.

### II.3.6. Noctule commune (*Nyctalus noctula*)

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

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



Figure 11 : Noctule commune, CCO domaine public.

Elle quitte son gîte quand il fait encore clair, voire jour. La Noctule commune peut chasser sur une grande diversité d'habitats (du massif forestier à la prairie, en passant par des zones humides et des secteurs urbanisés). Elle survole le plus souvent ces secteurs de chasse à haute altitude (30 à 100 mètres). Ses

territoires de chasse sont vastes (jusqu'à 50 hectares) et sont éloignés du gîte d'environ 10km en moyenne (Dietz, 2009). Elle chasse le plus souvent en groupe, et consomme ses proies en vol. Exclusivement insectivore et opportuniste, son régime alimentaire va des microdiptères aux Coléoptères (Arthur et Lemaire, 2009). Elle hiberne de novembre à mars, souvent en groupe mixte, en forêt (larges cavités, loges de pics, ...) comme en ville (corniches de pont, immeuble, ...). En été, la Noctule commune est présente dans les mêmes types de gîtes qu'en hiver, en solitaire, ou en petits essaims.

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

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

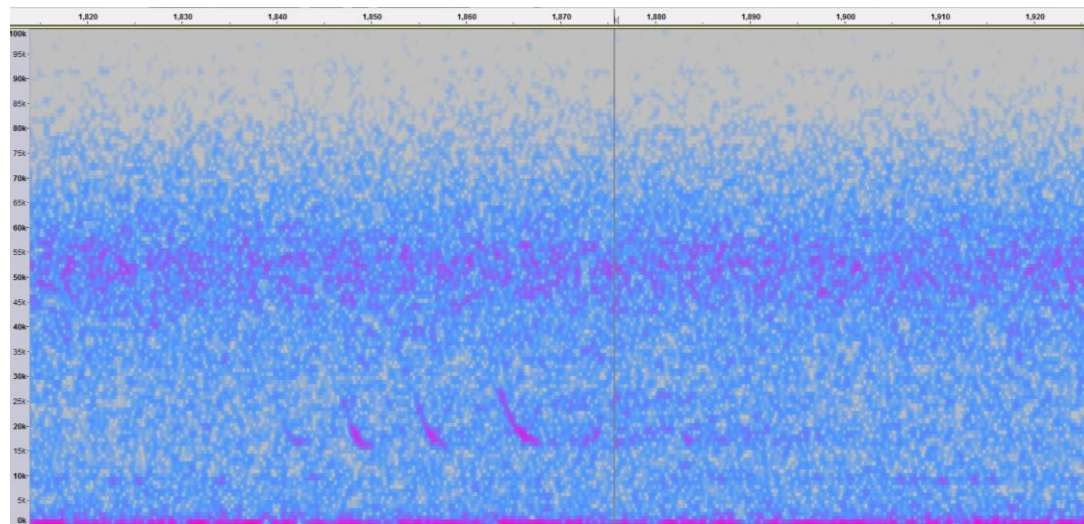


Figure 12 : Sonogramme de cris émis par une Noctule commune

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de la Noctule commune sont les suivantes :

	Noctule commune – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 67	
Nombre de contacts corrigés	N = 16,8	
Proportion par rapport aux contacts totaux	8,5%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 3, le 14/05 et le 16/08	Du 26/04/21 au 31/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 5 à 05h10	Entre 19h40 et 07h30
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 9 pour 17°C	10°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 7 à 7 m.s <sup>-1</sup>	1,0 à 10,5 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 21 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

	Noctule commune – E6	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 70	
Nombre de contacts corrigés	N = 17,5	
Proportion par rapport aux contacts totaux	7,8%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 3, le 31/07/2021	Du 22/04/21 au 31/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 5, à 04h20 et 04h50	Entre 20h40 et 07h00
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 11 pour 19°C	11°C à 25°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 9 à 5 m.s <sup>-1</sup>	0,5 à 11,5 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 22 : Données d'activité de la Noctule commune sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

La Noctule commune est la 3<sup>ème</sup> espèce la plus touchée par l'impact éolien en Europe : 1 565 cas de mortalité ont été attribués de manière certaine à la Noctule commune (Dürr, 2021), dont 104 en France. Son comportement de chasse et ses déplacements à des altitudes élevées la rendent particulièrement sensible à cet impact. **Sa note de risque est la plus élevée chez les chiroptères (4/4,5).**

### II.3.7. Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*)



Figure 13 : Noctule de Leisler. CCO domaine public.

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

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

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

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



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

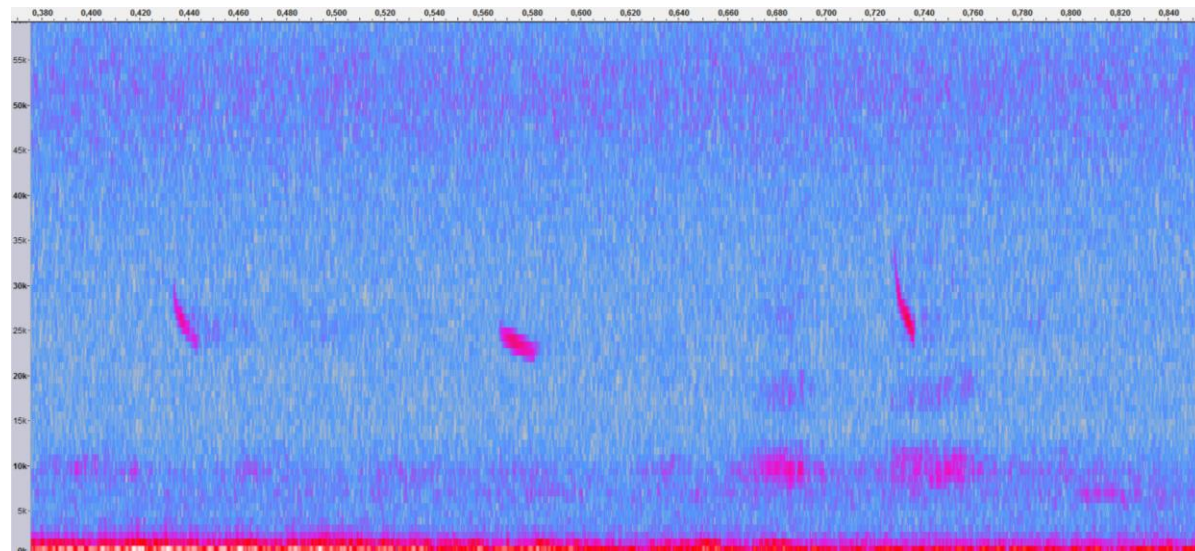


Figure 14 : Sonogramme de cris émis par une Noctule de Leisler

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de la Noctule de Leisler sont les suivantes :

	Noctule de Leisler – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 24	
Nombre de contacts corrigés	N = 7,4	
Proportion par rapport aux contacts totaux	3,0%	
Nombre de contacts en fonction de la date	Trop peu de données	Du 27/04/21 au 31/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	Trop peu de données	Entre 20h30 et 06h50
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 4 pour 15°C	11°C à 24°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 4 pour 8,5 m.s <sup>-1</sup>	0,5 à 9,5 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 23 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

	Noctule de Leisler – E6	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 17	
Nombre de contacts corrigés	N = 5,3	
Proportion par rapport aux contacts totaux	1,9%	
Nombre de contacts en fonction de la date	Trop peu de données	Du 22/04/21 au 22/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 3, à 01h50	Entre 21h20 et 05h40
Nombre de contacts en fonction de la température	Trop peu de données	10°C à 28°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 3 pour 8,5 m.s <sup>-1</sup>	1,0 à 10 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 24 : Données d'activité de la Noctule de Leisler sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

La Noctule de Leisler est la 4<sup>ème</sup> espèce la plus touchée par l'impact éolien en Europe : 719 cas de mortalité ont été attribués de manière certaine (Dürr, 2021), dont 153 en France. Sa technique de chasse en hauteur et ses grands déplacements à des altitudes à risque expliquent sa sensibilité. **Sa note de risque est très élevée (3,5/4,5).**

### II.3.8. Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*)

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



Figure 15 : Sérotine commune. CCO domaine public.

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

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

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

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

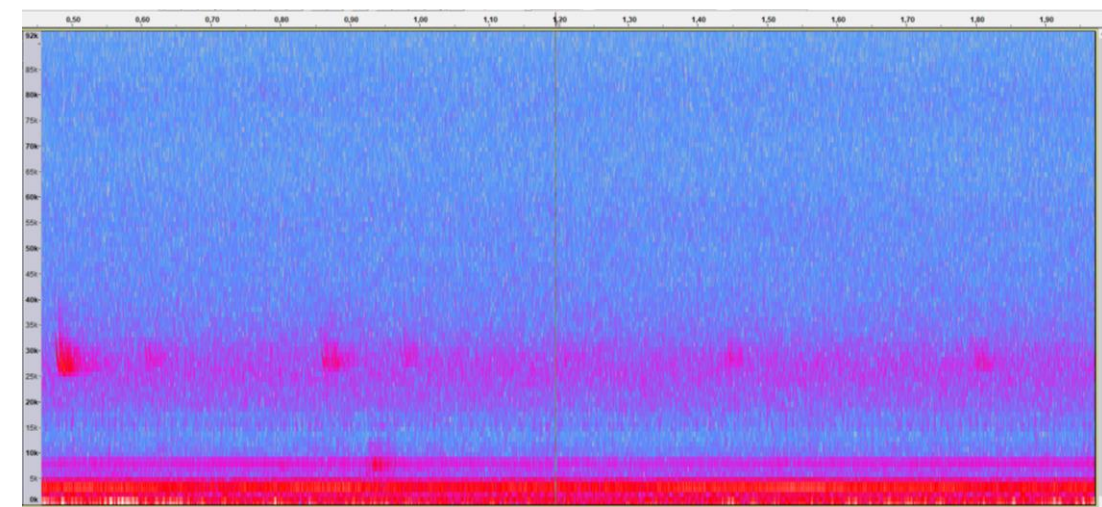


Figure 16 : Sonogramme de cris émis par une Sérotine commune

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité de la Sérotine commune sont les suivantes :

	Sérotine commune – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 134	
Nombre de contacts corrigés	N = 67,0	
Proportion par rapport aux contacts totaux	17,0%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 6 le 10/07/2021	Du 29/04/21 au 28/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 8 à 01h20	Entre 20h00 et 07h40
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 21 pour 18°C	10°C à 26°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 19 pour 4,0 m.s <sup>-1</sup>	0 à 6,0 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 25 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

	Sérotine commune – E6	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 105	
Nombre de contacts corrigés	N = 52,5	
Proportion par rapport aux contacts totaux	11,8%	
Nombre de contacts en fonction de la date	N = 4 le 26/10/2021	Du 29/04/21 au 28/10/21
Nombre de contacts en fonction de l'heure	N = 4 à 02h20, 04h10, 06h20	Entre 20h50 et 07h40
Nombre de contacts en fonction de la température	N = 14 pour 19°C	11°C à 30°C
Nombre de contacts en fonction du vent	N = 20 pour 4,0 m.s <sup>-1</sup>	0,5 à 6,0 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 26 : Données d'activité de la Sérotine commune sur l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

C'est la 10<sup>ème</sup> espèce la plus impactée par l'éolien en Europe : 123 cas ont été attribués de manière certaine à la Sérotine commune, dont 34 en France, et 115 cas où la détermination n'a pu discriminer la Sérotine commune et la Sérotine isabelle (Dürr, 2021). Les éoliennes situées à proximité de lisières et dont le champ de rotation des pales passe proche des structures de végétation (canopée, lisières...) sont les plus dangereuses. **Sa note de risque est élevée (3/4,5).**

### II.3.9. Oreillards (*Plecotus sp.*)



Figure 17 : Oreillard roux.  
CCO domaine public.

L'Oreillard roux (*Plecotus auritus*) est une chauve-souris de taille moyenne, caractérisé par ses immenses oreilles. Lorsqu'il stresse, celles-ci se retournent sur son dos et ressemblent à des cornes de boucs. En période d'hibernation, les oreilles sont pliées sous les ailes et seuls les deux tragus en forme de lame sortent. Le pelage dorsal est brun roux long et épais, sur les côtés la fourrure est plus jaunâtre puis devient gris sur le ventre. Il chasse dans les forêts nettement stratifiées, avec des sous-étages composés d'arbustes et de branchages denses. Ses gîtes d'hivers sont situés dans des mines, des grottes, des caves de maisons, des anfractuosités de pont et des carrières. On peut également le retrouver dans des cavités d'arbres si le bois lui assure une protection suffisante. Ses gîtes d'été sont localisés dans des bâtiments, des cavités arboricoles et des nichoirs.

L'Oreillard gris (*Plecotus austriacus*) est une chauve-souris de taille moyenne, caractérisé par ses immenses oreilles et son long tragus en forme d'épée. Il possède un masque noir autour des yeux et un museau fin et cendré sombre. Le pelage dorsal est gris cendré alors que le ventre est plus clair (gris à blanc). Il chasse préférentiellement en milieu ouvert parfois haut en altitude. Concernant les gîtes, dans le centre de la France, on le retrouve rarement en milieu hypogé et peut rester dans les mêmes lieux que l'été comme les combles et les fissures de falaise. Dans d'autres parties de son aire de distribution, ses gîtes d'hivers sont souterrains. Pour ses gîtes d'été, dans le nord de son aire de répartition, on le retrouvera essentiellement dans les combles chauds des bâtiments alors qu'au sud, on le retrouvera dans les anfractuosités des falaises ou dans les fissures à l'entrée des grottes.



Figure 18 : Oreillard gris.  
CCO domaine public.

Dans le cadre de notre étude, les valeurs d'activité caractérisant l'activité des Oreillards sont les suivantes :

	Oreillards sp. – E4	
	Pic d'activité	Plage d'activité
Nombre de contacts bruts	N = 2	
Nombre de contacts corrigés	N = 0,3	
Proportion par rapport aux contacts totaux	0,3%	
Date des deux contacts	Trop peu de données	24/09/21 et 30/09/21
Heure des deux contacts	Trop peu de données	23h30 et 02h40
Température des deux contacts	Trop peu de données	12°C et 19°C
Vitesse de vent des deux contacts	Trop peu de données	3,5 et 4,0 m.s <sup>-1</sup>

Tableau 27 : Données d'activité des Oreillards sur l'éolienne E4 du Gâtinais en 2021.

Rappelons ici qu'aucun contact d'Oreillard a été enregistré en nacelle de l'éolienne E6 du Gâtinais en 2021.

En général, les Oreillards présentent une faible sensibilité à la mortalité liée aux éoliennes. En ce qui concerne la mortalité relevée sous les parcs éoliens (Dürr, 2021), 9 cas de mortalité ont été relevés en Europe pour l'Oreillard gris et 8 cas pour l'Oreillard roux, et aucun en France. **La sensibilité de ces espèces à l'éolien est donc de 1,5/4,5.** Leurs techniques de chasse ainsi que leurs hauteurs de vol très basses en font des espèces peu exposées. Ces espèces sont également peu sensibles à la perte d'habitat lié aux éoliennes.

### ⇒ Synthèse du suivi d'activité des chiroptères par deux TrackBats sur le parc éolien du Gâtinais en 2021

Les enregistrements des chiroptères ont eu lieu sur le parc éolien du Gâtinais en continu du 21/04/2021 au 31/10/2021. Au total, 1 679 contacts bruts ont été enregistrés, soit 1 212,6 contacts corrigés, dont 46,9% sur l'éolienne E4 et 53,1% sur l'éolienne E6. Le cortège d'espèces est réparti comme suit :

- La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) représente 56,9% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) représente 23,0% des contacts ;
- La **Sérotine commune** (*Eptesicus serotinus*) représente 9,9% des contacts ;
- La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) représente 5,1% des contacts ;
- La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) représente 2,8% des contacts ;
- La **Noctule de Leisler** (*Nyctalus leisleri*) représente 1,0% des contacts ;
- Les **Oreillards indéterminés** (*Plecotus sp.*) représentent 0,003% des contacts ;
- Les chiroptères indéterminés représentent 1,2% des contacts.

Sur l'ensemble du parc éolien, 90% de cette activité a eu lieu entre le 07/06/2021 et le 23/10/2021, avec un pic d'activité relevé le 10/07/2021 sur les deux éoliennes, en pleine période de parturition, et un autre le 04/09/2021 particulièrement sur E6, en période de migration automnale.

L'activité chiroptérologique a été enregistrée entre 19h30 et 07h50, dont plus de 90% entre le coucher et le lever du soleil, ce qui illustre donc que l'activité est bien continue tout au long de la nuit sur le parc éolien. Un pic d'activité a été enregistré à 01h20 sur les deux éoliennes, qui rassemble 2,9% de l'activité totale enregistrée sur le parc.

L'activité chiroptérologique se déroule pour des vitesses de vent allant de 0 à 11,5 m.s<sup>-1</sup>, avec un pic d'activité à 4 m.s<sup>-1</sup> sur les deux éoliennes, et pour des températures comprises entre 8°C et 30°C, avec un pic d'activité à 18°C sur les deux éoliennes. Au total, 90% de l'activité des chiroptères est définie par une vitesse de vent inférieure ou égale à 6 m.s<sup>-1</sup> combinée à une température supérieure ou égale à 12°C.

Le niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères a été caractérisé en fonction de la période biologique, suivant le référentiel Sens Of Life :

	Migration printanière		Parturition		Migration automnale	
	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6	Eolienne E4	Eolienne E6
<i>Pipistrelle commune</i>	Très faible	0	Forte	Très forte	Forte	Très forte
<i>Pipistrelle de Kuhl</i>	0	0	Très forte	Très forte	Très forte	Très forte
<i>Pipistrelle de Nathusius</i>	0	0	Très faible	Très faible	Moyenne	Très faible
<i>Noctule commune</i>	Très forte	Très forte	Forte	Forte	Très forte	Très forte
<i>Noctule de Leisler</i>	Forte	Forte	Moyenne	Faible	Moyenne	Faible
<i>Sérotine commune</i>	Moyenne	Forte	Très forte	Forte	Forte	Forte
<i>Oreillards sp.</i>	0	0	0	0	Moyenne	0

Tableau 28 : Caractérisation du niveau d'activité de chaque espèce de chiroptères enregistrée sur le Gâtinais en 2021, en fonction du cycle biologique

La Noctule commune, classée « Vulnérable » en France (UICN, 2017), a une activité forte à très forte sur le parc éolien sur l'ensemble du cycle biologique. La Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune sont classées « Quasi-menacées » (UICN, 2017) mais présentent des activités variables lors des différentes saisons. Enfin, la Pipistrelle de Kuhl et les Oreillards ne sont pas classés comme menacés en France (UICN, 2017). La première présente une activité très forte en parturition et en migration automnale et les Oreillards seulement une activité moyenne en migration automnale sur l'éolienne E4.

### III. Suivi de la mortalité sur le parc éolien du Gâtinais

Cette étude est proposée dans le but d'optimiser les connaissances quant à l'impact du parc éolien du Gâtinais sur les chauves-souris et les oiseaux. Elle a pour objectif de caractériser la mortalité induite par le fonctionnement des éoliennes étudiées sur les chiroptères et les oiseaux. Un protocole éprouvé et rationalisé est mis en place pour évaluer au mieux le nombre de cadavres, en prenant en compte les biais inhérents à ce type de démarche.

#### III.1. Protocole de recherche de cadavres au sol

Le suivi de la mortalité est basé sur un protocole développé par l'équipe d'Arnett (Casselman Wind Project, 2008-2010), puis adapté et appliqué en Europe par des membres de notre équipe sur le parc éolien de Bouin (Lagrange *et al.*, 2009). Il est conforme au protocole ministériel publié en 2018 et se déroule sur 20 prospections au minimum, à débiter dès le lever du jour, réparties entre les semaines 20 et 43 (mi-mai à octobre) et dans un rayon de 50 mètres minimum autour du mât de chaque éolienne étudiée. Les suivis de mortalité ont été effectués sur le parc éolien du Gâtinais selon le protocole, avec 20 passages répartis entre le 20/05/2021 et le 21/10/2021.

Ce protocole consiste à prospecter la surface sous l'éolienne en se guidant à l'aide d'une corde qui est raccourcie à chaque retour sur la piste d'accès à l'éolienne. Au premier passage, toute la longueur de la corde (60 mètres, soit 15 mètres de plus que la longueur des pales) fixée à l'éolienne est déroulée. L'observateur part de la plateforme en parcourant un cercle autour de l'éolienne et en recherchant les cadavres d'oiseaux et de chauves-souris de chaque côté de son passage (2,5 mètres de chaque côté). De retour sur la piste d'accès, 5 mètres de corde sont rembobinés et l'observateur décrit, en sens inverse, un autre cercle autour de l'éolienne. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'observateur se trouve au pied de l'éolienne. Ainsi, pour chaque éolienne, l'observateur parcourt 12 cercles (60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10 et 5 mètres) soit 2 450 mètres de transect, à une vitesse approximative de 3 km/h (Figure 19). L'opération nécessite 50 minutes de parcours, auxquelles s'ajoutent 10 minutes de relevés de cadavres. La surface prospectée est de 12 272 m<sup>2</sup> ( $S = \pi.R^2$ , avec  $R = 62,5$  mètres, dont 60 mètres de corde et 2,5 mètres de prospection).

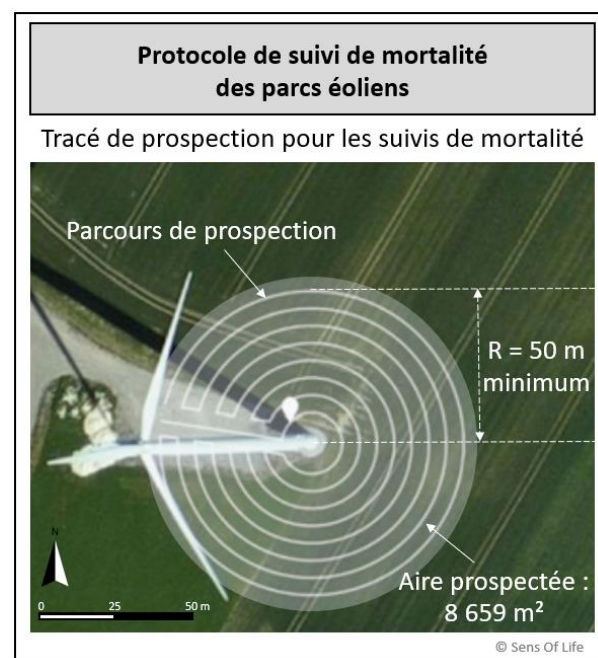


Figure 19 : Représentation du transect de prospection réalisé pour la recherche de cadavres sous une éolienne.

Le parc éolien du Gâtinais comprenant plus de 8 éoliennes, le suivi environnemental a été effectué sous 10 des 12 éoliennes, conformément au protocole ministériel publié en 2018. Les éoliennes sont alors choisies de la façon suivante :

- En priorité les éoliennes équipées de TrackBats (E4 et E6),
- Puis 50% des éoliennes sont choisies parmi celles jugées les plus à risques lors de l'étude d'impact ou celles ayant montré une mortalité plus importante lors des suivis antérieurs,
- Les éoliennes restantes sont choisies de façon aléatoire afin de disposer d'éoliennes représentatives en termes d'environnement, végétation, etc.

Sur le parc éolien du Gâtinais, les éoliennes sous lesquelles a été effectué le suivi de mortalité sont donc les éoliennes E1, E2, E3, E4, E5, E6, E8, E9, E11 et E12. Les éoliennes E7 et E10 n'ont pas été prospectées.

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

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

L'identification des chauves-souris a été réalisée par analyse morphologique de la dentition des cadavres, après avoir été conservés congelés (Figure 20). L'ouvrage d'Arthur & Lemaire, 2009 a été utilisé comme référence.

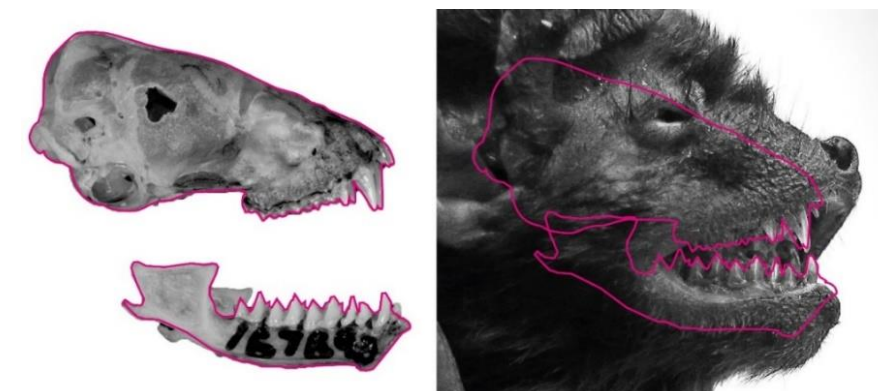


Figure 20 : Comparaison de la dentition pour l'identification de la Noctule de Leisler.

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

- <http://skullsite.w3basix.nl/search/index.cfm>
- <https://sketchfab.com/laboratorinatura/collections/aves?cursor=48>

### III.2. Mortalité brute constatée au pied des éoliennes du parc du Gâtinais

Le suivi de mortalité du parc éolien du Gâtinais est basé sur un passage hebdomadaire entre mai et octobre, soit une pression d'échantillonnage relativement importante. Les éoliennes ont été prospectées au cours de 20 passages réalisés aux dates listées dans le Tableau 30. Au total, 19 cadavres de chiroptères et 7 cadavres d'oiseaux ont été retrouvés lors des suivis de mortalité. 96% des individus découverts sont morts par barotraumatisme et/ou par collision, dont la mort est directement imputable aux éoliennes. Il reste donc une seule mortalité, la Perdrix rouge retrouvée le 27/05, dont la cause n'a pas été déterminée.

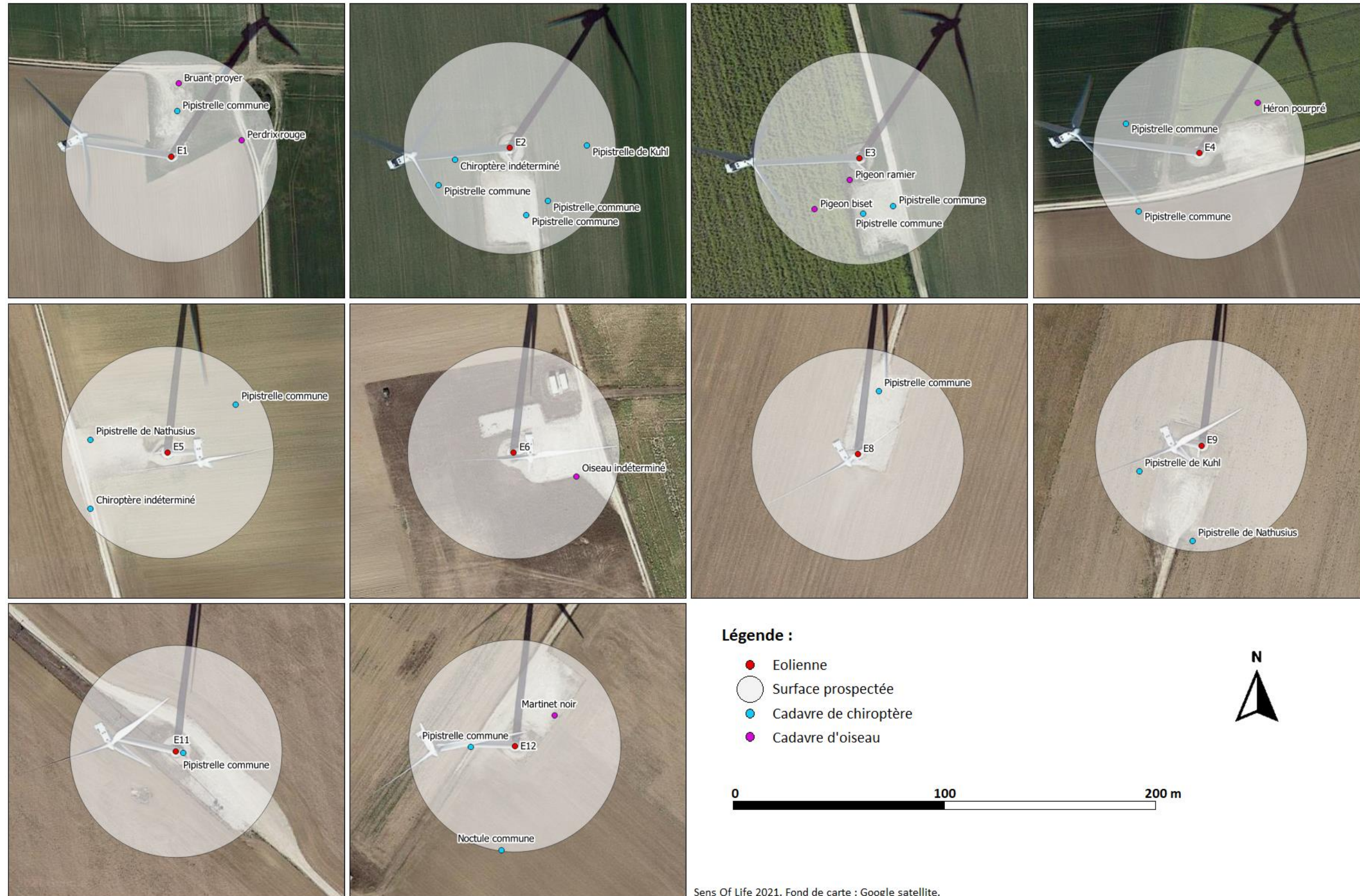
Le Tableau 29 indique les caractéristiques générales des collisions constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021. Toutes les fiches d'identification des cadavres sont disponibles en annexe VIII.1. La Carte 4 permet la visualisation de la répartition spatiale de ces cadavres sous les éoliennes du parc.

N°	Date	Espèce	Nom latin	Type	Statut de conservation	Coordonnées GPS	Eolienne proche	Distance au mât	Orientation par rapport au mât
1	20/05/2021	Indéterminée		Oiseau	-	48.1379434 ; 2.5716789	E6	32 m	Sud-est
2	27/05/2021	Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	Oiseau	LC	48.131509 ; 2.595495	E1	33 m	Est
3	07/06/2021	Indéterminée		Chiroptère	-	48.13645 ; 2.576637	E5	46 m	Sud-ouest
4	07/07/2021	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	Oiseau	NT	48.144786 ; 2.531447	E12	22 m	Nord-est
5	04/08/2021	Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	Oiseau	LC	48.134092 ; 2.5867	E3	11 m	Sud-ouest
6	04/08/2021	Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i>	Oiseau	LC	48.135738 ; 2.582621	E4	41 m	Nord-est
7	12/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.143918 ; 2.537906	E11	3 m	Est
8	12/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.140816 ; 2.559264	E8	32 m	Nord
9	13/08/2021	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Chiroptère	LC	48.132799 ; 2.591192	E2	35 m	Est
10	13/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.13258 ; 2.591001	E2	29 m	Sud-est
11	18/08/2021	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Chiroptère	NT	48.141499 ; 2.552176	E9	46 m	Sud
12	18/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.144658 ; 2.530928	E12	17 m	Ouest
13	19/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.132531 ; 2.590846	E2	34 m	Sud
14	24/08/2021	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Chiroptère	VU	48.144181 ; 2.531095	E12	50 m	Sud
15	24/08/2021	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Chiroptère	NT	48.136743 ; 2.576641	E5	32 m	Ouest
16	24/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.135614 ; 2.581651	E4	41 m	Ouest
17	30/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.136968 ; 2.577618	E5	45 m	Nord-est
18	30/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.135248 ; 2.581827	E4	39 m	Sud-est
19	30/08/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.133959 ; 2.587038	E3	30 m	Sud-est
20	30/08/2021	Pigeon biset	<i>Columba livia</i>	Oiseau	DD	48.133944 ; 2.586415	E3	35 m	Sud-ouest
21	06/09/2021	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Chiroptère	LC	48.141795 ; 2.551816	E9	30 m	Sud-ouest
22	06/09/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.13393 ; 2.586815	E3	26 m	Sud
23	06/09/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.132666 ; 2.590335	E2	34 m	Sud-ouest
24	06/09/2021	Indéterminée		Chiroptère	-	48.132757 ; 2.590365	E2	26 m	Ouest
25	06/09/2021	Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	Oiseau	LC	48.131741 ; 2.595082	E1	30 m	Nord
26	06/09/2021	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Chiroptère	NT	48.131628 ; 2.595089	E1	18 m	Nord

Tableau 29 : Liste des collisions constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021 et caractéristiques des cadavres



## Localisation des cadavres retrouvés sur le parc éolien du Gâtinais Loiret (45) et Seine-et-Marne (77)

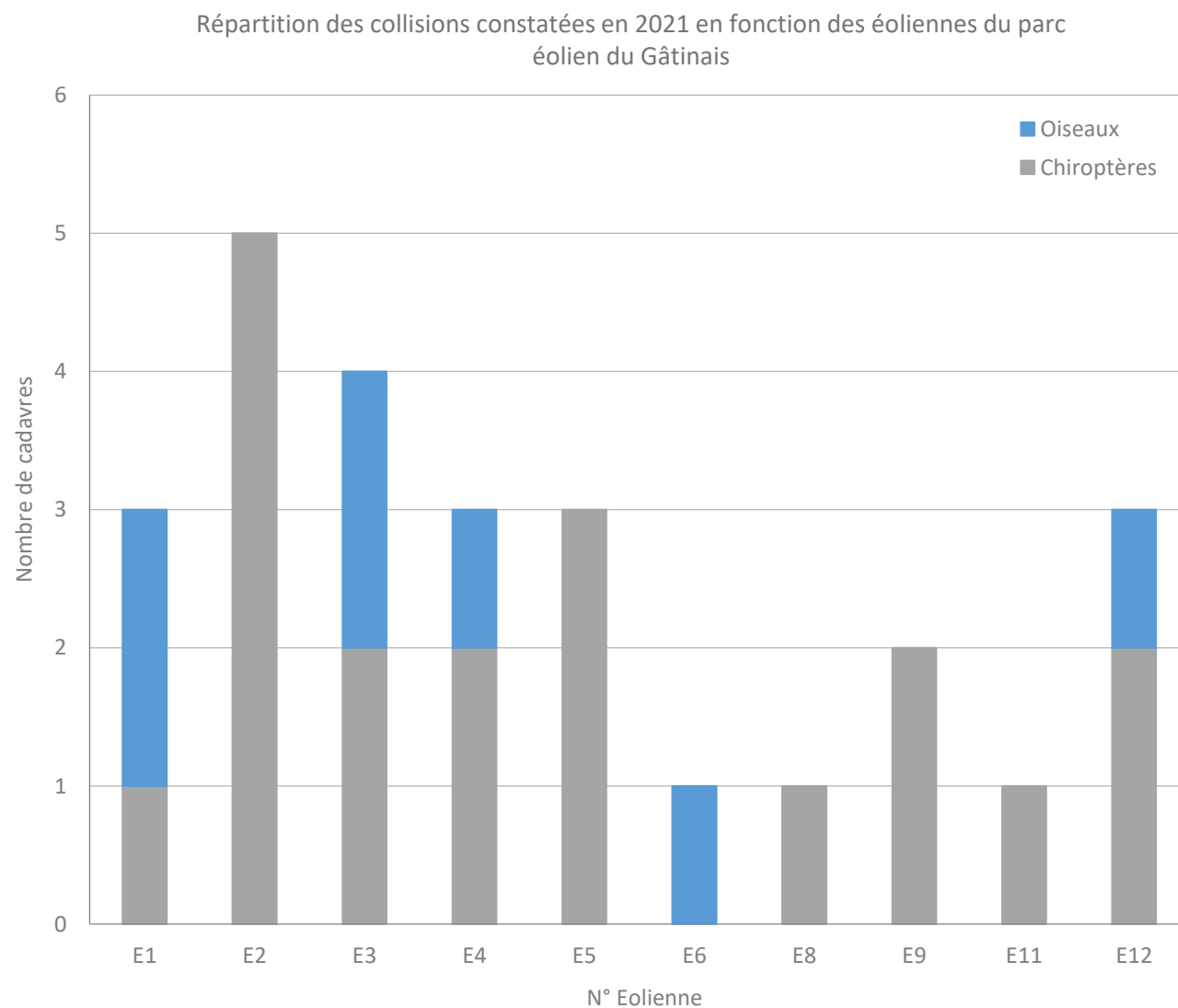


Carte 4 : Localisation des cadavres trouvés sous les éoliennes du parc éolien du Gâtinais en 2021.

### III.2.1. Analyse spatiale des collisions sur le parc éolien du Gâtinais

Le Graphique 12 permet d'analyser la répartition géographique des collisions sur l'ensemble du parc éolien du Gâtinais. Cinq cadavres de chiroptères ont été découverts sous l'éolienne E2, la plus impactante, soit 26,3% des cadavres de chiroptères retrouvés sur l'ensemble du parc éolien (et 19,2% des cadavres tous taxons confondus). L'éolienne E3 fait état de deux cadavres de chiroptères et deux cadavres d'oiseaux, elle présente donc également une mortalité brute élevée. Trois cadavres ont ensuite été retrouvés sous chacune des éoliennes E1, E4, E5 et E12, mais il s'agit de trois chiroptères sous l'éolienne E5, qui est donc la deuxième éolienne la plus impactante pour ce taxon. L'éolienne E9 fait état de deux cadavres de chiroptères et seulement un cadavre a été retrouvé sous chacune des éoliennes E6 (un oiseau), E8 (un chiroptère) et E11 (un chiroptère).

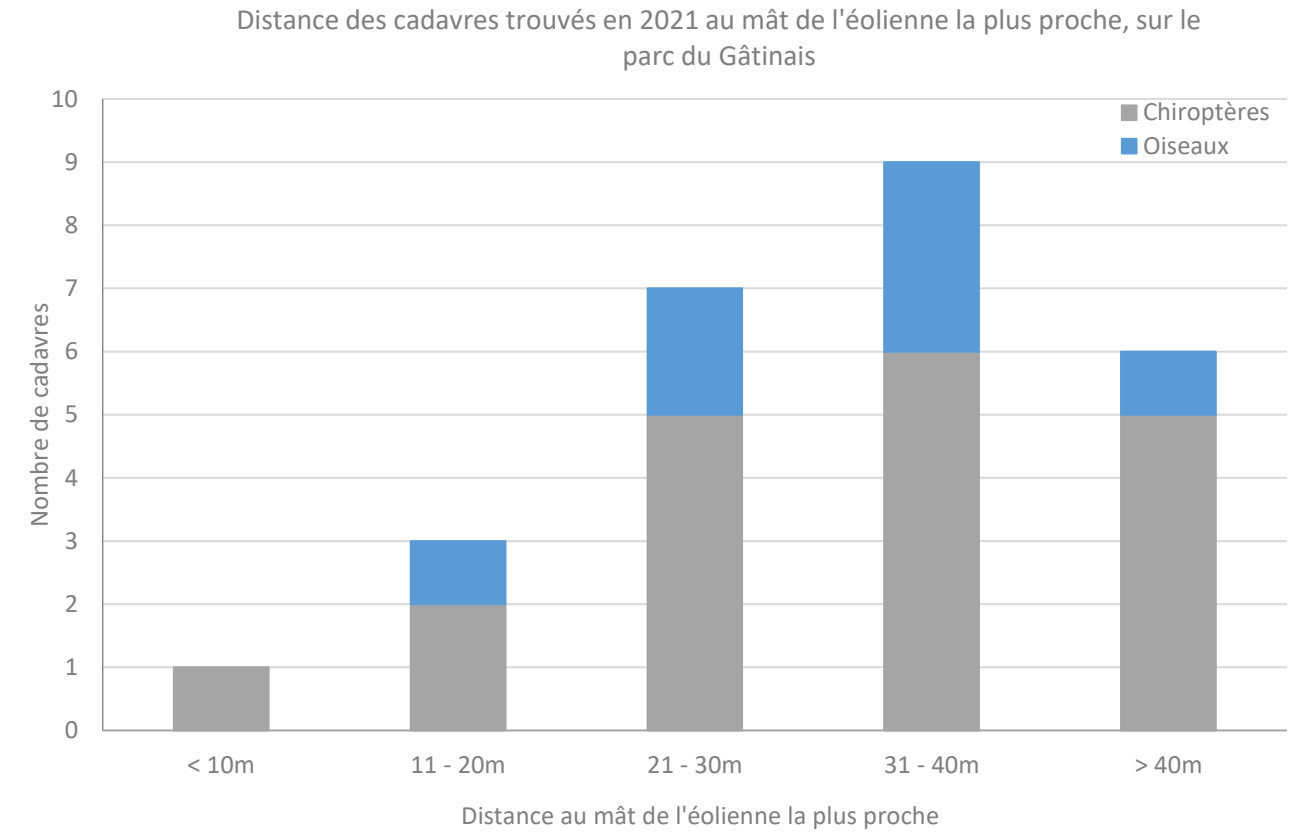
Aucune éolienne n'a donc présenté de mortalité brute nulle et nous rappelons ici que les éoliennes E7 et E10 n'ont pas été prospectées.



Graphique 12 : Répartition des collisions constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, en fonction de l'éolienne la plus proche.

En ce qui concerne la distance des cadavres au mât de l'éolienne (Graphique 13), on observe une augmentation du nombre de cadavres trouvés proportionnelle à la distance au pied de l'éolienne jusqu'à 40 mètres, que ce soit pour les oiseaux ou les chiroptères, puis cette tendance s'inverse au-delà de 40 mètres pour les deux taxons. En effet, nous avons retrouvé six cadavres de chiroptères et trois cadavres d'oiseaux entre 31 et 40 mètres. Il semble donc que les individus aient tapé plus souvent la partie externe des pales (longues de 45 mètres) ou qu'il y ait eu un effet d'expulsion à la suite des impacts.

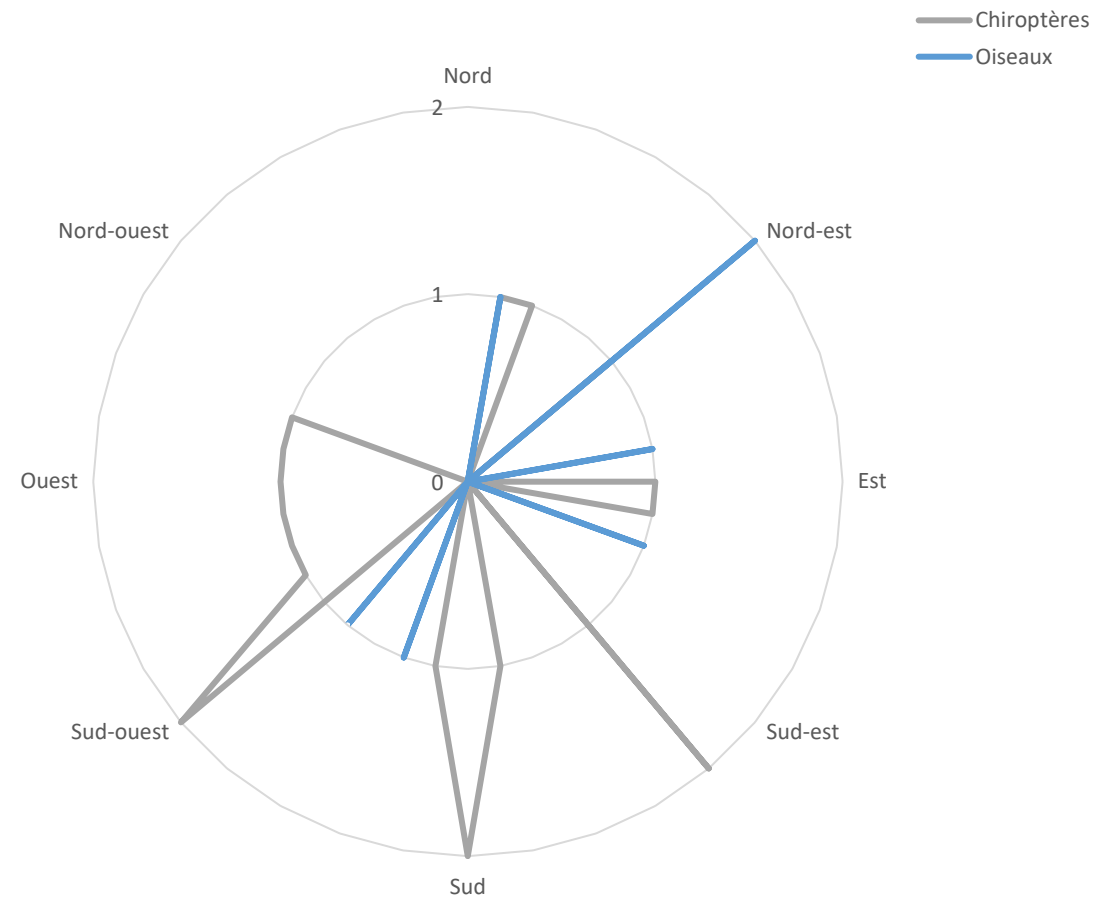
Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation entre la taille des individus retrouvés et la distance du cadavre au mât, puisque les chiroptères sont répartis sous les éoliennes entre 3 et 50 mètres et les oiseaux entre 11 et 41 mètres.



Graphique 13 : Répartition de la position des cadavres en fonction de la distance au mât de l'éolienne la plus proche, sur le parc éolien du Gâtinais, en 2021.

Enfin, la répartition des cadavres a été analysée en fonction de leur orientation par rapport au mât de l'éolienne la plus proche (Graphique 14). Deux oiseaux ont été retrouvés au nord-est, mais le peu de données ne permet pas de conclure à un éventuel pic de mortalité dans cette direction. Au contraire, pour les chiroptères, trois pics de mortalité ont été observés entre le sud-est et le sud-ouest, illustrant peut-être des voies de déplacement au sud de la ligne d'éoliennes.

Répartition des cadavres en fonction de l'orientation par rapport au mât, sur le parc éolien du Gâtinais en 2021



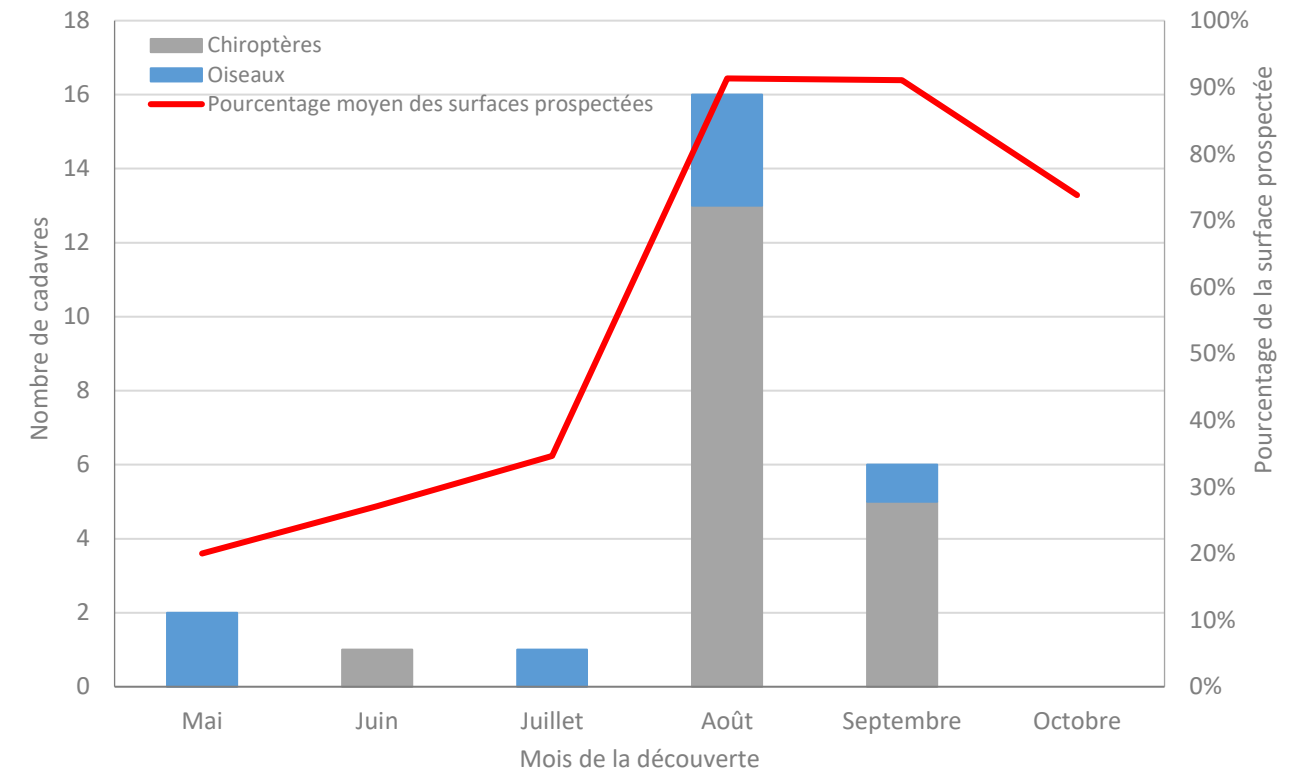
Graphique 14 : Répartition de la position des cadavres en fonction leur orientation par rapport au mât de l'éolienne la plus proche, sur le parc éolien du Gâtinais, en 2021.

### III.2.2. Analyse temporelle des collisions sur le parc éolien du Gâtinais

Le Graphique 15 permet d'analyser la mortalité constatée sur le parc éolien du Gâtinais en fonction de la période biologique. Un pic de la mortalité peut être constaté en août, avec 16 cadavres retrouvés, dont 13 chiroptères (soit 68,4% des cadavres de chiroptères retrouvés sur l'ensemble de l'étude) et 3 oiseaux (soit 42,9% des cadavres d'oiseaux retrouvés sur l'ensemble de l'étude). Le mois d'août correspond au début de la migration postnuptiale pour les oiseaux et à la transition entre parturition et migration automnale chez les chiroptères.

Aux mois de mai, juin et juillet, seulement un à deux cadavres ont été retrouvés par mois, mais cela est à mettre en perspective avec la faible surface prospectée sous les éoliennes à ce moment-là, à cause de la hauteur des cultures. Ce biais sera corrigé grâce à un coefficient surfacique pour le calcul de la mortalité estimée (paragraphe III.3). En septembre, bien que le pourcentage de surface prospectée soit important, la mortalité a fortement diminué par rapport au mois d'août. Enfin, au mois d'octobre, trois suivis de la mortalité ont bien eu lieu mais aucun cadavre n'a été retrouvé.

Nombre de cadavres découverts sur le parc éolien du Gâtinais en 2021 en fonction de la date



Graphique 15 : Répartition des cadavres en fonction de la date sur le parc éolien du Gâtinais en 2021.

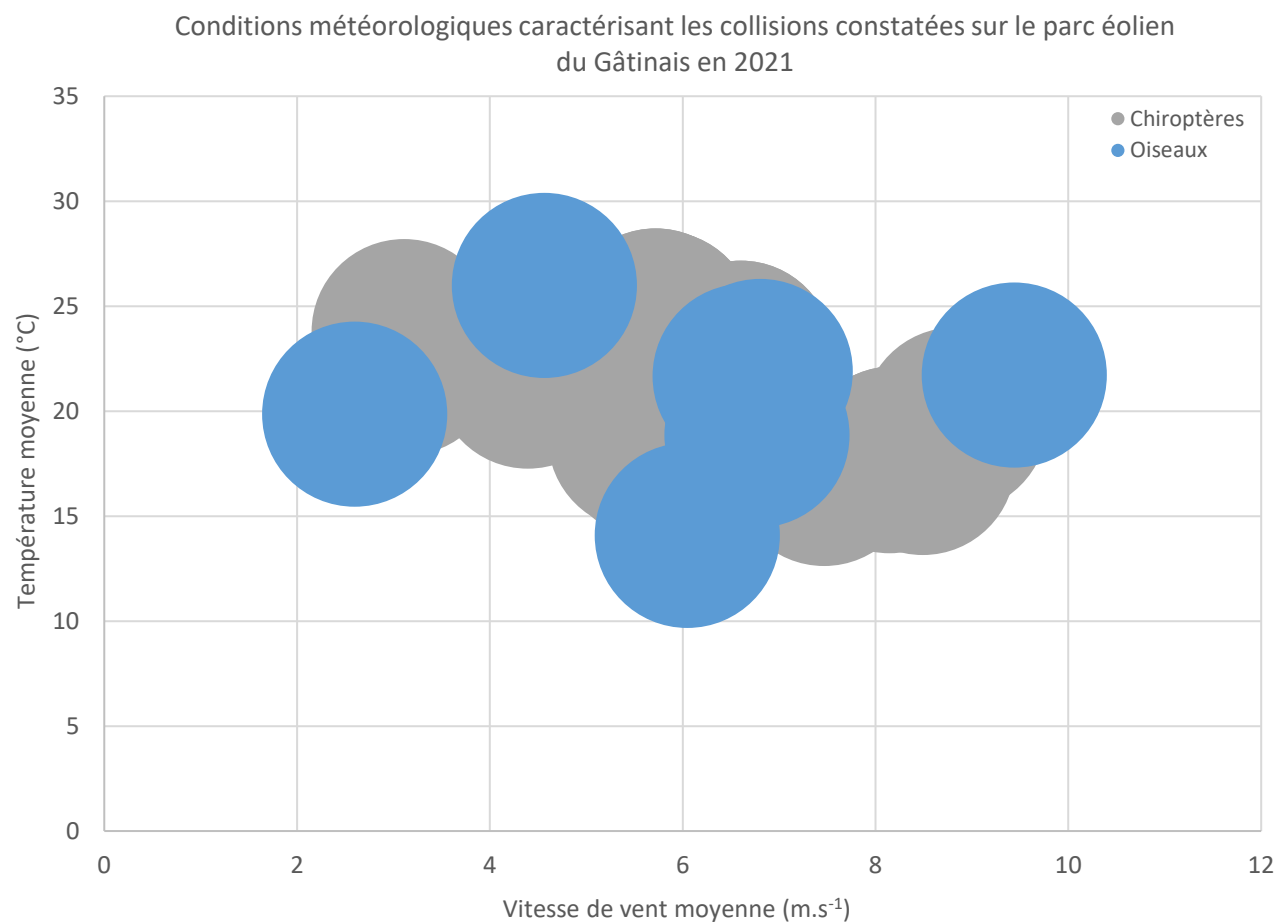


### III.2.3. Analyse météorologique des collisions sur le parc éolien du Gâtinais

Les données météorologiques récoltées en nacelle des éoliennes E4 et E6 du parc éolien du Gâtinais permettent d'analyser les conditions de vent et de température pouvant expliquer les mortalités constatées en 2021 (Graphique 16). Une fois la date de la collision estimée en fonction de l'avancement de la décomposition du cadavre, les moyennes de vitesses de vent et de températures ont été calculées, soit sur la nuit ou la journée si l'estimation se révélait précise, soit sur les trois jours entourant la date estimée, de 19h00 à 07h00 pour les collisions de chiroptères et de 07h00 à 19h00 pour les oiseaux.

En ce qui concerne les chiroptères retrouvés au cours des suivis de mortalité, les nuits entourant les dates estimées de ces collisions sont caractérisées par une vitesse de vent moyenne comprise entre 3,1 m.s<sup>-1</sup> et 8,8 m.s<sup>-1</sup> et une température moyenne comprise entre 17,0°C et 24,3°C.

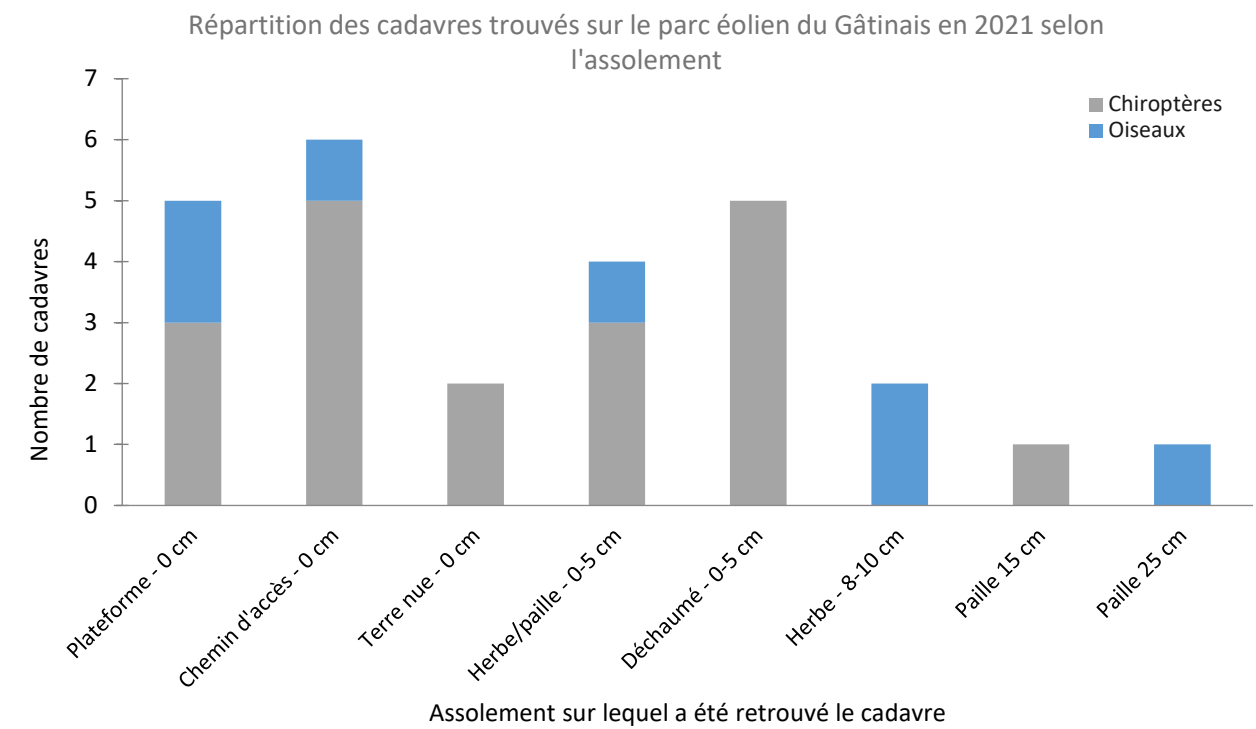
En ce qui concerne les oiseaux retrouvés au cours des suivis de mortalité, les journées entourant les dates estimées de ces collisions sont caractérisées par une vitesse de vent moyenne comprise entre 2,6 m.s<sup>-1</sup> et 9,4 m.s<sup>-1</sup> et une température moyenne comprise entre 14,1°C et 26,0°C.



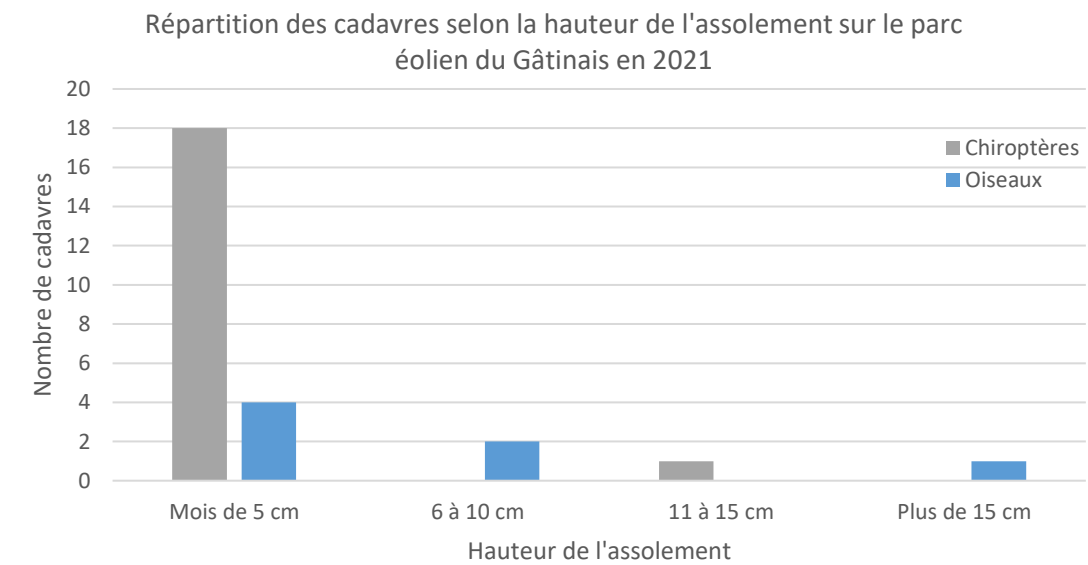
Graphique 16 : Conditions météorologiques caractérisant la mortalité sur le parc du Gâtinais en 2021.

### III.2.4. Analyse des collisions sur le parc du Gâtinais en fonction du milieu

Les collisions de chauves-souris sur le parc éolien du Gâtinais ont été majoritairement constatées sur une culture déchaumée, les chemins d'accès ou sur la plateforme, tandis que deux collisions d'oiseaux ont été constatées sur la plateforme et deux autres sur de l'herbe ou de la paille de 8 à 10 cm de hauteur (Graphique 17). Cela n'illustre en aucun cas une certaine attractivité de ces assolements, mais plutôt une plus grande facilité à trouver un individu sur de telles surfaces (Graphique 18), appuyée par une surface prospectée plus importante (Tableau 30).



Graphique 17 : Répartition des collisions en fonction de l'assolement, sur le parc du Gâtinais en 2021.



Graphique 18 : Répartition des collisions en fonction de la hauteur de l'assolement, sur le parc du Gâtinais en 2021.

### III.3. Occupation du sol et surface prospectée

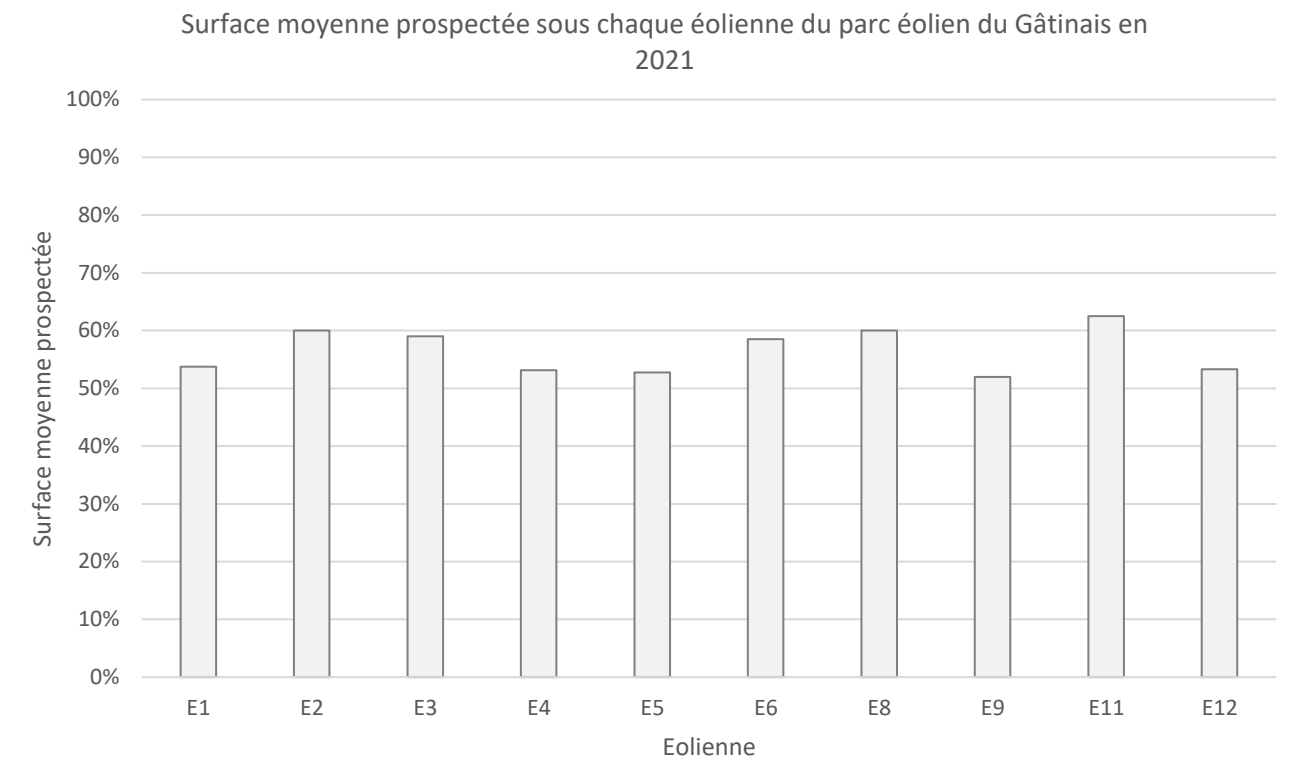
La couverture végétale au moment des passages pour la recherche des cadavres, ainsi que la surface prospectable, ont été relevées à chaque passage. La surface prospectée peut être inférieure à la surface théorique, à cause des obstacles comme des haies, des grillages... ou par un souci de préserver l'intégralité des cultures en place. Dans la mesure du possible, les dates du suivi sont programmées quand la plupart des cultures ont déjà été moissonnées.

Jusqu'à mi-juillet, presque toutes les cultures étaient trop hautes pour être prospectées sans être abîmées donc certaines surfaces n'ont pas pu être prospectées entièrement. La couverture végétale sous les éoliennes du Gâtinais étant très variable, le pourcentage de surface prospectable a été noté à chaque sortie et une moyenne a été calculée sur l'année de recherche pour estimer ce biais (Tableau 30).

L'éolienne E4 n'a pas été prospectée le 12/08/2021 à cause d'une intervention en machine ni l'éolienne E12 le 20/09/2021 car la zone était impraticable. En-dehors de ces deux événements, la surface moyenne prospectée entre mai et octobre 2021 est comprise entre 52,0% (sur l'éolienne E9) et 62,5% (sur l'éolienne E11), soit environ 56,5% sur l'ensemble du parc éolien (Graphique 19).

Date	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E8	E9	E11	E12
20/05/2021	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
27/05/2021	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
03/06/2021	20%	20%	20%	20%	20%	90%	20%	20%	20%	20%
07/06/2021	20%	20%	20%	20%	20%	90%	20%	20%	25%	20%
17/06/2021	20%	20%	20%	20%	20%	90%	20%	20%	20%	20%
23/06/2021	20%	20%	20%	20%	20%	90%	20%	20%	20%	20%
30/06/2021	20%	20%	20%	20%	20%	90%	20%	20%	20%	20%
07/07/2021	20%	20%	20%	20%	20%	90%	20%	20%	20%	20%
14/07/2021	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
20/07/2021	20%	100%	60%	60%	95%	35%	20%	20%	95%	65%
04/08/2021	85%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	100%	90%	100%
12/08/2021	80%	100%	100%	X	100%	35%	100%	100%	90%	100%
19/08/2021	85%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	100%	100%	100%
24/08/2021	85%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	100%	100%	100%
30/08/2021	85%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	100%	100%	100%
06/09/2021	85%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	100%	100%	90%
20/09/2021	85%	100%	100%	100%	100%	35%	100%	100%	100%	X
04/10/2021	85%	100%	100%	100%	30%	90%	100%	100%	100%	75%
14/10/2021	100%	100%	70%	35%	25%	100%	100%	20%	95%	75%
21/10/2021	100%	20%	70%	35%	25%	100%	100%	20%	95%	50%

Tableau 30 : Pourcentage de surface prospectée sur le parc du Gâtinais entre mai et octobre 2021.



Graphique 19 : Surface moyenne prospectée sous chaque éolienne du parc éolien du Gâtinais en 2021.

### III.4. Test de prédation

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

Ainsi, trois cadavres de cailles ont été déposés sous les éoliennes E6, E8, E9, E11 et E12 le 18/08/2021 et une deuxième série de test a été réalisée sous les éoliennes E1, E2, E3, E4 et E5 à partir du 20/10/2021. Leur recherche a été menée le lendemain (J+1), puis à J+2, J+6, J+9 et J+12, donc pendant 2 semaines s'il y avait persistance. La disparition a été considérée complète au moment où l'observateur estimait que les restes ne pouvaient pas permettre de repérer les individus en dehors d'une connaissance précise de leur localisation.

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

- Le temps de séjour moyen d'un cadavre :  $t_m = \frac{\sum_i^n t_i}{n}$   
 $t_m$  = temps de séjour moyen d'un cadavre  
 $t_i$  = temps de persistance d'un cadavre  
 $n$  = nombre de cadavres utilisés
- Le taux de persistance des cadavres :  $S = \frac{n_{nuit}}{n}$   
 $S$  = taux de persistance des cadavres  
 $n_{nuit}$  = nombre de cadavres persistant après un passage  
 $n$  = nombre de cadavres utilisés

Sur le parc éolien du Gâtinais, le temps de séjour moyen d'un cadavre est estimé à 4,3 jours et le taux de persistance au sixième jour est estimé à 23%. Les résultats de ce test montrent que la prédation sur le site d'étude est importante. Etant donné que l'intervalle moyen entre deux prospections est de 8,1 jours, un oiseau ou une chauve-souris, tué durant les premières nuits suivant une recherche, aura une faible probabilité d'être retrouvé lors de la recherche suivante.

### III.5. Test du taux de détection

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

Ainsi, un premier chargé d'études a déposé 5 leurres d'oiseaux et 10 leurres de chauves-souris (Figure 21), soit 15 leurres au total, sous chacune des éoliennes, dans les zones où la prospection était possible, en variant la distance au mât de l'éolienne et la couverture végétale. Un second chargé d'études a ensuite collecté les leurres au cours des passages dédiés aux suivis de mortalité, en suivant le protocole décrit dans le début du paragraphe (Tableau 31).

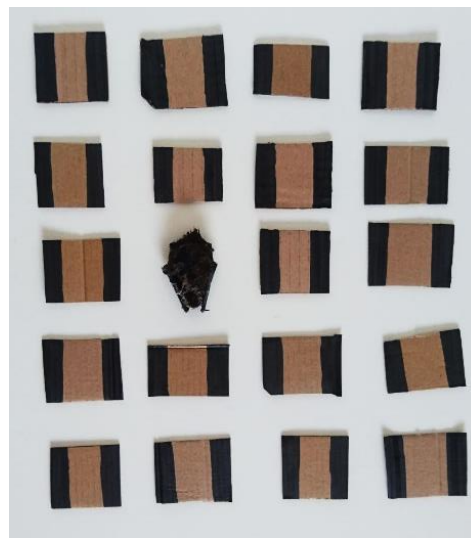


Figure 21 : Cadavre de chauve-souris parmi 19 leurres utilisés pour tester le taux de détection.

Ce test a été réalisé deux fois durant l'année 2021, sur deux jours : d'abord le 18/08/2021 et 19/08/2021 et ensuite le 20/10/2021 et 21/10/2021, afin d'obtenir des résultats précis et correspondant à l'efficacité sur différentes couvertures de sol (terre, semis, terrain après récolte...). Cette approche prend en compte d'éventuelles variations de détection en fonction de la couverture du sol et du contexte sous chacune des éoliennes.

A partir de ces données, le taux de détection a été calculé à chaque passage :  $f_{Ex}^t = \frac{l_{RetEx}^t}{l_{TotEx}^t}$

$f_{Ex}^t$  = taux de détection pour le passage t sous l'éolienne Ex

$l_{RetEx}^t$  = nombre de leurres retrouvés lors du passage t sous l'éolienne Ex

$l_{TotEx}^t$  = nombre total de leurres dispersés sous l'éolienne Ex

Eolienne	Chiroptères			Oiseaux		
	Leurre déposés	Leurres trouvés	Taux de détection moyen	Leurre déposés	Leurres trouvés	Taux de détection moyen
E1	20	13	65%	10	10	100%
E2	10	7	70%	5	5	100%
E3	20	11	55%	10	10	100%
E4	10	9	90%	5	5	100%
E5	-	-	-	-	-	-
E6	10	9	90%	5	5	100%
E8	20	14	70%	10	10	100%
E9	10	8	80%	5	5	100%
E11	20	14	70%	10	9	90%
E12	10	10	100%	5	5	100%
Parc	130	95	73%	65	64	98%

Tableau 31 : Évaluation du taux de détection des cadavres sur le parc éolien du Gâtinais en 2021.

Sur le parc éolien du Gâtinais, le taux de détection sous les éoliennes varie de 55% à 100%, avec une excellente détection de 98% pour les oiseaux et de 73% pour les chiroptères. Le biais d'observateur est donc modéré pour les chiroptères et faible pour les oiseaux.

### III.6. Estimations de la mortalité réelle sur le parc éolien du Gâtinais

Plusieurs formules ont été publiées dans la littérature depuis 1992, permettant d'estimer la mortalité réelle des oiseaux et des chauves-souris sur un parc éolien, à partir de la mortalité brute constatée au pied des éoliennes et en prenant en compte les biais mentionnés dans les paragraphes précédents. Pour chaque formule, les notations suivantes seront utilisées :

N = nombre d'individus potentiellement tués (dépend de l'éolienne considérée)

C = nombre de cadavres trouvés (dépend de l'éolienne considérée)

A = coefficient de correction surfacique (dépend de l'éolienne considérée)

p = proportion de cadavres qui perdurent au-delà de l'intervalle entre deux passages

➤ p = 0,23 sur le parc éolien du Gâtinais

t = temps de séjour moyen des cadavres (jours)

➤ t = 4,30 sur le parc éolien du Gâtinais

d = probabilité de détection des leurres

➤ d = 0,73 pour les chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais

➤ d = 0,98 pour les oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais

b = nombre de recherches effectués sur le terrain

➤ b = 20 sur le parc éolien du Gâtinais

l = intervalle de temps entre chaque recherche (jours)

➤ l = 8,1 sur le parc éolien du Gâtinais

i = intervalle effectif = - log (0,01) x t

➤ i = 8,6 sur le parc éolien du Gâtinais

ê = coefficient correcteur de l'intervalle = Min (l : i) / l

➤ ê = 1,00 sur le parc éolien du Gâtinais

M = nombre de turbines prospectées

➤ M = 10 sur le parc éolien du Gâtinais

La formule d'Erickson *et al.* (2005) utilise le taux de persistance des cadavres comme le nombre moyen de jours de persistance (t) divisé par l'intervalle entre les recherches (I). Cette formule a l'avantage de s'adapter à un changement d'intervalle imprévu. Mathématiquement, si le taux de persistance est supérieur à l'intervalle, alors il est supérieur à 1, ce qui est impossible en pratique. Avec des intervalles courts, cette méthode a tendance à sous-estimer le taux de prédation et donc sous-estimer le nombre de cadavres tués. Sur le parc éolien du Gâtinais, l'intervalle de temps entre les suivis étant en moyenne de 8,1 jours, l'application de cette formule est tout à fait pertinente.

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

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

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

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

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

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

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

### III.6.1. Mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais

Les formules présentées précédemment ont été appliquées sur l'ensemble des données brutes de mortalité des chiroptères afin de calculer leur mortalité réelle estimée sur le parc (Tableau 32).

En utilisant les biais testés sur le parc éolien, la mortalité réelle des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais est estimée entre  $6,8 \pm 0,3$  (Erickson *et al.*, 2005) et  $9,3 \pm 0,4$  (Jones *et al.*, 2009) chiroptères tués par éolienne, sur la période étudiée, de mai à octobre 2021.

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

- 5 à 20 chauves-souris impactées/éolienne/an dans les parcs situés sur le littoral ou sur des crêtes,
- 2 à 5 chauves-souris impactées/éolienne/an dans des paysages bocagers et agricoles,
- 0 à 3 chauves-souris impactées/éolienne/an dans des paysages agricoles homogènes.

Le contexte paysager du parc éolien du Gâtinais est assimilable à la troisième configuration décrite par cet auteur. En 2021, la mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais est donc plus élevée que les taux de mortalité relevés usuellement sur les autres parcs implantés dans des contextes paysagers similaires, quelle que soit la formule utilisée.

Eolienne	Nombre de cadavres	Mortalité estimée des chiroptères selon la formule de :			
		Erickson <i>et al.</i> (2005)	Jones <i>et al.</i> (2009)	Huso (2010)	Bastos <i>et al.</i> (2013)
E1	1	3,6	4,9	4,2	8,0
E2	5	17,9	24,4	21,1	17,7
E3	2	7,2	9,7	8,4	10,8
E4	2	7,2	9,7	8,4	10,8
E5	3	10,7	14,6	12,7	13,3
E6	-	-	-	-	4,6
E8	1	3,6	4,9	4,2	8,0
E9	2	7,2	9,7	8,4	10,8
E11	1	3,6	4,9	4,2	8,0
E12	2	7,2	9,7	8,4	10,8
Parc	19	68,0	92,6	80,2	87,3
Nombre chiroptères/éolienne		6,8	9,3	8,0	8,7
Intervalles de confiance 95%		0,3	0,4	0,3	0,2

Tableau 32 : Mortalité réelle estimée des chiroptères, selon les différentes formules, sur le parc éolien du Gâtinais, entre mai et octobre 2021.

### III.6.2. Mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais

Les formules présentées précédemment ont été appliquées sur l'ensemble des données brutes de mortalité des oiseaux afin de calculer leur mortalité réelle estimée sur le parc (Tableau 33).

Eolienne	Nombre de cadavres	Mortalité estimée des chiroptères selon la formule de :			
		Erickson <i>et al.</i> (2005)	Jones <i>et al.</i> (2009)	Huso (2010)	Bastos <i>et al.</i> (2013)
E1	2	5,6	7,6	6,6	6,6
E2	0	-	-	-	2,4
E3	2	5,4	7,3	6,3	6,3
E4	1	2,7	3,7	3,2	4,6
E5	0	-	-	-	2,4
E6	1	2,7	3,7	3,2	4,6
E8	0	-	-	-	2,4
E9	0	-	-	-	2,4
E11	0	-	-	-	2,4
E12	1	2,7	3,7	3,2	4,6
Parc	7	18,8	25,6	22,2	29,8
Nombre d'oiseaux/éolienne		1,9	2,6	2,2	3,0
Intervalles de confiance 95%		0,1	0,1	0,1	0,1

Tableau 33 : Mortalité réelle estimée des oiseaux, selon les différentes formules, sur le parc éolien du Gâtinais, entre mai et octobre 2021.

En utilisant les biais testés sur le parc éolien, la mortalité réelle des oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais est estimée entre  $1,9 \pm 0,1$  (Erickson *et al.*, 2005) et  $3,0 \pm 0,1$  (Bastos *et al.*, 2013) oiseaux tués par éolienne, sur la période étudiée, de mai à octobre 2021.

Pour les parcs en Zone de Protection Spéciale (ZPS), une mortalité brute de 2,2 oiseaux/éolienne/an, avec une mortalité réelle estimée moyenne de 7 oiseaux/éolienne/an est attendue (Marx, 2017). En 2021, la mortalité réelle estimée des oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais est donc moins élevée que les taux de mortalité retrouvés usuellement sur les parcs implantés en ZPS.

### III.7. Vulnérabilité des espèces retrouvées sur le parc éolien du Gâtinais

#### III.7.1. Calcul de la note de risque

Pour les oiseaux, la note de sensibilité à l'activité éolienne est déterminée en fonction de la mortalité européenne constatée (Dürr, 2021), pondérée par l'abondance relative de l'espèce, c'est-à-dire le nombre de couple nicheurs en Europe (BirdLife International) :

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

Pour les chiroptères, la note de sensibilité à l'activité éolienne est le rapport entre la mortalité européenne constatée de l'espèce sur celle toutes espèces de chiroptères confondues (Dürr, 2021) :

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

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

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

Tableau 34 : Calcul de la note de risque d'une espèce à l'éolien, en fonction de sa sensibilité et de son statut de conservation à l'échelle nationale.

#### III.7.2. Vulnérabilité des oiseaux retrouvés sur le parc du Gâtinais

Le **Héron pourpré** (*Ardea purpurea*) est une espèce protégée qui n'est pas considérée comme menacée à l'échelle mondiale, européenne ou nationale. C'est un grand voilier à la partimonialité élevée, dont aucun cas de mortalité dû aux éoliennes n'avait encore été recensé en Europe (Dürr, 2021) donc la note de risque de cette espèce est faible (1/4,5). Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu adulte a été retrouvé mort le 04/08/2021 sous l'éolienne E4.



Figure 22 : Héron pourpré. CCO domaine public.



Figure 23 : Perdrix rouge. CCO domaine public.

La **Perdrix rouge** (*Alectoris rufa*) n'est pas une espèce protégée, malgré le fait qu'elle soit considérée comme « quasi menacée » à l'échelle mondiale. Au niveau européen ou national, cependant, son statut de conservation est favorable. En Europe, 146 cas de mortalité sont imputables aux éoliennes, dont 12 en France (Dürr, 2021) donc la note de risque de cette espèce est faible (1,5/4,5). Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, les restes d'un individu ont été retrouvés le 27/05/2021 sous E1. La cause de cette mortalité reste indéterminée entre la collision avec une éolienne et la prédation.

Le **Martinet noir** (*Apus apus*) est une espèce protégée qui n'est pas considérée comme menacée à l'échelle mondiale ou européenne, mais qui est considérée comme « quasi menacée » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs en France métropolitaine. En Europe, 412 cas de mortalité sont imputables aux éoliennes, dont 121 en France (Dürr, 2021) donc la note de risque de cette espèce est modérée (2/4,5). Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu adulte a été retrouvé mort le 07/07/2021 sous l'éolienne E12.



Figure 24 : Martinet noir. CCO domaine public.



Figure 25 : Pigeon ramier. CCO domaine public.

Le **Pigeon ramier** (*Columba palumbus*) n'est pas une espèce protégée qui n'est pas considérée comme menacée à l'échelle mondiale, européenne ou nationale. C'est un oiseau peu patrimonial avec 271 cas de mortalité en Europe qui sont imputables aux éoliennes, dont 33 en France (Dürr, 2021), donc la note de risque de cette espèce est faible (1,5/4,5). Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu adulte a été retrouvé mort le 04/08/2021 sous l'éolienne E3.

Le **Pigeon biset** (*Columba livia*) est une espèce protégée qui n'est pas considérée comme menacée à l'échelle mondiale ou européenne. Au niveau national, les données existantes sont insuffisantes pour juger de son état de conservation. C'est un oiseau patrimonial avec 27 cas de mortalité en Europe qui sont imputables aux éoliennes, dont 23 en France pour l'espèce *Columba livia* et 213 cas de mortalité en Europe, dont 37 en France pour l'espèce *Columba livia f. domestica* (Dürr, 2021), donc la note de risque de cette espèce est faible (0,5/4,5). Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu a été retrouvé le 30/08/2021 sous l'éolienne E3.



Figure 26 : Pigeon biset. © Sens Of Life.



Figure 27 : Bruant proyer.  
© Sens Of Life.

Le **Bruant proyer** (*Emberiza calandra*) est une espèce protégée qui n'est pas considérée comme menacée à l'échelle mondiale, européenne ou nationale. En Europe, 322 cas de mortalité sont imputables aux éoliennes, dont 11 en France (Dürr, 2021) donc la note de risque de cette espèce est faible (1,5/4,5). Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu a été retrouvé mort le 06/09/2021 sous l'éolienne E1.

Nous rappelons qu'un septième et dernier oiseau a été retrouvé mort sur le parc éolien du Gâtinais, en date du 20/05/2021, mais dont l'espèce n'a pu être déterminée avec précision.

### III.7.3. Vulnérabilité des chiroptères retrouvés sur le parc du Gâtinais

La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) est une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II de la convention de Bonn et de la convention de Berne, annexe I de la directive EUROBATS). Cette espèce est classée comme « Quasi-menacée » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine. L'espèce étant liée à des zones fortement anthropisées, les éoliennes à proximité des habitations ont une forte incidence sur l'espèce, avec une mortalité élevée par collision avec les pales des éoliennes ou par barotraumatisme, et les éoliennes situées à proximité de lisières dont le champ de rotation des pales est proche des supports d'écholocation de l'espèce (lisière, canopée etc.) semblent être les plus à risque. Concernant la mortalité, 2 435 cas ont été attribués de manière certaine à la Pipistrelle commune en Europe, dont 1 012 en France. C'est l'espèce dont les cas de mortalités relevés par Dürr (2021) sont les plus nombreux en Europe. La note de risque pour cette espèce est élevée (3,5/4,5). Lors des suivis de mortalité sur le parc éolien du Gâtinais, douze individus ont été retrouvés morts, soit 63% des chiroptères retrouvés, ce qui est légèrement supérieur à la proportion estimée de cette espèce dans le cortège d'espèces de chiroptères (pour rappel, de 56,2%, cf. Tableau 5).



Figure 28 : Pipistrelle commune.  
CCO domaine public.



Figure 29 : Pipistrelle de Nathusius. CCO domaine public.

La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) est également une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II de la convention de Bonn et de la convention de Berne, annexe I de la directive EUROBATS). Cette espèce est classée « quasi menacée » sur la liste rouge des mammifères continentaux de France métropolitaine (2017). Elle est la deuxième plus impactée en Europe avec 1 623 cas de mortalité, dont 276 en France (Dürr, 2021) et les éoliennes situées le long des grands axes migratoires semblent être les plus à risque. La note de risque de cette espèce est élevée (3,5/4,5). Lors des suivis de mortalité sur le parc éolien du Gâtinais, deux individus ont été retrouvés, le premier le 18/08/2021 sous l'éolienne E9 et le deuxième le

24/08/2021 sous l'éolienne E5, soit tous deux en période de transition entre la parturition et la migration automnale.

La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) est également une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II de la convention de Bonn et de la convention de Berne, annexe I de la directive EUROBATS) mais n'est considérée comme menacée au niveau national. En Europe, 469 cas de mortalité sont imputables aux éoliennes, dont 219 en France (Dürr, 2021) donc la note de risque de cette espèce est modérée (2,5/4,5). Lors des suivis de mortalité sur le parc éolien du Gâtinais, deux individus ont été retrouvés, le premier le 13/08/2021 sous l'éolienne E2 et le deuxième le 06/09/2021 sous l'éolienne E9, soit tous deux en période de transition entre la parturition et la migration automnale.



Figure 30 : Pipistrelle de Kuhl,  
CCO domaine public.



Figure 31 : Noctule commune.  
CCO domaine public.

La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) est également une espèce d'intérêt communautaire (annexe IV de la Directive Habitats, annexes II de la convention de Bonn et de la convention de Berne, annexe I de la directive EUROBATS) et possède le statut de conservation le plus préoccupant, puisqu'elle est classée comme « Vulnérable » sur la Liste rouge UICN France métropolitaine. En Europe, 1 565 cas de mortalité sont imputables aux éoliennes, dont 104 en France (Dürr, 2021) donc la note de risque de cette espèce est très élevée (4/4,5) et la plus forte parmi toutes les espèces de chiroptères. Lors des suivis de mortalité sur le parc éolien du Gâtinais, un seul individu a été retrouvé mort le 24/08/2021 sous l'éolienne E12, soit en période de transition entre la parturition et la migration automnale.

Nous rappelons que deux autres chiroptères ont été retrouvés morts sur le parc éolien du Gâtinais, mais dont l'espèce n'a pu être déterminée avec précision : le premier le 07/06/2021, sous l'éolienne E5, soit en période de parturition, le deuxième le 06/09/2021 sous l'éolienne E2, soit en période de transition automnale.

### ⇒ Synthèse du suivi de mortalité du parc éolien du Gâtinais

Au total, 26 collisions ont été constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021.

Parmi eux, on dénombre sept oiseaux de six espèces différentes et une espèce indéterminée : un **Martinet noir** (*Apus apus*) dont la note de risque est de 2/4,5, une **Perdrix rouge** (*Alectoris rufa*), un **Pigeon ramier** (*Columba palumbus*) et un **Bruant proyer** (*Emberiza calandra*), dont les notes de risque sont de 1,5/4,5, un **Héron pourpré** (*Ardea purpurea*) dont la note de risque est de 1/4,5 et un **Pigeon biset** (*Columba livia*) dont la note de risque est de 0,5/4,5. Une fois cette mortalité brute corrigée avec les biais de prédation et d'observateur, ainsi qu'avec la surface réellement prospectée, la mortalité réelle estimée des oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais varie **entre 1,9 ± 0,1** (Erickson *et al.*, 2005) **et 3,0 ± 0,1** (Bastos *et al.*, 2013) **oiseaux tués par éolienne**, sur la période étudiée, de mai à octobre 2021.

En 2021, la mortalité réelle estimée des oiseaux sur le parc éolien du Gâtinais est donc **moins élevée** que les taux de mortalité retrouvés usuellement sur les parcs implantés en Zone de Protection Spéciale (Marx, 2017).

On trouve également 19 chiroptères parmi les cadavres retrouvés au sol : une **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*), dont la note de risque est de 4/4,5, 12 **Pipistrelles communes** (*Pipistrellus pipistrellus*) et deux **Pipistrelles de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*), dont les notes de risque sont de 3,5/4,5, deux **Pipistrelles de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*), dont la note de risque est de 2,5/4,5. Deux chiroptères restent indéterminés. Une fois la mortalité brute corrigée avec les biais de prédation et d'observateur, ainsi qu'avec la surface réellement prospectée, la mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais varie **entre 6,8 ± 0,3** (Erickson *et al.*, 2005) **et 9,3 ± 0,4** (Jones *et al.*, 2009) **chiroptères tués par éolienne**, sur la période étudiée, de mai à octobre 2021.

En 2021, la mortalité réelle estimée des chiroptères sur le parc éolien du Gâtinais est donc **plus élevée** que les taux de mortalité relevés usuellement sur les autres parcs implantés dans des contextes paysagers similaires (Rydell *et al.*, 2010).

## IV. Suivi des habitats naturels

### IV.1. Méthodologie des prospections

L'objectif principal de cette étude est de rendre compte des évolutions des habitats naturels dans le temps afin de comprendre le fonctionnement écologique du site et d'en tirer des enseignements concernant le suivi des populations d'oiseaux, de chauves-souris et des espèces protégées fréquentant le parc éolien.

L'inventaire de terrain permet de préciser les caractéristiques de chaque habitat (caractéristiques écologiques, cortège floristique, état de conservation, lien avec les autres habitats recensés, nombre de stations par espèces, etc.). La zone est parcourue en voiture et à pied pour accéder à toutes les unités paysagères afin d'y relever l'occupation du sol et les caractéristiques des habitats (sol, structure végétale, dynamique). La méthode de l'aire minimale est une technique qui consiste à inventorier une surface dont la grandeur est fonction du type d'habitat, permettant ainsi de connaître rapidement la composition floristique d'un milieu.

Type d'habitat	Surface ou linéaire d'inventaire
Communautés de bryophytes, de lichens, de lentilles d'eau	< 1 m <sup>2</sup>
Végétations fontinales, peuplements de petits joncs, zones piétinées, rochers et murs	< 5 m <sup>2</sup>
Tourbières, marais à petits Carex, pâturages intensifs, pelouses pionnières, combes à neige	< 10 m <sup>2</sup>
Prairies de fauche, pelouses maigres ou de montagne, landines à buissons nains, végétations aquatiques, roselières, mégaphorbaies	10 à 25 m <sup>2</sup>
Communautés de mauvaises herbes, végétations rudérales, végétations des éboulis, des coupes forestières, des bosquets	25 à 100 m <sup>2</sup>
Strate herbacée des forêts	100 à 200 m <sup>2</sup>
Strates ligneuses des forêts	100 à 1000 m <sup>2</sup>
Ourllets et lisières herbacées	10 à 20 m
Végétations herbacées ripariales	10 à 50 m
Haies	30 à 50 m
Végétations des eaux courantes	30 à 100 m

Tableau 35 : Méthode de l'aire minimale - Surface d'inventaire en fonction du type d'habitat (TelaBotanica)

Lorsqu'une espèce patrimoniale ou protégée est identifiée, le nombre de stations ou de plants est localisé précisément. L'emploi d'un GPS portatif permet de reporter de manière fiable l'information sur les cartes et de repérer les contours des habitats jugés sensibles.

### IV.2. Résultats du suivi des habitats naturels sur le parc éolien du Gâtinais

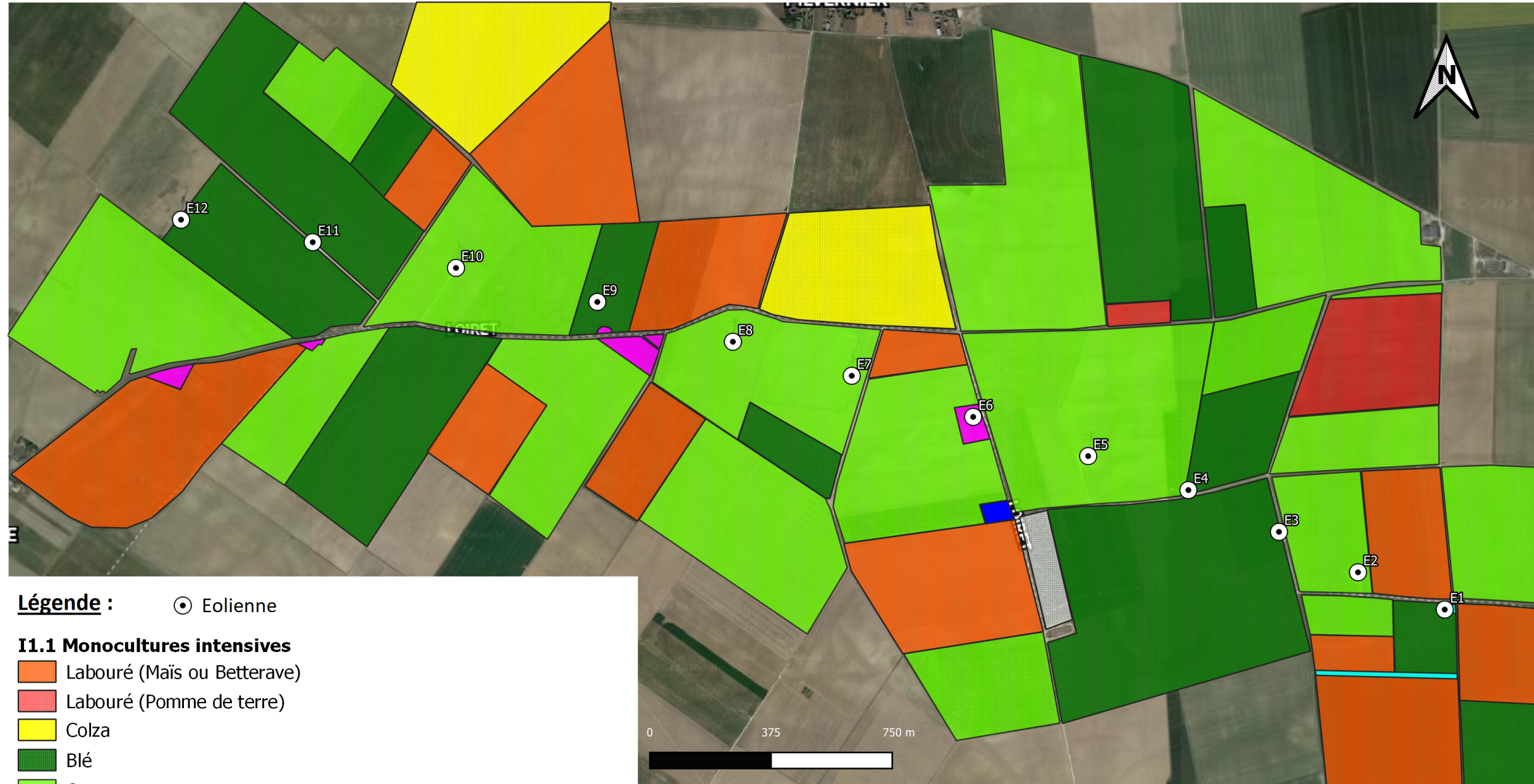
Trois prospections ont été réalisées le 15/04/2021 (Carte 5), le 20/05/2021 et le 17/06/2021 (une unique Carte 6, car les milieux étaient identiques entre ces deux prospections).

Aucune espèce patrimoniale ou protégée n'a été identifiée dans un rayon de 300 mètres des éoliennes.





## Cartographie des habitats naturels du 15/04/2021 Parc éolien du Gâtinais Loiret (45) et Seine-et-Marne (77)



**Légende :**      ○ Eolienne

**I1.1 Monocultures intensives**

- Labouré (Maïs ou Betterave)
- Labouré (Pomme de terre)
- Colza
- Blé
- Orge

**I1.5 Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées**

- Friche

**G5.5 Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères**

- Petit bois planté

**FA.4 Haies d'espèces indigènes pauvres en espèces**

- Haie plantée

**FB.3 Plantations d'arbustes à des fins ornementales ou pour les fruits, autres que les vignobles**

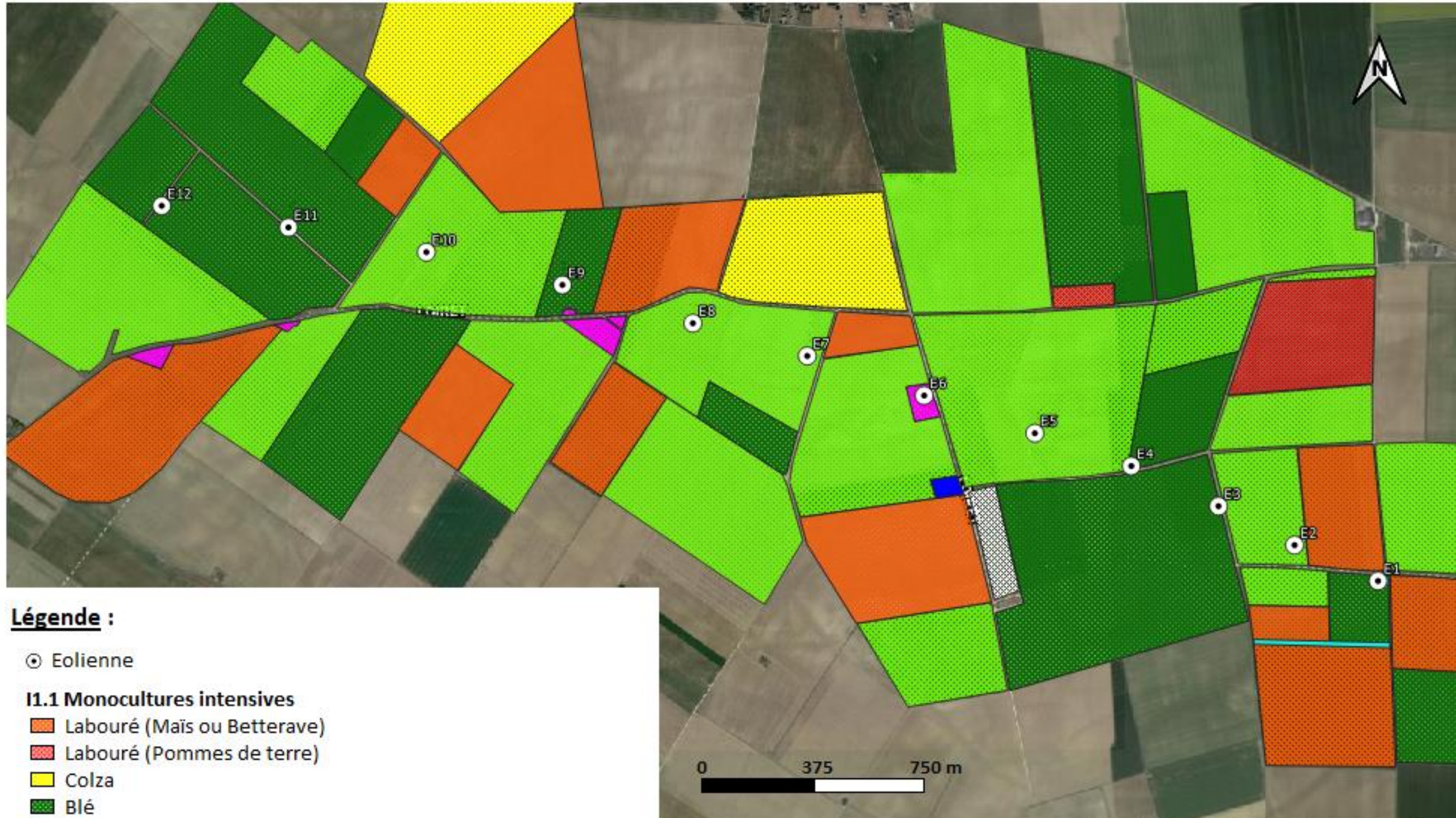
- Rangés de haies plantées

Sens Of Life 2021. Fond de carte : Google Earth

Carte 5 : Cartographie des habitats naturels dans un rayon de 300 mètres autour des éoliennes du parc éolien du Gâtinais, lors de la prospection du 15/04/2021.



## Cartographie des habitats naturels du 20/05/2021 et du 17/06/2021 Parc éolien du Gâtinais Loiret (45) et Seine-et-Marne (77)



**Légende :**

⊙ Eolienne

**I1.1 Monocultures intensives**

■ Labouré (Maïs ou Betterave)

■ Labouré (Pommes de terre)

■ Colza

■ Blé

■ Orge

**I1.5 Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées**

■ Friche

**G5.5 Petits bois anthropiques mixtes de feuillus et conifères**

□ Petit bois planté

**FA.4 Haies d'espèces indigènes pauvres en espèces**

■ Haie plantée

**FB.3 Plantations d'arbustes à des fins ornementales ou pour les fruits, autres que les vignobles**

■ Rangée de haies plantées

Sens Of Life 2021. Fond de carte : Google Earth

Carte 6 : Cartographie des habitats naturels dans un rayon de 300 mètres autour des éoliennes du parc éolien du Gâtinais, lors des deux prospections du 20/05/2021 et du 17/06/2021.

## V. Discussion

### V.1. Comparaison des impacts avifaunistiques avec l'étude d'impact initiale et les précédents suivis environnementaux

Pour rappel, sept oiseaux ont été retrouvés morts sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, dont une espèce indéterminée.

Le **Héron pourpré** (*Ardea purpurea*) n'a pas été observé lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006 ni lors des suivis environnementaux réalisés entre 2016 et 2018. Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu adulte a été retrouvé mort le 04/08/2021 sous l'éolienne E4. L'impact du parc éolien est donc considéré comme faible sur cette espèce.

La **Perdrix rouge** (*Alectoris rufa*) n'a pas été observé lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006 ni lors des suivis environnementaux réalisés entre 2016 et 2018. Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, les restes d'un individu ont été retrouvés le 27/05/2021 sous E1. La cause de cette mortalité reste indéterminée entre la collision avec une éolienne et la prédation. L'impact du parc éolien est donc considéré comme faible sur cette espèce.

Le **Bruant proyer** (*Emberiza calandra*) était considéré comme nicheur sur le site même lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006. Aucun cadavre de Bruant proyer n'avait été découvert lors du suivi environnemental en 2016, mais le bureau d'études Ecosphère conclue à une « perturbation envisageable avec une possible diminution du nombre de couples nicheurs : nombreux couples sur le parc, y compris au pied des éoliennes, effet du parc difficile à évaluer mais non constatée de manière évidente ». Un cadavre avait été retrouvé en 2018 par le bureau d'études Calidris sous l'éolienne E9. Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un autre individu a été retrouvé mort le 06/09/2021 sous l'éolienne E1. L'impact du parc éolien est donc considéré comme modéré sur cette espèce.

Le **Martinet noir** (*Apus apus*) n'a pas été observé lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006 mais trois cadavres ont été retrouvés par Ecosphère entre fin juin et début août 2016, dont un sous E11. Aucun cadavre de Martinet noir n'a été découvert en 2017 et 2018. Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu adulte a été retrouvé mort le 07/07/2021 sous l'éolienne E12. L'impact du parc éolien est donc considéré comme faible sur cette espèce.

Le **Pigeon ramier** (*Columba palumbus*) a été listé parmi les espèces nicheuses dans un rayon de 500 mètres autour des éoliennes du parc lors du suivi avifaunistique réalisé en 2016. En 2018, un cadavre a été retrouvé sous l'éolienne E2. Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu adulte a été retrouvé mort le 04/08/2021 sous l'éolienne E3. L'impact du parc éolien est donc considéré comme faible sur cette espèce.

Le **Pigeon biset** (*Columba livia*) n'a pas été observé lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006 ni lors des suivis environnementaux réalisés entre 2016 et 2018. Lors des suivis de mortalité réalisés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, un individu a été retrouvé le 30/08/2021 sous l'éolienne E3. L'impact du parc éolien est donc considéré comme faible sur cette espèce.

### V.2. Sensibilité des oiseaux à l'éolien

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

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

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

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

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

#### v.2.1. Collision

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

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

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

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

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

Tableau 36 : Comparaison indicative des différentes causes de mortalité anthropique de l'avifaune en France (en haut, LPO, AMBE - 2010) et aux Etats-Unis (en bas, Erickson *et al.*, 2005)

Le nombre de cadavres dans le monde est inconnu (Pagel *et al.*, 2013), mais ceux comptabilisés jusqu'à présent en Europe s'élèvent à 15 017 oiseaux de plus de 250 espèces différentes, dont 5 545 cas de mortalité en Espagne, 4 196 cas en Allemagne, 1 791 cas en Belgique et 1 391 cas en France (Dürr, 2021).

Les espèces les plus touchées en Europe (Dürr, 2020) sont :

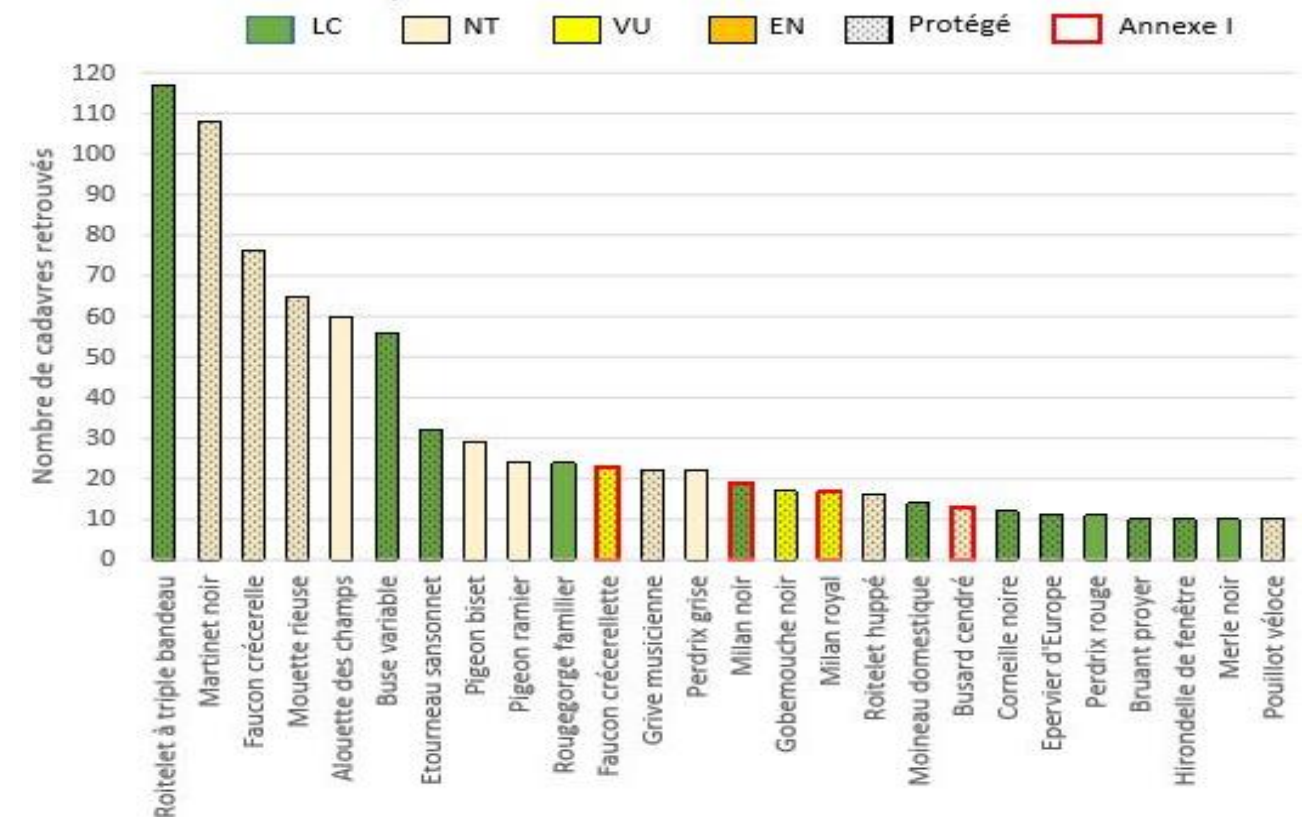
- Le Vautour fauve (quasi exclusivement en Espagne),
- Le Goéland argenté puis la Mouette rieuse (en Belgique essentiellement),
- La Buse variable (en Allemagne principalement),
- La Mouette rieuse (en Belgique principalement),
- Le Milan royal (en Allemagne principalement),
- Le Faucon crécerelle (en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

Même si le nombre de cadavres augmente à chaque actualisation de la synthèse des données de mortalité en Europe réalisée par Tobias Dürr, l'ordre du classement reste sensiblement le même depuis 2015, confirmant la sensibilité de ces espèces à l'impact éolien.

En France, les oiseaux les plus impactés par les éoliennes sont les Passériformes, avec 49,3% des cadavres totaux (Marx, 2017). Les espèces les plus sensibles sont les suivantes (Dürr, 2020 ; Marx, 2017) :

- Le Roitelet triple-bandeau (en migration postnuptiale essentiellement),
- Le Martinet noir (envol des jeunes et migration),
- Le Faucon crécerelle (espèce la plus touchée au niveau de la population nationale),
- L'Alouette des champs,
- La Buse variable (en migration postnuptiale essentiellement),
- La Mouette rieuse,
- L'Étourneau sansonnet...

### Principales espèces retrouvées sous les éoliennes, statuts de protection et de conservation



Graphique 20 : Principales espèces retrouvées sous les éoliennes en France (Marx, 2016)

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

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



Figure 32 : Roitelet à triple bandeau (Sens Of Life, 2020).

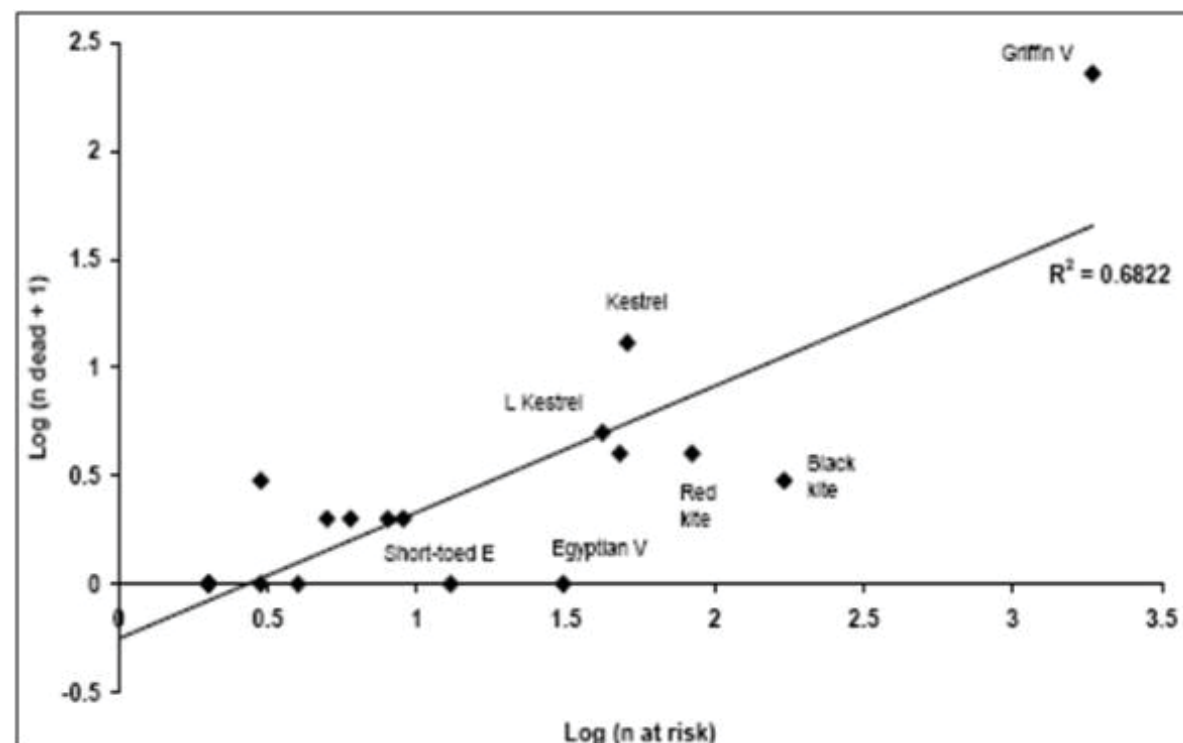
Les rapaces et les migrateurs nocturnes sont généralement considérés comme les plus exposés au risque de collision avec les éoliennes (Curry & Kerlinger, 1998 ; Hill *et al.*, 2014). Les collisions peuvent être plus fréquentes la nuit, les migrateurs étant attirés par les lumières des éoliennes, ou par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

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

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

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

Une étude de corrélation (Whitfield & Madders, 2006), entre les comportements de vols à risques et la mortalité observée sur 13 parcs éoliens du nord de l'Espagne pendant 3 ans (Lekuona & Ursua, 2006) permet une appréciation comparative des sensibilités au risque de collision pour les rapaces diurnes. Le graphique suivant apporte une vision synthétique des résultats, que les suivis de mortalité ne confortent pas toujours.



Graphique 21 : Corrélation entre le nombre de rapaces avec un comportement à risque et la mortalité, pendant 3 ans sur 13 parcs éoliens au nord de l'Espagne (Lekuona & Ursua, 2006).

Pour pallier le risque de collision des oiseaux sur les pales d'éoliennes, une étude menée par des chercheurs du Norwegian Institute for Nature research (NINA) a été menée entre 2006 et 2016, sur un parc éolien de l'archipel de Smøla en Norvège. Sur les 68 turbines en place sur le site, 4 ont vu une de leur pale peinte en noir, et les résultats des 9500 suivis réalisés durant les 10 années ont montré que ces quatre éoliennes affichaient un taux de mortalité réduit de 70% par rapport aux autres éoliennes du parc. En effet, une pale peinte en noir permettrait à l'éolienne d'être beaucoup plus visible et plus facilement détectable par un oiseau en vol. On notera qu'il s'agit d'extrapolations à partir de peu d'oiseaux retrouvés morts et peu d'éoliennes expérimentales, et que cette étude concerne principalement les rapaces et notamment le Pygargue à queue blanche. Cette solution semble prometteuse et devrait être développée sur d'autres parcs afin d'évaluer son efficacité avec plus de précisions (May *et al.*, 2020).



Figure 33 : éolienne avec une pale peinte en noire.

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

#### V.2.2. Perte d'habitat

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

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

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

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

L'incidence critique de nombreuses activités humaines (dont un projet éolien fait partie) sur les oiseaux en période de nidification ou de migration est le risque de modifications comportementales à un moment particulièrement vulnérable du cycle biologique des oiseaux (vulnérabilité des couvées et des jeunes, forte activité des parents qui peut se traduire par l'abandon de la phase de nidification, voire de l'habitat, abandon des zones de halte migratoire) (Schuster *et al.*, 2015 ; Smith & Dwyer, 2016).

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

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

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

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



Figure 34 : Aigle royal (CCO domaine public).

Le suivi par GPS d'un couple d'aigle royal a permis d'étudier leur comportement suite à l'implantation de plusieurs parcs éoliens sur leur domaine et a permis de conclure que : bien qu'il soit difficile de généraliser à partir du suivi d'un seul couple, cet exemple montre que l'installation de trois parcs éoliens sur un territoire d'aigle a un impact significatif sur l'organisation de ses déplacements et sur le choix de ses zones de chasses. Globalement, la construction de parcs éoliens génère une perte d'habitats pour les aigles et perturbe leurs déplacements d'une zone à l'autre (Itty & Duriez, 2017). Il serait intéressant d'étudier si la mise en place de mesures de compensation comme les placettes d'alimentation ou les garennes à lapin à l'extérieur des zones d'implantation des parcs n'ont pas également eu un impact sur la modification de l'aire vitale de l'Aigle royal. Une étude similaire avait été menée par la LPO Aude de 1998 à

2007 et avait également aboutie aux mêmes conclusions de pertes d'habitat pour l'Aigle royal, dans une autre région de France (Riols-Loyrette, 2015). Cette perte d'habitat fonctionnel a également été constatée pour des Milans noirs suite à l'implantation d'éoliennes au Portugal (Marques *et al.*, 2020)

L'éloignement des zones de reproduction est donc recommandé pour les espèces les plus sensibles et qui revêtent un caractère patrimonial marqué. L'intérêt de cette mesure consiste à éviter de créer des situations à risque au sein des zones les plus fréquentées entre zones de reproduction et zones d'alimentation à une

période cruciale du cycle biologique des oiseaux, mais aussi parfois pour des raisons de risques directs de dérangement au nid (en période de travaux et en phase d'exploitation).

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

### V.2.3. Effet barrière

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

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

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

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

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

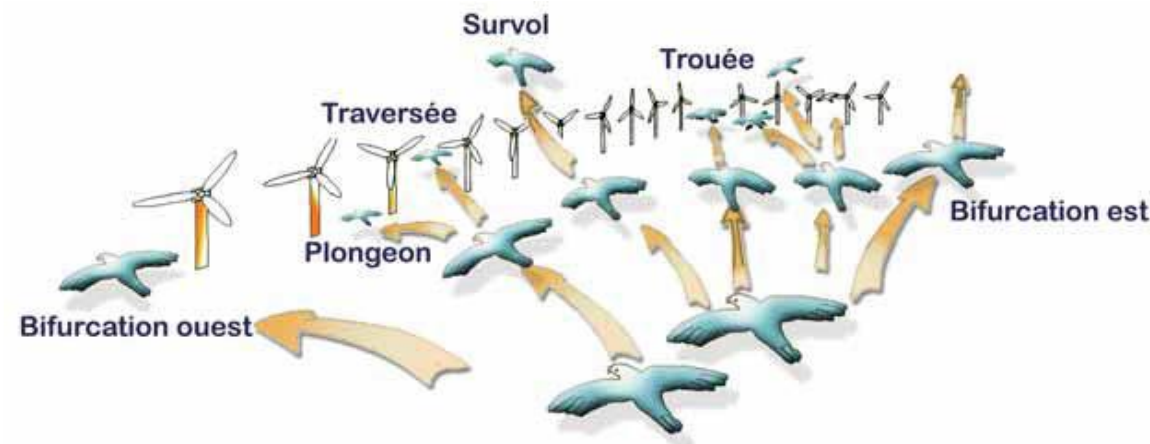


Figure 35 : Stratégie de franchissement d'un parc éolien sur le littoral audois (source : LPO Aude, 2001)

### V.3. Comparaison des impacts chiroptérologiques avec l'étude d'impact initiale et les précédents suivis environnementaux

Pour rappel, 19 chiroptères ont été retrouvés morts sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, dont deux pour lesquels l'espèce n'a pu être déterminée avec précision.

La **Pipistrelle commune** (*Pipistrellus pipistrellus*) a été recensée sur le site lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006 et conclue que « peu de conflits sont à attendre pour cette espèce avec les éoliennes. Un risque de collision subsiste toutefois ». En effet, ce risque de collision a été confirmé en 2016, avec 12 cadavres découverts (sous les éoliennes E3, E5 et E6) parmi les 9 804 contacts enregistrés en six sorties (96,3% en période de parturition) et 1 475 contacts supplémentaires indifférenciés entre la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius. L'étude a conclu à un risque modéré sur cette espèce. En 2017, 3 409 contacts enregistrés en trois sorties (59,8% en période de parturition) mais aucun suivi de mortalité n'a été réalisé. Le risque de collision sur cette espèce a été de nouveau confirmé en 2018, avec 4 cadavres découverts (sous les éoliennes E2 et E4). Au sol, 20 603 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E5 (65,2% du cortège) et 26 835 contacts sur E10 (74,4% du cortège). En nacelle, 749 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E4 (23,6% du cortège) et 784 contacts sur E12 (24,4% du cortège). L'étude indique également que « les cris sociaux enregistrés durant la période estivale d'élevage des jeunes [...] indiqueraient la présence possible de colonies de reproduction à proximité du parc éolien. Cependant, les prospections de 2018, consacrées à la recherche de gîtes à chiroptères, n'ont pas permis la localisation de ces colonies ». Lors des suivis de mortalité réalisés en 2021 sur le parc éolien du Gâtinais, douze individus ont été retrouvés morts, soit 63% des chiroptères retrouvés, ce qui est légèrement supérieur à la proportion estimée de cette espèce dans le cortège d'espèces de chiroptères (pour rappel, de 56,2%, cf. Tableau 5).

La **Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) n'a pas été recensée sur le site lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006. En 2016, lors des six sorties, 944 contacts ont été attribués de manière certaine à cette espèce et 1 543 contacts n'ont pas été déterminés entre la Pipistrelle commune ou la Pipistrelle de Kuhl, mais aucun cadavre de cette espèce n'a été découvert. En 2017, 4 contacts ont été attribués de manière certaine à cette espèce et 18 contacts n'ont pas été déterminés entre la Pipistrelle commune ou la Pipistrelle de Nathusius. En 2018, au sol, 117 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E5 (0,4% du cortège) et 109 contacts sur E10 (0,3% du cortège), mais aucun cadavre de cette espèce n'a été découvert. En nacelle, aucun contact de cette espèce n'a été enregistré. Lors des suivis de mortalité sur le parc éolien du Gâtinais réalisés en 2021, deux individus ont été retrouvés, le premier le 18/08/2021 sous l'éolienne E9 et le deuxième le 24/08/2021 sous l'éolienne E5, soit tous deux en période de transition entre la parturition et la migration automnale.

La **Pipistrelle de Kuhl** (*Pipistrellus kuhlii*) a été contactée lors de l'étude d'impact de 2006 dans le village de Mondreville, « où elle se reproduit probablement. Aucun corridor de déplacement des chiroptères ne semble exister sur le site ». Bien qu'elle soit rare dans la région, l'étude conclue, comme pour la Pipistrelle commune, que « peu de conflits sont à attendre pour cette espèce avec les éoliennes. Un risque de collision subsiste toutefois ». En 2016, lors des six sorties, 153 contacts ont été attribués de manière certaine à cette espèce et 944 contacts n'ont pas été déterminés avec la Pipistrelle de Nathusius, mais aucun cadavre de cette espèce n'a été découvert. En 2017, 226 contacts ont été attribués de manière certaine à cette espèce et 15 contacts n'ont pas été déterminés entre la Pipistrelle commune ou la Pipistrelle de Nathusius. En 2018, au sol, 6 586 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E5 (20,8% du cortège) et 3 808 contacts sur E10 (10,6% du cortège), mais aucun cadavre de cette espèce n'a été découvert. En nacelle, 132 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E4 (4,2% du cortège) et 120 contacts sur E12 (3,7% du cortège). L'étude indique également que « les cris sociaux enregistrés durant la période estivale d'élevage des jeunes [...] indiqueraient la présence possible de colonies de reproduction à proximité du parc éolien. Cependant, les prospections de 2018, consacrées à la recherche de gîtes à chiroptères, n'ont pas permis la localisation de ces colonies ». Lors des suivis de mortalité réalisés en 2021 sur le parc éolien du Gâtinais, deux individus ont été retrouvés, le premier le 13/08/2021 sous l'éolienne E2 et le deuxième le 06/09/2021 sous l'éolienne E9, soit tous deux en période de transition entre la parturition et la migration automnale.

La **Noctule commune** (*Nyctalus noctula*) a été contactée sur le site lors de l'étude d'impact réalisée par Ecosphère en 2006, avec « une présence au moins ponctuelle de la Noctule commune, très rare en région Centre et assez rare en Île-de-France ». En 2016, seulement 51 contacts ont été enregistrés en période de migration mais deux cadavres ont été découverts, l'un sous l'éolienne E6 et l'autre sous l'éolienne E11 (migrateurs probables) donc l'étude conclue à un risque réel d'impact est assez fort. En 2017, seulement 3 contacts ont été enregistrés, 2 en période de parturition et 1 en période de migration automnale. En 2018, au sol, 1 132 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E5 (3,6% du cortège) et 1 523 contacts sur E10 (4,2% du cortège), dont une bonne activité en juillet et août. En nacelle, 765 contacts de cette espèce ont été enregistrés sur E4 (24,1% du cortège) et 773 contacts sur E12 (24,0% du cortège). L'étude met en lumière « un pic d'activité en septembre au niveau de la nacelle d'E12 qui peut être assimilé à un passage d'individus en transit migratoire ». Justement, lors des suivis de mortalité réalisés en 2021 sur le parc éolien du Gâtinais, un seul individu a été retrouvé mort le 24/08/2021 sous l'éolienne E12, soit en période de transition entre la parturition et la migration automnale.

### V.4. Comparaison mortalité et activité chiroptérologique

Pour la **Pipistrelle commune**, douze individus ont été retrouvés au sol en 2021, dont dix d'entre eux sous des éoliennes ne possédant pas de TrackBat en nacelle permettant de relier la mortalité avec des contacts acoustiques : le 06/09/2021 sous E1, le 13/08, le 19/08 et le 06/09/2021 sous E2, le 30/08/2021 et le 06/09/2021 sous E3, le 30/08/2021 sous E5, le 12/08/2021 sous E8, le 12/08/2021 sous E11 et le 18/08/2021 sous E12. Sous l'éolienne E4, cependant, deux cadavres ont été découverts et le TrackBat placé en nacelle permet de contextualiser ces mortalités :

- Pour le cadavre découvert le 24/08/2021, l'état de décomposition était assez avancé donc la date de collision a été estimée autour au 21/08 et trois contacts acoustiques pourraient correspondre : un contact le 21/08/2021 à 03h20 pour une vitesse de vent de 3,1 m.s<sup>-1</sup> et une température de 18°C, un contact le 21/08/2021 à 05h00 pour une vitesse de vent de 3,9 m.s<sup>-1</sup> et une température de 18°C, un contact le 21/08/2021 à 22h30 pour une vitesse de vent de 4,8 m.s<sup>-1</sup> et une température de 19°C.
- Pour le cadavre découvert le 30/08/2021, il était complètement sec donc la collision pourrait remonter à une semaine et correspondre au dernier contact enregistré le 22/08/2021 à 06h20 pour une vitesse de vent de 3,9 m.s<sup>-1</sup> et une température de 19°C. Aucun autre contact acoustique n'a été enregistré jusqu'à la date de la découverte.

Ces douze impacts représentent 1,7% de l'activité chiroptérologique corrigée mesurée pour cette espèce sur le parc éolien, l'impact est donc considéré comme fort.

Pour la **Pipistrelle de Nathusius**, deux cadavres ont été découverts en 2021, mais sous des éoliennes ne possédant pas de TrackBat en nacelle permettant de relier la mortalité avec des contacts acoustiques : le 24/08/2021 sous E5 et le 18/08/2021 sous E9. Ces deux impacts représentent 0,7% de l'activité chiroptérologique corrigée mesurée pour cette espèce sur le parc éolien, l'impact est donc considéré comme modéré.

Pour la **Pipistrelle de Kuhl**, deux cadavres ont été découverts en 2021, mais sous des éoliennes ne possédant pas de TrackBat en nacelle permettant de relier la mortalité avec des contacts acoustiques : le 13/08/2021 sous E2 et le 06/09/2021 sous E9. Ces deux impacts représentent 3,2% de l'activité chiroptérologique corrigée mesurée pour cette espèce sur le parc éolien, l'impact est donc considéré comme fort.

Pour la **Noctule commune**, le seul cadavre découvert le 24/08/2021 était sous l'éolienne E12, une éolienne ne possédant pas de TrackBat en nacelle permettant de relier la mortalité avec des contacts acoustiques. Cet impact représente 2,8% de l'activité chiroptérologique corrigée mesurée pour cette espèce sur le parc éolien, l'impact est donc considéré comme fort.

Concernant les deux chiroptères dont l'espèce n'a pu être déterminée, ils ont été découverts le 06/09/2021 sous E2 et le 07/06/2021 sous E5, donc sous des éoliennes ne possédant pas de TrackBat en nacelle permettant de relier la mortalité avec des contacts acoustiques.

## V.5. Sensibilité des chiroptères à l'éolien

### V.5.1. Généralités

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

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

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

- Une possible attraction des chauves-souris par les éoliennes, notamment par les insectes concentrés autour des parties chaudes des éoliennes (Bennett *et al.*, 2017 ; Foo *et al.*, 2017). Les pics d'activité des chiroptères sont liés à l'essaimage des insectes : un pic à la fin du printemps - début été (coïncide avec la période de mise bas des chiroptères) et un autre fin été - début automne (migration, émancipation des jeunes chiroptères) (Beucher *et al.*, 2017) ;

- Elles pourraient rechercher des gîtes dans les éoliennes en les confondant avec des grands arbres (Bennett & Hale, 2014 ; Cryan, 2008 ; Gaultier *et al.*, 2020 ; Kunz *et al.*, 2007), ou encore en voulant s'en servir comme sites de reproduction (Cryan, 2008 ; Gaultier *et al.*, 2020) ou simplement explorer les éoliennes par curiosité (Cryan & Barclay, 2009) ;
- Un problème de détection des pales en mouvement : les extrémités de pale se déplacent à des vitesses linéaires importantes (plus de 250 km.h<sup>-1</sup>), tout en présentant une faible surface réfléchissante pour les ultrasons utilisés par le système d'écholocation des chiroptères. Cette contrainte est augmentée par la génération d'un effet Doppler important : sur une cible arrivant à 250 km.h<sup>-1</sup>, l'écho revient vers l'animal avec un décalage en fréquence de 20 kHz. Il entraîne obligatoirement une erreur de mesure (la chauve-souris perçoit la cible plus éloignée qu'elle ne l'est en réalité). Le signal pourrait aussi simplement être ininterprétable ou inaudible pour l'animal qui n'a que quelques fractions de seconde pour réagir.

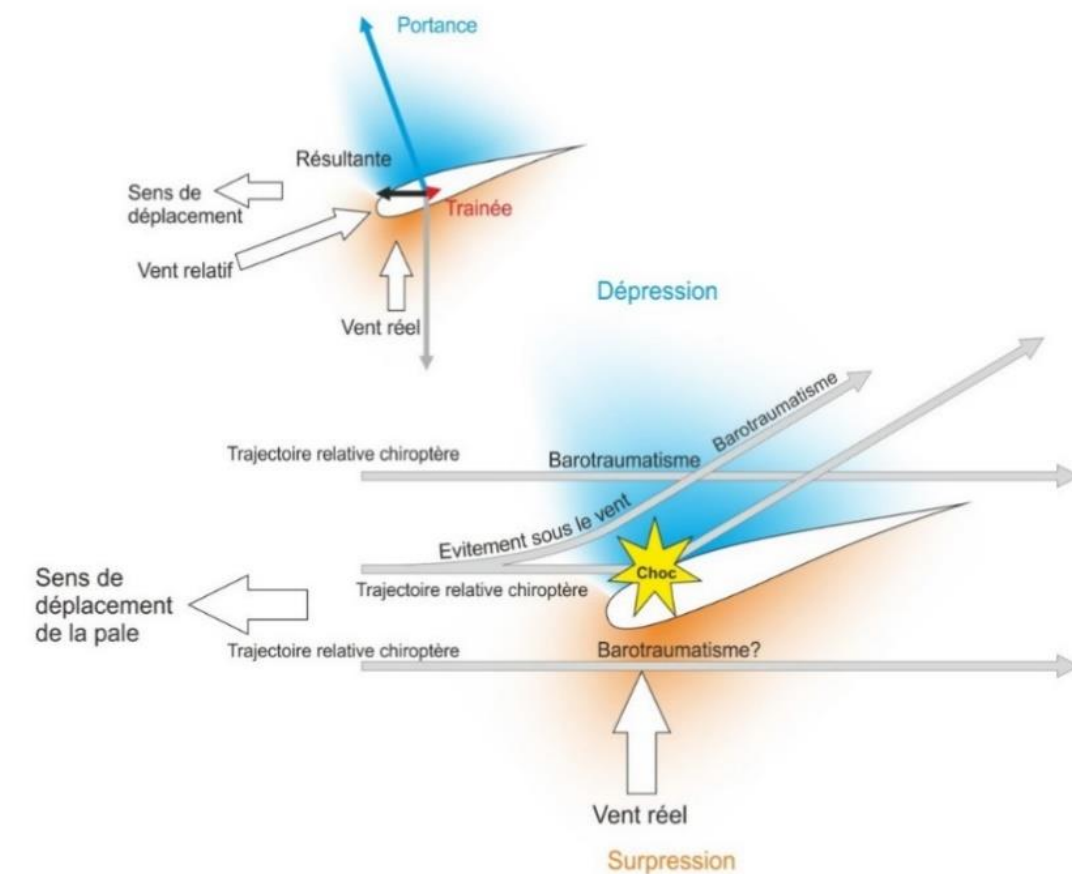


Figure 36 : Description du phénomène de barotraumatisme.

Le phénomène de barotraumatisme (Figure 36) décrit par Baerwald *et al.* (2008) et Seiche (2007), puis par Baerwald & Barclay (2009) résulterait du passage de la pale à proximité de la chauve-souris. L'animal pourrait donc être impacté dans certaines conditions même s'il a évité la pale. En effet, à proximité immédiate de l'extrados des pales en mouvement, les chauves-souris traversent une zone de dépression brutale. Cette variation de pression entraîne la rupture des vaisseaux capillaires (pulmonaires essentiellement) et provoque une hémorragie létale sans qu'il n'y ait eu de contact avec la pale. Ce phénomène explique que la plupart des cadavres récupérés et examinés ne présentent aucune lésion externe. Horn *et al.* (2008) montrent que les risques sont plus importants lorsque la vitesse de rotation des pales n'est pas très élevée, ce qui se produit par vent faible. La mort par barotraumatisme n'étant pas directe, il est possible que l'individu soit encore capable de voler quelques temps après le traumatisme et donc que le cadavre ne soit pas retrouvé sous l'éolienne (Gaultier *et al.*, 2020).



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

- L'écologie des espèces concernées, avec une sensibilité plus importante pour des espèces dites de haut-vol (> 40 m) appartenant principalement aux groupes des Sérotules (Epistecus-Nyctalus) et des Pipistrelles (Heitz & Jung, 2016) ; en Europe, les espèces les plus touchées seraient la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) et la Noctule commune (*Nyctalus noctula*) (Gaultier *et al.*, 2020). Au contraire, les Rhinolophes et le genre *Myotis* chassent plutôt près du sol ou directement dans la végétation ce qui réduit les risques de collision (Gaultier *et al.*, 2020 ; Rydell *et al.*, 2010a) ;
- Du sexe, par exemple, les femelles de Noctule commune auraient un territoire de chasse plus grand et exploreraient plus de nouveaux territoires que les mâles, elle n'hésiterait donc pas à chasser à proximité des éoliennes (Roeleke *et al.*, 2016) ;
- Du milieu d'implantation des éoliennes avec des mortalités plus importantes en milieu forestier, sur des crêtes, le long de grands cours d'eau ou des zones littorales, moins importantes en milieu agricoles diversifiées et minimales sur des plaines agricoles (Rydell *et al.*, 2010b) ;
- De la saison, avec des pics de mortalité en fin d'été et début de l'automne, période de dispersion des jeunes et de migration (Heitz & Jung, 2016 ; Marx, 2017) ;
- De l'heure, avec une période d'activité maximale en début de nuit (Haquart, 2013) ;
- Des conditions climatiques, avec une sensibilité maximale les nuits sans précipitations, faible vent souvent au-dessous de 6,5 m.s<sup>-1</sup> et avec hautes températures (Beucher, 2020 ; Joiris, 2012). Pour les espèces de lisières comme les Pipistrelles, les pics d'activité ont lieu pour des vitesses de vent d'environ 2 m.s<sup>-1</sup> et des températures comprises entre 10 et 15°C (Beucher *et al.*, 2017). Les espèces comme les Noctules présentent un pic d'activité vers 5 m.s<sup>-1</sup> (Beucher *et al.*, 2017). Nous avons étudié la différence entre activité et mortalité des chiroptères grâce à des caméras thermiques (Rico & Lagrange, 2015) : la forte activité a lieu pour des vitesses de vent faibles, lorsque l'éolienne ne tourne pas, il n'y a donc pas de mortalité, mais lorsque le vent atteint 5 à 6 m.s<sup>-1</sup>, l'éolienne commence à tourner alors qu'il y a encore de l'activité chiroptérologique, ce qui induit donc des cas de mortalité ;
- Des caractéristiques des éoliennes (hauteur du mât, diamètre du rotor, longueur des pales, vitesse de rotation), avec une sensibilité maximale pour les éoliennes de moins de 30 mètres de garde au sol et un grand diamètre de rotor qui implique une plus grande surface balayée (Heitz & Jung, 2016). Plus les éoliennes sont larges et hautes, plus le risque de mortalité sera élevé (Gaultier *et al.*, 2020 ; Rydell *et al.*, 2010a). La distance entre chaque éolienne va également jouer un rôle : des turbines plus proches les unes des autres peuvent réduire l'effet d'évitement du parc éolien et l'emprise du parc dans l'environnement (Barré, 2018), mais diminuent également la possibilité de déplacement entre chaque éolienne.

#### v.5.2. Mortalité directe

La mortalité directe, qu'elle soit produite par barotraumatisme ou collision, génère une mortalité qui est de mieux en mieux documentée. Il apparaît que toutes les espèces ne sont pas impactées de la même manière par ce phénomène. Le comportement et l'écologie des animaux influenceraient fortement leur sensibilité à l'éolien. Ainsi, les chauves-souris chassant en plein ciel (espèces de haut vol) ou réalisant des migrations, seraient beaucoup plus impactées que les espèces sédentaires glanant leur nourriture au sol ou dans la canopée (Roemer *et al.*, 2017). En Europe, le Tableau 39 compilé par Tobias Dürr permet de constater le nombre de cas de mortalité, relevé par espèce et par pays. En croisant ces données avec la sensibilité des espèces, il est possible de définir la vulnérabilité de chaque espèce à l'éolien (Tableau 37).

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

Tableau 37 : Vulnérabilité à l'éolien par espèce (Groupe Chiroptères de la SFEPM, 2016)

#### v.5.3. Mortalité indirecte

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

Ces perturbations peuvent être de plusieurs natures :

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

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

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

## VI. Conclusion

En 2021, 90% de l'activité chiroptérologique sur le Gâtinais a été caractérisée par les paramètres suivants :

- Du 08/06/2021 au 24/10/2021,
- Entre le coucher et le lever du soleil,
- Pour des vitesses de vent inférieures ou égales à  $6 \text{ m.s}^{-1}$ ,
- Pour des températures supérieures ou égales à  $12^\circ\text{C}$ .

Pour rappel, un bridage environnemental est actuellement en place sur toutes les éoliennes du parc éolien du Gâtinais, du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre, de 1 heure avant le coucher du soleil jusqu'à 6 heures après, pour des vitesses de vent inférieures à  $5 \text{ m.s}^{-1}$ , pour toutes les températures et toutes les directions de vent.

Au total, 26 collisions ont été constatées sur le parc éolien du Gâtinais en 2021, dont 7 oiseaux et 19 chiroptères. La mortalité réelle estimée sur le parc éolien du Gâtinais varie entre  $1,9 \pm 0,1$  (Erickson *et al.*, 2005) et  $3,0 \pm 0,1$  (Bastos *et al.*, 2013) oiseaux tués par éolienne, et entre  $6,8 \pm 0,3$  (Erickson *et al.*, 2005) et  $9,3 \pm 0,4$  (Jones *et al.*, 2009) chiroptères tués par éolienne, sur la période étudiée, de mai à octobre 2021.

Pour les oiseaux, ce taux de mortalité est moins élevé que ceux relevés usuellement sur les parcs implantés en Zone de Protection Spéciale (Marx, 2017). Nous préconisons donc seulement la poursuite des suivis environnementaux conformément au protocole ministériel dans le cadre de la législation des ICPE, c'est-à-dire un prochain suivi environnemental dans 10 ans.

Pour les chiroptères, ce taux de mortalité est plus élevé que ceux relevés usuellement sur les autres parcs implantés dans des contextes paysagers similaires (Rydell *et al.*, 2010a). En particulier, l'impact est considéré comme fort pour la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Noctule commune, comme modéré pour la Pipistrelle de Nathusius et comme faible pour les autres espèces contactées en altitude : la Noctule de Leisler, la Sérotine commune et les Oreillards. Nous préconisons donc :

- Soit un durcissement du bridage environnemental actuel, pour lequel trois niveaux de préservation peuvent être envisagés :

	Préservation de l'activité des chiroptères à hauteur de :		
	80%	85%	90%
<b>Dates</b>	du 1 <sup>er</sup> juin au 31 octobre		
<b>Heures</b>	Entre le coucher et le lever du soleil		
<b>Vitesses de vent</b>	$\leq 5,7 \text{ m.s}^{-1}$	$\leq 5,9 \text{ m.s}^{-1}$	$\leq 6,2 \text{ m.s}^{-1}$
<b>Températures</b>	Supérieures ou égales à $12^\circ\text{C}$		

- Soit la mise en place d'un bridage dynamique en faveur des chiroptères, de type ProBat, afin de réguler les éoliennes en temps réel en fonction de l'activité chiroptérologique enregistrée sur le parc, garantissant 90% de préservation de l'activité des chiroptères pour une perte de productible maximale de 1% sur l'année.

## VII. Bibliographie

- ADEME. (1999). *Guide du porteur de projet de parc éolien*. (ADEME Edition).
- Albouy, S., Clément, D., Jonard, A., Massé, P., Pagès, J.-M., & Nea, P. (1997). *Suivi ornithologique du parc éolien de Port-la-Nouvelle : Rapport final*. (p. 67). Abiès, Géokos consultants, LPO Aude.
- Albouy, S., Dubois, Y., & Picq, H. (2001). *Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue Haute (Aude)—Résultats 2006-2009* (p. 76). LPO Aube et Abies. <http://aude.eolienne.free.fr/fichiers/SuiviOrnitho.pdf>
- Alcalde, J. T. (2003). Impacto de los parques eólicos Sobre las poblaciones de murciélagos. *Temas*, 3-6.
- Allouche, L., AVES environnement, & Groupe Chiroptères de Provence. (2010). *Etude de la mortalité des chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, Saint-Martin-de-Crau (13)*. (p. 1-31). Energie du Delta.
- Anderson, R. L., Strickland, D., Tom, J., Neumann, N., Erickson, W., Cleckler, J., Mayorga, G., Nuhn, G., Leuders, A., Schneider, J., Backus, L., Becker, P., & Flagg, N. (2001). *Avian monitoring and risk assessment at Tehachapi Pass and San Geronio Pass wind resource areas, California : Phase I Preliminary Results*. 16.
- Arthur, L., & Lemaire, M. (2009). *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. (Publications scientifiques du muséum). Biotope édition.
- Aschwanden, J., Stark, H., Peter, D., Steuri, T., Schmid, B., & Liechti, F. (2018). Bird collisions at wind turbines in a mountainous area related to bird movement intensities measured by radar. *Biological Conservation*, 220, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.01.005>
- Bach, L. (2001). Fledermäuse und Windenergienutzung—Reale Probleme oder Einbildung? *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen*, 33, 119-124.
- Bach, L., Brinckmann Robert, Limpens Herman, Rahmel Ulf, Reichenbach, M., & Roschen Axel. (1999). Bewertung und planerische umsetzung von fledermausdaten im rahmen der windkraftplanung. *Bremer Beitrage für Naturkunde und Naturshutz, Themenheft « Voegel und Windkraft »*(Band 4), 163-170.
- Baerwald, E. F., & Barclay, R. M. R. (2009). Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. *Journal of Mammalogy*, 90(6), 1341-1349. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-104R.1>
- Baerwald, E. F., D'Amours, G. H., Klug, B. J., & Barclay, R. M. R. (2008). Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology*, 18(16), R695-R696. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.029>
- Barré, K. (2018). Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats\_ Implications for European siting guidance. *Biological Conservation*, 10.
- Barrios, L., & Rodríguez, A. (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines : Bird mortality at wind power plants. *Journal of Applied Ecology*, 41(1), 72-81. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00876.x>
- Bastos, R., Santos, M., & Cabral, J. A. (2013). A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34, 428-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.003>
- Bennett, V. J., & Hale, A. M. (2014). Red aviation lights on wind turbines do not increase bat-turbine collisions : Bats are not attracted to aviation lighting. *Animal Conservation*, 17(4), 354-358. <https://doi.org/10.1111/acv.12102>
- Bennett, V. J., Hale, A. M., & Williams, D. A. (2017). When the excrement hits the fan : Fecal surveys reveal species-specific bat activity at wind turbines. *Mammalian Biology*, 87, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.08.003>
- Beucher, Y. (2020). *Maîtrise des impacts éoliens sur les chauves-souris : Actions et stratégie du Groupe Technique éolien de la SFPEM*. 7.
- Beucher, Y., Kelm, V., Geyelin, M., & Pick, D. (2011). *Réduction significative de la mortalité des chauves-souris liée aux éoliennes—Poster*.
- Beucher, Y., Langlois, A., Albespy, F., & Mounetou, R. (2017). *Les pics d'activité des chauves-souris en plein ciel : Vers une nouvelle perception de la typologie des risques d'impacts éoliens*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20519.80803>
- Brinkmann, R., Schauer-Weissahn, H., & Bontadina, F. (2006). *Untersuchungen zu möglichen betriebsbedingten Auswirkungen von Windkraftanlagen auf Fledermäuse im Regierungsbezirk Freiburg* (Projekt 0410 L; p. 66). Regierungspräsidium Freiburg.
- Cade, T. J. (1994). Industry Research : Kenetech Windpower. *Wind Power*, 156.
- Cieślak et Dul. (2006). *Feather identification for bird conservation* (Natura publishing house).
- Cornut, J., & Vincent, S. (2010). *Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes* (p. 43). LPO Drôme.
- Cryan, P. M. (2008). *Mating Behavior as a Possible Cause of Bat Fatalities at Wind Turbines*. 72 (3), 845-849.
- Cryan, P. M., & Barclay, R. M. R. (2009). Causes of bat fatalities at wind turbines : Hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy*, 90(6), 1330-1340. <https://doi.org/10.1644/09-MAMM-S-076R1.1>
- Curry, R. C., & Kerlinger, P. (1998). *Avian Mitigation Plan : Kenetech Model Wind Turbines, Altamont Pass WRA, California*. 214.
- Dalthorp, D., Huso, M., & Dail, D. (2017). Evidence of Absence (v2.0) Software User Guide. *U.S. Geological Survey, Data Series(1055)*, 109.
- de Lucas, M., Janss, G. F. E., Whitfield, D. P., & Ferrer, M. (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance. *Journal of Applied Ecology*, 45(6), 1695-1703. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01549.x>
- Dirksen, S., Spaans, A. L., & Van der Winden, J. (2000). *Studies on Nocturnal Flight Paths and Altitudes of Waterbirds in Relation to Wind Turbines : A Review of Current Research in The Netherlands*. In : *PNAWPPM III, Proceeding of the National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California, June 2000 : 97-109*.
- Dooling, R., & Lohr, B. (2000, mai). *The role of hearing in avian avoidance of wind turbines*. National Avian-Wind Power Planning Meeting IV, Carmel, California.
- DREAL. (2015). *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres*. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.
- DREAL. (2018). *Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres*. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer.
- Dulac, P. (2008). *Evaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris Bilan des 5 années de suivi* (p. 106). Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée / ADEME Pays de la Loire / Conseil Régional des Pays de la Loire.
- Dürr, T. (2002). Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen in Deutschland. *Nyctalus*, 8(2), 115-118.
- Dürr, T. (2020). *Synthèse des bilans de suivi de la mortalité sous les éoliennes d'Europe, bilan de novembre 2020*.
- Erickson, W. P., Johnson, G. D., & Young, D. P. J. (2005). A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep., PSW-GTR-191*, 14.
- Foo, C. F., Bennett, V. J., Hale, A. M., Korstian, J. M., Schildt, A. J., & Williams, D. A. (2017). Increasing evidence that bats actively forage at wind turbines. *PeerJ*, 5, e3985. <https://doi.org/10.7717/peerj.3985>

- Garvin, J. C., Jennelle, C. S., Drake, D., & Grodsky, S. M. (2011). Response of raptors to a windfarm : Raptor behaviour within a windfarm. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 199-209. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01912.x>
- Gaultier, S. P., Blomberg, A. S., Ijäs, A., Vasko, V., Vesterinen, E. J., Brommer, J. E., & Lilley, T. M. (2020). Bats and Wind Farms : The Role and Importance of the Baltic Sea Countries in the European Context of Power Transition and Biodiversity Conservation. *Environmental Science & Technology*, 54(17), 10385-10398. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00070>
- Gaultier, S. P., Marx, G., & Roux, D. (2019). *Éoliennes et biodiversité Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer* (p. 120). LPO et Office national de la chasse et de la faune sauvage. [https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo\\_oncfs\\_2019.pdf](https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf)
- Gensbol, B. (2004). *Guide des rapaces diurnes d'Europe, d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient* (Delachaux et Niestlé). Editions Delachaux et Niestlé.
- Groupe Chiroptères de la SFPEM. (2016). *Suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères—Actualisation 2016 des recommandations de la SFPEM*. (Version 2; p. 17). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFPEM).
- Grünkorn, T., Diederichs, A., Poszig, D., Diederichs, B., & Nehls, G. (2009). Wie viele Vogel kollidieren mit Windenergieanlagen? *Natur und Landschaft*, 84(7), 309-314.
- Guyonne, J., & Clave, A. T. (2000, in press). *A study of bird behavior in a wind farm and adjacent areas in Tarifa (Spain); management considerations*. National Avian-Wind Power Planning Meeting III, San Diego, California.
- Hall, L. S., & Richards, G. C. (1972). *Notes on Tadarida australis (Chiroptera : Molossidae)*. 46-47.
- Haquart, A. (2013). *Actichiro, référentiel d'activité des chiroptères. Éléments pour l'interprétation des dénombrements de chiroptères avec les méthodes acoustiques en zone méditerranéenne française*. École Pratique des Hautes Études.
- Heitz, C., & Jung, L. (2016). *Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : Enjeux et solutions (Etude bibliographique)* (p. 149). Ecosphère.
- Hernández-Pliego, J., de Lucas, M., Muñoz, A.-R., & Ferrer, M. (2015). Effects of wind farms on Montagu's harrier (*Circus pygargus*) in Southern Spain. *Biological Conservation*, 191, 452-458. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.07.040>
- Hill, R., Hill, K., Aumüller, R., Schulz, A., Dittmann, T., Kulemever, C., & Coppack, T. (2014). *Of birds, blades and barriers : Detecting and analyzing mass migration events at alpha ventus* (Springer Fachmedien, p. 111-131) [Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus]. Federal Maritime and Hydrographic Agency, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Horn, J. W., Arnett, E. B., & Kunz, T. H. (2008). Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *Journal of Wildlife Management*, 72(1), 123-132. <https://doi.org/10.2193/2006-465>
- Hötter, H., Thomsen, K.-M., & Jeromin, H. (2006). *Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : The example of birds and bats—Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation*. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Huso, M. M. P. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318-329. <https://doi.org/10.1002/env.1052>
- Itty, C., & Duriez, O. (2017). *Le suivi par GPS, une méthode efficace pour évaluer l'impact des parcs éoliens sur des espèces à fort enjeux de conservation : L'exemple de l'aigle royal (Aquila chrysaetos) dans le sud du massif central*. 42-48.
- James, R. D., & Coady, G. (2004). Bird monitoring at Toronto's exhibition place wind turbine. *Ontario Birds*, 22(2), 78-88.
- Janss, G. F. E. (1998). *Bird Behavior In and Near a Wind Farm at Tarifa, Spain : Management Considerations*. 214.
- Johnson, G. D., Erickson, W. P., Dale Strickland, M., Shepherd, M. F., Shepherd, D. A., & Sarappo, S. A. (2003). Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *The American Midland Naturalist*, 150(2), 332-342. [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(2003\)150\[0332:MOBAAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(2003)150[0332:MOBAAL]2.0.CO;2)
- Johnston, N. N., Bradley, J. E., & Otter, K. A. (2014). Increased flight altitudes among migrating Golden Eagles suggest turbine avoidance at a rocky mountain wind installation. *PLoS ONE*, 9(3), e93030. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093030>
- Joiris, E. (2012, mars 24). *High altitude bat monitoring* [Preliminary results Hainaut & Ardennes]. CSD Ingénieurs.
- Jones, G., Cooper-Bohannon, R., Barlow, K., & Parsons, K. (2009). *Determining the potential ecological impact of wind turbines on bat populations in Britain* [Scoping and method development report]. University of Bristol, Bat Conservation Trust.
- Kerlinger, P., Gehring, J. L., Erickson, W. P., Curry, R., Jain, A., & Guarnaccia, J. (2010). Night migrant fatalities and obstruction lighting at wind turbines in North America. *The Wilson Journal of Ornithology*, 122(4), 744-754. <https://doi.org/10.1676/06-075.1>
- Kingsley, A., & Whittam, B. (2001). *Potential impacts of wind turbines on birds at North Cape, Prince Edward Island* (p. 33). Bird Studies Canada, Atlantic Region.
- Kitano, M., & Shiraki, S. (2013). *Estimation of bird fatalities at wind farms with complex topography and vegetation in Hokkaido, Japan*. 37, 41-48.
- Kreuziger, J. (2008). *Kulissenwirkung und Vögel. Methodische Rahmenbedingungen für die Auswirkungsanalyse in der FFH-VP*. Vilmer Expertentagung.
- Kunz, T. H., Arnett, E. B., Erickson, W. P., Hoar, A. R., Johnson, G. D., Larkin, R. P., Strickland, M. D., Thresher, R. W., & Tuttle, M. D. (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats : Questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6), 315-324. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[315:EIOWED\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[315:EIOWED]2.0.CO;2)
- Lagrange, H., Roussel, E., Anne-Lise Ughetto, Boulnois, R., Haquart, A., & Melki, F. (2009). *Chirotech Bilan des tests d'asservissement sur le parc de Bouin—2009*. Ecosphère. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.10316.21129>
- Langston, R., & Pullan, J. (2003). Windfarms and birds : An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. *23rd Meeting*, 58.
- Larsen, J. K., & Madsen, J. (2000). Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese (*Anser brachyrhynchus*): A landscape perspective. *Landscape Ecology*, 15(8), 755-764. <https://doi.org/10.1023/A:1008127702944>
- Leddy, K. L., Higgins, K. F., & Naugle, D. E. (1999). Effects of wind turbines on upland nesting birds in conservation reserve program grasslands. *Wilson Bulletin*, 111(1), 100-104.
- Lekuona, J. M. (2001). *Uso del espacio por la avifauna y control de la mortalidad de aves y murciélagos en los parques eólicos de Navarra durante un ciclo anual* (p. 155). Dirección General de Medio Ambiente, Gobierno de Navarra.
- Lekuona, J. M., & Ursua, C. (2006). *Avian mortality in wind plants of Navarra (northern Spain)*. In : *De Lucas M., Janss G. & Ferrer M. (eds). Birds and Wind Power*. (lynx Edicions).
- Loesch, C. R., Walker, J. A., Reynolds, R. E., Gleason, J. S., Niemuth, N. D., Stephens, S. E., & Erickson, M. A. (2013). Effect of wind energy development on breeding duck densities in the Prairie Pothole Region : Wind Energy and Breeding Ducks. *The Journal of Wildlife Management*, 77(3), 587-598. <https://doi.org/10.1002/jwmg.481>
- Loss, S. R., Will, T., & Marra, P. P. (2015). Direct mortality of birds from anthropogenic causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46(1), 99-120. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054133>

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

- Thomas, R. (2000). *An Assessment of the Impact of Wind Turbines on Birds at Ten Windfarm Sites in the UK*. 215-219.
- Vogelwarte. (2016). *Energie eolienne et protection des oiseaux*.
- Whitfield, D. P., & Madders, M. (2006). A review of the impacts of wind farms on Hen Harriers *Circus cyaneus* and an estimation of collision avoidance rates. *Natural Research Ltd*, 33.
- Winkelman, J. E. (1985). Vogelhinder door middelgrote windturbines—Over vlieggedrag, slachtoffers en verstoring [Bird impact by middle-sized wind turbines on flight behaviour, victims, and disturbance]. *Limosa*, 58, 117-121.
- Winkelman, J. E. (1992). *De invloed van de Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum (Fr.) op vogels. 1 : Aanvaringslachtoffers. [The impact of the Sep wind park near Oosterbierum (Fr.), The Netherlands, on birds, 1 : Collision victims.]* (RIN-rapport92/2; p. 144). DLO-Instituut voor Bos-en Natuuronderzoek.
- Winkelman, J. E. (1994). Bird/Wind Turbine Investigations in Europe. *Wind Power*, 156.
- Zeiler, H. P., & Grünschachner-Berger, V. (2009). Impact of wind power plants on black grouse, *Lyrurus tetrix* in Alpine regions. *Folia Zoologica*, 58(2), 173-182.

## VIII. Annexes

### VIII.1. Fiches de renseignement des cadavres d'oiseaux et de chauves-souris trouvés sur le parc éolien du Gâtinais en 2021

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E6	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Sofiane Lemieuvre
Assolement :	Plateforme	Date du suivi :	20/05/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	13h35
Distance au pied du mât :	32 mètres	Espèce :	Oiseau indéterminé
Direction par rapport au mât :	Sud-Est	Cadavre n° :	1
Latitude :	48.1379434	Photo :	Oui
Longitude :	2.5716789	Envergure :	35 cm
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	10/05/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	18,9	Etat du cadavre :	Sec
Vitesse du vent moyenne :	6,8	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Collision			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : Les plumes n'ont pas été arrachées par un prédateur (base plumes intacte), reste des ossements complètement secs			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E1	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Espace enherbé	Date du suivi :	27/05/2021
Hauteur de la culture :	10 cm	Heure du relevé :	11h35
Distance au pied du mât :	33 mètres	Espèce :	Perdrix rouge
Direction par rapport au mât :	Est	Cadavre n° :	2
Latitude :	48.131509	Photo :	Oui
Longitude :	2.595495	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	26/05/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	14,1	Etat du cadavre :	Frais
Vitesse du vent moyenne :	6,0	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Indéterminée			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : Plumes, bout d'aile et os avec encore un peu de chair attachée.			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E5	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Chemin d'accès	Date du suivi :	07/06/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	15h10
Distance au pied du mât :	46 mètres	Espèce :	Chiroptère indéterminé
Direction par rapport au mât :	Sud-ouest	Cadavre n° :	3
Latitude :	48.13645	Photo :	Oui
Longitude :	2.576637	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	04/06/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	18,2	Etat du cadavre :	Avancé
Vitesse du vent moyenne :	5,7	Présence d'insectes :	Oui
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E12	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Plateforme	Date du suivi :	07/07/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	9h30
Distance au pied du mât :	22 mètres	Espèce :	Martinet noir
Direction par rapport au mât :	Nord-est	Cadavre n° :	4
Latitude :	48.144786	Photo :	Oui
Longitude :	2.531447	Envergure :	36 cm
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	06/07/2021	Age :	Adulte
Température moyenne :	21,7	Etat du cadavre :	Frais
Vitesse du vent moyenne :	9,4	Présence d'insectes :	Oui
Cause présumée de la mort : Collision			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : Orages la veille et forte pluie			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E3	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Herbe coupée	Date du suivi :	04/08/2021
Hauteur de la culture :	8 cm	Heure du relevé :	17h25
Distance au pied du mât :	11 mètres	Espèce :	Pigeon ramier
Direction par rapport au mât :	Sud-ouest	Cadavre n° :	5
Latitude :	48.134092	Photo :	Oui
Longitude :	2.5867	Envergure :	64 cm
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	04/08/2021	Age :	Adulte
Température moyenne :	19,9	Etat du cadavre :	Frais
Vitesse du vent moyenne :	2,6	Présence d'insectes :	Oui, fourmis
Cause présumée de la mort : Collision			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E4	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Paille	Date du suivi :	04/08/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	16h45
Distance au pied du mât :	41 mètres	Espèce :	Héron pourpré
Direction par rapport au mât :	Nord-est	Cadavre n° :	6
Latitude :	48.135738	Photo :	Oui
Longitude :	2.582621	Envergure :	64 cm
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	26/07/2021	Age :	Adulte
Température moyenne :	21,9	Etat du cadavre :	Décomposé
Vitesse du vent moyenne :	6,8	Présence d'insectes :	Oui
Cause présumée de la mort : Collision			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			





Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E11	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Plateforme	Date du suivi : 12/08/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 12h25
Distance au pied du mât : 3 mètres	Espèce : Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât : Est	Cadavre n° : 7
Latitude : 48.143918	Photo : Non
Longitude : 2.537906	Envergure : 5 cm
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 12/08/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 23,8	Etat du cadavre : Frais
Vitesse du vent moyenne : 3,1	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E8	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Plateforme	Date du suivi : 12/08/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 13h30
Distance au pied du mât : 32 mètres	Espèce : Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât : Nord	Cadavre n° : 8
Latitude : 48.140816	Photo : Non
Longitude : 2.559264	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 06/08/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 17,6	Etat du cadavre : Sec
Vitesse du vent moyenne : 8,1	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E2	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Déchaumé	Date du suivi : 13/08/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 9h44
Distance au pied du mât : 35 mètres	Espèce : Pipistrelle de Kuhl
Direction par rapport au mât : Est	Cadavre n° : 9
Latitude : 48.132799	Photo : Non
Longitude : 2.591192	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 13/08/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 24,3	Etat du cadavre : Frais
Vitesse du vent moyenne : 5,7	Présence d'insectes : Oui
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E2	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Adam Yadallee
Assolement :	Déchaumé	Date du suivi :	13/08/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	9h56
Distance au pied du mât :	29 mètres	Espèce :	Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât :	Sud-est	Cadavre n° :	10
Latitude :	48.13258	Photo :	Non
Longitude :	2.591001	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	13/08/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	24,3	Etat du cadavre :	Frais
Vitesse du vent moyenne :	5,7	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E9	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Paille	Date du suivi :	18/08/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	15h05
Distance au pied du mât :	46 mètres	Espèce :	Pipistrelle de Nathusius
Direction par rapport au mât :	Sud	Cadavre n° :	11
Latitude :	48.141499	Photo :	Oui
Longitude :	2.552176	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	14/08/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	22,8	Etat du cadavre :	Décomposé
Vitesse du vent moyenne :	6,6	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : reste seulement les ailes, corps absent			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E12	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Clémentine Bougain
Assolement :	Chemin d'accès	Date du suivi :	18/08/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	16h15
Distance au pied du mât :	17 mètres	Espèce :	Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât :	Ouest	Cadavre n° :	12
Latitude :	48.144658	Photo :	Oui
Longitude :	2.530928	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	14/08/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	22,8	Etat du cadavre :	Décomposé
Vitesse du vent moyenne :	6,6	Présence d'insectes :	Oui mais morts
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E2	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Clémentine Bougain
Assolement : Plateforme	Date du suivi : 19/08/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 16h20
Distance au pied du mât : 34 mètres	Espèce : Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât : Sud	Cadavre n° : 13
Latitude : 48.132531	Photo : Oui
Longitude : 2.590846	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 18/08/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 18,7	Etat du cadavre : Frais
Vitesse du vent moyenne : 5,6	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E12	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Déchaumé	Date du suivi : 24/08/2021
Hauteur de la culture : 5 cm	Heure du relevé : 12h25
Distance au pied du mât : 50 mètres	Espèce : Noctule commune
Direction par rapport au mât : Sud	Cadavre n° : 14
Latitude : 48.144181	Photo : Non
Longitude : 2.531095	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 23/08/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 18,4	Etat du cadavre : Frais
Vitesse du vent moyenne : 8,6	Présence d'insectes : oui
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E5	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Déchaumé	Date du suivi : 24/08/2021
Hauteur de la culture : 5 cm	Heure du relevé : 15h30
Distance au pied du mât : 32 mètres	Espèce : Pipistrelle de Nathusius
Direction par rapport au mât : Ouest	Cadavre n° : 15
Latitude : 48.136743	Photo : Non
Longitude : 2.576641	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 22/08/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 19,6	Etat du cadavre : Avancé
Vitesse du vent moyenne : 5,7	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres		
N° de l'éolienne : E4	Nom du site : Gâtinais	
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee	
Assolement : Paille	Date du suivi : 24/08/2021	
Hauteur de la culture : 15 cm	Heure du relevé : 16h17	
Distance au pied du mât : 41 mètres	Espèce : Pipistrelle commune	
Direction par rapport au mât : Ouest	Cadavre n° : 16	
Latitude : 48.135614	Photo : Non	
Longitude : 2.581651	Envergure : Indéterminée	
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé	
Date présumée : 22/08/2021	Age : Indéterminé	
Température moyenne : 19,6	Etat du cadavre : Avancé	
Vitesse du vent moyenne : 8,8	Présence d'insectes : Oui	
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme		
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS		

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres		
N° de l'éolienne : E5	Nom du site : Gâtinais	
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee	
Assolement : Déchaumé	Date du suivi : 30/08/2021	
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 12h11	
Distance au pied du mât : 45 mètres	Espèce : Pipistrelle commune	
Direction par rapport au mât : Nord-est	Cadavre n° : 17	
Latitude : 48.136968	Photo : Non	
Longitude : 2.577618	Envergure : Indéterminée	
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé	
Date présumée : 24/08/2021	Age : Indéterminé	
Température moyenne : 17,7	Etat du cadavre : Sec	
Vitesse du vent moyenne : 8,2	Présence d'insectes : Non	
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme		
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS		

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres		
N° de l'éolienne : E4	Nom du site : Gâtinais	
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee	
Assolement : Paille	Date du suivi : 30/08/2021	
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 12h48	
Distance au pied du mât : 39 mètres	Espèce : Pipistrelle commune	
Direction par rapport au mât : Sud-Est	Cadavre n° : 18	
Latitude : 48.135248	Photo : Non	
Longitude : 2.581827	Envergure : Indéterminée	
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé	
Date présumée : 24/08/2021	Age : Indéterminé	
Température moyenne : 17,7	Etat du cadavre : Sec	
Vitesse du vent moyenne : 8,2	Présence d'insectes : Non	
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme		
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS		

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E3	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Adam Yadallee
Assolement :	Chemin d'accès	Date du suivi :	30/08/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	13h32
Distance au pied du mât :	30 mètres	Espèce :	Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât :	Sud-est	Cadavre n° :	19
Latitude :	48.133959	Photo :	Non
Longitude :	2.587038	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	28/08/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	17,0	Etat du cadavre :	Avancé
Vitesse du vent moyenne :	7,5	Présence d'insectes :	Oui
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E3	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Adam Yadallee
Assolement :	Paille	Date du suivi :	30/08/2021
Hauteur de la culture :	25 cm	Heure du relevé :	13h20
Distance au pied du mât :	35 mètres	Espèce :	Pigeon biset
Direction par rapport au mât :	Sud-ouest	Cadavre n° :	20
Latitude :	48.133944	Photo :	Oui
Longitude :	2.586415	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	25/08/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	21,7	Etat du cadavre :	Sec
Vitesse du vent moyenne :	6,6	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Collision			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : en morceaux, très peu de restes			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E9	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Adam Yadallee
Assolement :	Paille	Date du suivi :	06/09/2021
Hauteur de la culture :	5 cm	Heure du relevé :	13h47
Distance au pied du mât :	30 mètres	Espèce :	Pipistrelle de Kuhl
Direction par rapport au mât :	Sud-Ouest	Cadavre n° :	21
Latitude :	48.141795	Photo :	Oui
Longitude :	2.551816	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	01/09/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	17,6	Etat du cadavre :	Sec
Vitesse du vent moyenne :	8,5	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E3	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Oui	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Chemin d'accès	Date du suivi : 06/09/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 15h52
Distance au pied du mât : 26 mètres	Espèce : Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât : Sud	Cadavre n° : 22
Latitude : 48.13393	Photo : Oui
Longitude : 2.586815	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 03/09/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 21,7	Etat du cadavre : Avancé
Vitesse du vent moyenne : 4,4	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E2	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Terre nue	Date du suivi : 06/09/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 16h40
Distance au pied du mât : 34 mètres	Espèce : Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât : Sud-ouest	Cadavre n° : 23
Latitude : 48.132666	Photo : Oui
Longitude : 2.590335	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 05/09/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 24,2	Etat du cadavre : Frais
Vitesse du vent moyenne : 5,8	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres	
N° de l'éolienne : E2	Nom du site : Gâtinais
Eolienne à l'arrêt : Non	Observateur : Adam Yadallee
Assolement : Terre nue	Date du suivi : 06/09/2021
Hauteur de la culture : 0 cm	Heure du relevé : 16h52
Distance au pied du mât : 26 mètres	Espèce : Chiroptère indéterminé
Direction par rapport au mât : Ouest	Cadavre n° : 24
Latitude : 48.132757	Photo : Non
Longitude : 2.590365	Envergure : Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>	Sexe : Indéterminé
Date présumée : 05/09/2021	Age : Indéterminé
Température moyenne : 24,2	Etat du cadavre : Frais
Vitesse du vent moyenne : 5,8	Présence d'insectes : Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme	
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS	

Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E1	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Adam Yadallee
Assolement :	Chemin d'accès	Date du suivi :	06/09/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	17h05
Distance au pied du mât :	30 mètres	Espèce :	Bruant proyer
Direction par rapport au mât :	Nord	Cadavre n° :	25
Latitude :	48.131741	Photo :	Oui
Longitude :	2.595082	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	03/09/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	26,0	Etat du cadavre :	Décomposé
Vitesse du vent moyenne :	4,6	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Collision			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			



Formulaire de renseignements sur le suivi des cadavres			
N° de l'éolienne :	E1	Nom du site :	Gâtinais
Eolienne à l'arrêt :	Non	Observateur :	Adam Yadallee
Assolement :	Chemin d'accès	Date du suivi :	06/09/2021
Hauteur de la culture :	0 cm	Heure du relevé :	17h09
Distance au pied du mât :	18 mètres	Espèce :	Pipistrelle commune
Direction par rapport au mât :	Nord	Cadavre n° :	26
Latitude :	48.131628	Photo :	Oui
Longitude :	2.595089	Envergure :	Indéterminée
<b>Date présumée de la collision et ses conditions météorologiques</b>		Sexe :	Indéterminé
Date présumée :	04/09/2021	Age :	Indéterminé
Température moyenne :	22,3	Etat du cadavre :	Avancé
Vitesse du vent moyenne :	3,1	Présence d'insectes :	Non
Cause présumée de la mort : Barotraumatisme			
Particularités du cadavre (couleur, forme), note sur ses blessures, état du cadavre (prédaté ou non) : RAS			









Espèce	Mortalité en Europe																			Total			
	A	BE	BG	CH	CR	CZ	D	DK	E	EST	F	FR	GB	GR	LX	NL	N	PT	PL		RO	S	
<i>Sylvia spec.</i>												1											1
<i>Sylvia undata</i>									11									7					18
<i>Sylvias communis</i>							1		1			1											3
<i>Tachymarptis melba</i>							2		23			2											27
<i>Tadorna tadorna</i>		2					2					1				7							12
<i>Tetrao urogallus</i>							1		1													12	14
<i>Tetrax tetrax</i>									1														1
<i>Thalasseus sandvicensis</i>		25														1							26
<i>Tringa totanus</i>		3														1	1					1	6
<i>Troglodytes troglodytes</i>							4		1			4	1										10
<i>Turdus iliacus</i>		7					4	1	11							2							25
<i>Turdus merula</i>	2	1					18		44			11	6		1		1				4	88	
<i>Turdus philomelos</i>		12		1			27		129			24	2		3						1	199	
<i>Turdus pilaris</i>	1			1			18		5			1			2	1						29	
<i>Turdus spec.</i>		1						1	2			1	1		1							7	
<i>Turdus torquatus</i>							1		1														2
<i>Turdus viscivorus</i>				1			10		27				1										39
<i>Tyto alba</i>							15		6			5			3				1				30
<i>Upupa epops</i>									7				1					1					9
<i>Uria aalge</i>							1								1								2
<i>Vanellus vanellus</i>		3					19					2			3								27
<b>TOTAL</b>	<b>376</b>	<b>1791</b>	<b>6</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>4565</b>	<b>49</b>	<b>5552</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>1481</b>	<b>174</b>	<b>99</b>	<b>1</b>	<b>704</b>	<b>346</b>	<b>442</b>	<b>82</b>	<b>2</b>	<b>181</b>	<b>15906</b>	

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

VIII.3. Tableau 39 : Récapitulatif des données de mortalité des chiroptères, classées par espèce, en Europe (Dürr, 2021)

Espèce	Mortalité en Europe																				Total	
	A	BE	CH	CR	CZ	D	DK	ES	EST	FI	FR	GR	IT	LV	NL	N	PT	PL	RO	S		UK
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	2	28	6	5	16	758		211			1012	0	1	15		323	5	6	1	46	2435	
<i>P. nathusii</i>	13	6	6	17	7	1115	2			276	35	1	23	10			16	90	5	1	1623	
<i>Nyctalus noctula</i>	46	1			31	1252		1		104	10					2	17	76	14	11	1565	
<i>Chiroptera spec.</i>	1	11		60	1	77		320	1	439	8	1				120	3	15	30	9	1096	
<i>Pipistrellus spec.</i>	8	2		102	9	96		25		305	1		2			128	2	48		12	740	
<i>N. leislerii</i>			1	4	3	195		15		153	58	2				273	5	10			719	
<i>P. kuhlii</i>				144				44		219	1					51		10			469	
<i>P. pygmaeus</i>	4			1	2	149				176	0		1			42	1	5	18	52	451	
<i>P. pipistrellus / pygmaeus</i>	1		2			3		271		40	54					38	1	2			412	
<i>Hypsugo savii</i>	1			137		1		50		57	28	12				56		2			344	
<i>Vespertilio murinus</i>	2	1		17	6	150				11	1		1				9	15	2		215	
<i>Eptesicus serotinus</i>	1				11	68		2		34	1			2			3	1			123	
<i>E. isabellinus</i>								117								3					120	
<i>E. serotinus / isabellinus</i>								98								17					115	
<i>Tadarida teniotis</i>				7				36		2						39					84	
<i>E. nilssonii</i>	1				1	6			2	6			13		1		1	1	13		45	
<i>N. lasiopterus</i>								21		10	1					9					41	
<i>Nyctalus spec.</i>						2		2		1						17					22	
<i>Miniopterus schreibersi</i>								2		7						4					13	
<i>M. daubentonii</i>						8				1						2					11	
<i>Myotis spec.</i>						2		3		1							4				10	
<i>Plecotus austriacus</i>	1					8												4			9	
<i>P. auritus</i>						7														1	8	
<i>Myotis myotis</i>						2		2		3											7	
<i>M. blythii</i>								6		1											7	
<i>Barbastella barbastellus</i>						1		1		4											6	
<i>M. emarginatus</i>								1		3						1					5	
<i>M. mystacinus</i>						3				1	1										5	
<i>M. dasycneme</i>						3															3	
<i>M. nattereri</i>						2														1	3	
<i>M. brandtii</i>						2															2	
<i>M. bechsteini</i>										1											1	
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>								1													1	
<i>R. mehelyi</i>								1													1	
<i>Rhinolophus spec.</i>								1													1	
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	<b>49</b>	<b>15</b>	<b>494</b>	<b>87</b>	<b>3910</b>	<b>2</b>	<b>1231</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>2861</b>	<b>199</b>	<b>17</b>	<b>40</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>1125</b>	<b>63</b>	<b>285</b>	<b>83</b>	<b>133</b>	<b>10712</b>

A = Autriche ; BE = Belgique ; CH = Suisse ; CR = Croatie ; CZ = République tchèque ; D = Allemagne ; DK = Danemark ; E = Espagne ; EST = Estonie ; F = Finlande ; FR = France ; GR = Grèce ; IT = Italie ; LV = Lettonie ; NL = Pays-Bas ; N = Norvège ; PT = Portugal, PL = Pologne ; RO = Roumanie ; S = Suède ; UK = Royaume-Uni.

VIII.4. Tableau 40 : Référentiel d'activité chiroptérologique en altitude, Sens Of Life

Espèce	Période	Nuits de contact				Toutes nuits			
		Q2	Q25	Q75	Q98	Q2	Q25	Q75	Q98
Pipistrelle commune	Migration printanière	1,83474	2,10776	2,41628	2,78487	0,16382	0,30579	0,49145	0,74263
	Parturition	2,12895	2,39978	2,68848	3,04033	1,06457	1,33522	1,61489	1,94870
	Migration automnale	2,21697	2,50092	2,81763	3,15618	0,90645	1,17947	1,48526	1,84566
Pipistrelle de Nathusius	Migration printanière	1,29961	1,50711	1,73645	2,00947	0	0,03276	0,09829	0,20750
	Parturition	1,11870	1,21793	1,32620	1,44348	0,17141	0,25261	0,35185	0,46011
	Migration automnale	1,12487	1,24500	1,36513	1,50711	0,16382	0,25118	0,34947	0,46961
Pipistrelle de Kuhl	Migration printanière	1,20132	1,35421	1,55079	1,76921	0,02184	0,06553	0,14197	0,26211
	Parturition	1,19989	1,30815	1,43446	1,56978	0,26163	0,36087	0,47815	0,60446
	Migration automnale	1,23408	1,36513	1,48526	1,63816	0,22934	0,33855	0,45868	0,60066
Noctule commune	Migration printanière	0,25658	0,26316	0,27632	0,28947	0	0,00658	0,01645	0,02632
	Parturition	0,28533	0,30163	0,32065	0,34239	0,02717	0,04348	0,06250	0,08152
	Migration automnale	0,29934	0,32237	0,34868	0,38158	0,02632	0,04605	0,06908	0,09868
Noctule de Leisler	Migration printanière	0,33447	0,35487	0,37934	0,40382	0	0,00816	0,01632	0,03263
	Parturition	0,33696	0,35717	0,38196	0,41348	0,01685	0,03033	0,05054	0,07304
	Migration automnale	0,35632	0,38368	0,41618	0,45434	0,02039	0,04079	0,06395	0,09250
Sérotine commune	Migration printanière	0,83145	0,92487	1,06500	1,25203	0,00934	0,03737	0,08408	0,18684
	Parturition	0,85663	0,91837	0,98783	1,06500	0,11576	0,16978	0,23924	0,30870
	Migration automnale	0,87816	0,95289	1,03697	1,13039	0,10276	0,16816	0,23355	0,32697
Oreillards sp.	Migration printanière	0	0	0	0	0	0	0	0
	Parturition	1,03413	1,14217	1,23478	1,32739	0	0,01868	0,05605	0,10276
	Migration automnale	0,71	0,71	0,71	0,71	0	0	0,01868	0,02803