

Février 2023

Suivi Environnemental ICPE

PARC ÉOLIEN DE BOIS MÉRAULT

COMMUNE DE NOHANT-EN-GRAÇAY (18)

ANNÉE DE SUIVI 2

Maître d'ouvrage



Étude réalisée par :

ENCIS Environnement



Dans le cadre de l'article 9 de l'arrêté ICPE du 22 juin 2020 modifiant les prescriptions de l'article 12 de l'arrêté du 26 août 2011, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent, les exploitants des parcs éoliens doivent tenir à disposition de l'inspection des ICPE un suivi environnemental.

Pour chaque parc éolien, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées sera composé de tout ou partie des quatre suivis suivants en fonction des spécificités du site :

- Suivi de l'évolution des habitats naturels
- Suivi de l'activité de l'avifaune (oiseaux nicheurs, migrateurs et hivernants)
- Suivi de l'activité des chiroptères
- Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères

Le bureau d'études ENCIS Environnement a été missionné par la société SEPE du Fouzon pour réaliser ce suivi environnemental ICPE dès 2020.

Après avoir précisé la méthodologie utilisée et ses limites, ce dossier présente les résultats des différents suivis.

SOMMAIRE

1	Cadre général de l'étude	7
1.1	Maître d'ouvrage – exploitant	9
1.2	Auteurs de l'étude	9
1.3	Présentation du parc éolien étudié	10
1.4	Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens	12
1.5	Les impacts potentiels d'un parc éolien en fonctionnement sur le milieu naturel	13
1.5.1	Avifaune	13
1.5.2	Chiroptères	19
2	Méthodes utilisées	37
2.1	Méthodologie et démarche générale	39
2.2	Suivi d'activité des chiroptères	41
2.2.1	Objectif et paramètres à prendre en compte	41
2.2.2	Méthodologie et pression d'inventaire	41
2.3	Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères	46
2.3.1	Principes et objectif	46
2.3.2	Protocole utilisé	47
2.3.3	Détermination du statut biologique	49
2.3.4	Méthodes d'estimation de la mortalité	49
2.4	Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées	55
2.4.1	Limites des méthodes employées	55
2.4.2	Difficultés rencontrées	56
3	Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères	57
3.1	Bilan des connaissances de l'étude d'impact	59
3.2	Suivi de l'activité des chiroptères en 2022	60
3.2.1	Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle	60
3.2.2	Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle	72
3.3	Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et les suivis ICPE	73
3.3.1	Diversité spécifique	73
3.3.2	Cumul des deux années de suivi ICPE	75
3.4	Principaux éléments à retenir du suivi ICPE	80
4	Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	81
4.1	Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation	83
4.1.1	Durée moyenne de l'intervalle	83
4.1.2	Efficacité du chercheur	83
4.1.3	Persistance des cadavres	83
4.1.4	Surfaces prospectées et correction surfacique	84
4.2	Mortalité de l'avifaune	85
4.2.1	Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien	85
4.2.2	Bilan des connaissances de l'étude d'impact	89
4.2.3	Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2022	90
4.2.4	Résultats saisonniers	93
4.2.5	Résultats spatialisés par éolienne	94
4.2.6	Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien	95

4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune	96
4.2.8 Comparaisons avec des données de 2021 avec celles de 2022.....	98
4.2.9 Synthèse	101
4.3 Mortalité des chiroptères	102
4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien	102
4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact.....	108
4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2022	108
4.3.4 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien	109
4.3.5 Incidences sur les populations des espèces concernées.....	109
4.3.6 Comparaisons avec des données de 2020-2021 avec celles de 2022.....	110
4.3.7 Synthèse	113
5 Mesures correctrices.....	115
Table des illustrations	118
Bibliographie.....	122
Annexes	132



1 Cadre général de l'étude

1.1 Maître d'ouvrage – exploitant

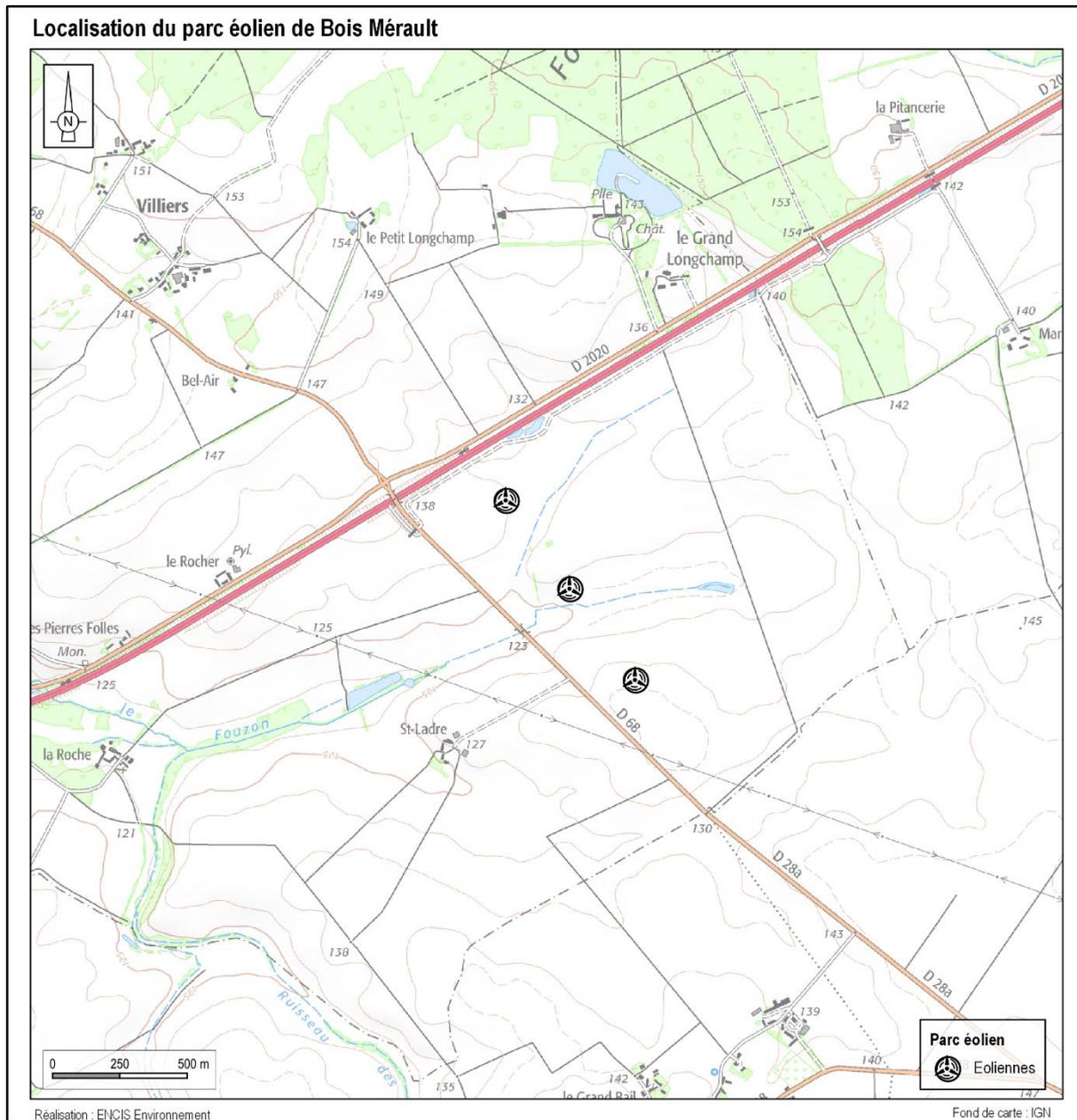
Destinataire	SEPE du Fouzon
Adresse	134 rue de Beauvais – 60 280 Margny-lès-Compiègne
Interlocuteur	Anne GARCIA – Chargée d'études environnement
Téléphone	07 86 42 27 07

1.2 Auteurs de l'étude

Structure	
Adresse	21 Rue de Columbia 87 068 LIMOGES
Téléphone	05 55 36 28 39
Coordination de l'étude	Nicolas LAGARDE, Responsable d'études – Ornithologue Margot FÉVRIER, Chargée d'études - Ornithologue
Suivi de l'activité des chiroptères	Benoit LESAGE, Chargé d'études – Chiroptérologue Emmeline FAUCHER, Chargée d'études - Chiroptérologue
Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	Margot FÉVRIER, Chargée d'études - Ornithologue
Correction	Michaël LEROY, Responsable de l'agence Écologie de Limoges
Validation	Michaël LEROY, Responsable de l'agence Écologie de Limoges
Version / date	Février 2023

1.3 Présentation du parc éolien étudié

Le parc éolien se situe sur la commune de Nohant-en-Graçay dans le département du Cher. Le parc éolien est composé de trois éoliennes de type ENERCON E115 d'une hauteur de 193 mètres en bout de pale et d'une puissance nominale de 3 MW (carte suivante).



Carte 1 : Localisation du parc éolien de Bois Méréault

Implantées dans un secteur à forte dominante agricole, les trois éoliennes et leurs plateformes se situent dans des parcelles cultivées (carte suivante).



Carte 2 : Localisation du parc éolien de Bois Méréault sur photographie aérienne

1.4 Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens

L'arrêté du 26 août 2011, dans son article 12, précise pour une installation classée ICPE :

« L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation. Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation. Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées. Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de téléservice de " dépôt légal de données de biodiversité " créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. ».

Ce suivi doit également être conforme aux dispositions applicables aux ICPE relatives à l'étude d'impact. Ainsi, l'article R122-14 du code de l'environnement prévoit que : « - La décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution du projet mentionne :

1° Les mesures à la charge du pétitionnaire ou du maître d'ouvrage, destinées à éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine, réduire les effets n'ayant pu être évités et, lorsque cela est possible, compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits ;

2° Les modalités du suivi des effets du projet sur l'environnement ou la santé humaine ;

3° Les modalités du suivi de la réalisation des mesures prévues au 1° ainsi que du suivi de leurs effets sur l'environnement, qui font l'objet d'un ou plusieurs bilans réalisés selon un calendrier que l'autorité compétente pour autoriser ou approuver détermine. Ce ou ces bilans sont transmis pour information par l'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution à l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. »

En novembre 2015, l'État a publié un protocole standardisé permettant de réaliser les suivis environnementaux. Il guide également la définition des modalités du suivi des effets du projet sur l'avifaune et les chiroptères prévu par l'article R.122-14 du code de l'environnement. Ce protocole a été actualisé en 2018.

1.5 Les impacts potentiels d'un parc éolien en fonctionnement sur le milieu naturel

1.5.1 Avifaune

1.5.1.1 Perte d'habitat liée à l'effarouchement par les éoliennes

La perte d'habitat par effarouchement résulte d'un **comportement d'éloignement des oiseaux autour des éoliennes** en mouvement. Selon les espèces, cet éloignement s'explique par une méfiance instinctive du mouvement des pales et de leur ombre portée. Ce **dérangement répété** peut conduire à une **perte durable d'habitat**. La perturbation peut avoir des conséquences faibles si le milieu concerné est commun et qu'il existe



d'autres habitats similaires aux alentours. La perturbation peut cependant être importante, particulièrement lorsque les espèces sont inféodées à un habitat particulier et que cet habitat est rare dans le secteur du site d'implantation. L'habitat affecté peut aussi bien concerner une zone de reproduction qu'une zone d'alimentation, et ce pendant toutes les phases du cycle biologique des oiseaux (reproduction, migration, hivernage).

Certains oiseaux s'adaptent facilement en s'habituant progressivement aux éoliennes dans leur entourage, d'autres sont très farouches. Le degré de sensibilité varie selon les espèces et le stade phénologique concerné.

L'analyse des résultats de 127 études portant sur les impacts des éoliennes sur la biodiversité (Hötcker et al., 2006) illustre ces différences interspécifiques, intraspécifiques et phénologiques. L'étude indique notamment que les distances d'évitement sont moins importantes en période de reproduction qu'en dehors de cette dernière. Par exemple, il est mentionné une distance d'évitement de 113 mètres pour le Canard colvert en période de reproduction, contre 200 mètres hors période de reproduction (valeurs médianes). Cette distance d'évitement est de 300 mètres pour la Barge à queue noire en période de reproduction, ainsi que pour le Canard siffleur et la Bécassine des marais hors période de reproduction (valeurs médianes). D'autres espèces apparaissent moins sensibles à l'effarouchement, comme le Pipit farlouse et la Bergeronnette printanière (respectivement 0 et 50 mètres en période de reproduction, valeurs médianes) ou encore le Faucon crécerelle et le Héron cendré (respectivement 0 et 30 mètres hors période de reproduction, valeurs médianes). Le site internet du programme national « éolien-biodiversité » créé à l'initiative de l'ADEME¹, du MEEDDM², du SER-FEE³ et de la LPO⁴, évoque une **distance d'éloignement variant de quelques dizaines de mètres jusqu'à 400-500 mètres du mât de l'éolienne en fonctionnement**. Selon la même source, certains auteurs témoignent de distances maximales avoisinant 800 à 1 000 mètres.

¹ Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

² Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du développement Durable et de la Mer

³ Syndicat des Énergies Renouvelables – France Énergie Éolienne

⁴ Ligue de Protection des Oiseaux

L'accoutumance des oiseaux aux éoliennes est toujours discutée, les données étant parfois contradictoires pour une même espèce.

Hivernants et migrants

Peu de suivis post-implantation se sont penchés sur les réponses comportementales des groupes de passereaux hivernants ou en halte migratoire face à la présence d'éoliennes. La bibliographie est parfois contradictoire. En Vendée, malgré les difficultés à appréhender le rôle des aérogénérateurs, après l'implantation du parc de Bouin (Dulac, 2008), certaines espèces semblent toujours fréquenter le secteur sans évolution significative de la taille des groupes (Étourneau sansonnet, Alouette des champs, Pigeon ramier, *etc.*) ; alors que pour d'autres espèces, une diminution du nombre d'oiseaux par groupe a été constatée (Hirondelle rustique). De même, à Tarifa, Janss (2000) n'a pas montré de différence de densité des groupes hivernants de Pipit farlouse, de Linotte mélodieuse et de Chardonneret élégant.

Pour les espèces de petite et moyenne tailles, Hötker *et al.*, 2006, semblent confirmer un effet faible lié à la perte d'habitat, et indiquent une distance d'évitement nulle pour l'Alouette des champs, l'Étourneau sansonnet et la Corneille noire et de 100 mètres pour le Pigeon ramier (valeurs médianes, hors période de reproduction).

En revanche, en hiver, pour certaines espèces de moyenne taille, Pratz (2010) indique que les groupes semblent rester à l'écart par rapport aux éoliennes et ne traversent que très rarement les parcs denses ou en éventail (Pigeon ramier, Pluvier doré, Vanneau huppé ; parcs de Beauce).

Nicheurs

La bibliographie s'intéressant à la méfiance des oiseaux vis-à-vis des éoliennes semble montrer que **les nicheurs de petites et moyennes tailles sont moins gênés par la présence des éoliennes que les oiseaux migrants ou hivernants**. Plusieurs auteurs témoignent d'une accoutumance des individus locaux à la présence de ces nouvelles structures (Dulac, 2008 ; Albouy, 2005). Faggio *et al.* (2003) indiquent une indifférence totale vis-à-vis des éoliennes pour les espèces locales ou nicheuses qui restent en permanence près du sol comme la Fauvette sarde et la Perdrix rouge.

La densité des oiseaux peut également être affectée. Les travaux de Pearce-Higgins *et al.*, (2009), concernant neuf parcs éoliens au Royaume-Uni, suggèrent que les densités d'oiseaux nicheurs peuvent être réduites de 15 à 53 % dans un rayon de 500 mètres autour des éoliennes (espèces les plus touchées : Buse variable, Busard Saint-Martin, Pluvier doré, Bécassine des marais, Courlis cendré et Traquet motteux).

Espèces des milieux aquatiques

Les oiseaux d'eau peuvent s'avérer farouches vis-à-vis de la présence des éoliennes. Hors période de reproduction, selon Hötker *et al.*, (2006), les anatidés (canards, oies, cygnes) se maintiennent parfois à distance des mâts. Cet éloignement a été estimé **entre 125 et 300 mètres vis-à-vis du mât (valeurs médianes)**. Il est à noter que l'importance des écarts types révèle la disparité des comportements intraspécifiques. Ces différences peuvent être liées à la configuration du site (nombre et hauteur des éoliennes, agencement, paysage), et à la capacité d'adaptation des oiseaux à la présence des éoliennes. À titre d'exemple, des études ont mis en évidence des signes d'accoutumance (diminution

des distances d'évitement) pour le Canard colvert et la Foulque macroule, des signes de non-accoutumance (augmentation des distances d'évitement) pour le Courlis cendré, voire les deux types de comportement pour le Vanneau huppé (Hötker *et al.*, 2006).

Une capacité d'accoutumance des oiseaux d'eau nicheurs à la présence des éoliennes dans leur environnement a également été documentée (Dulac, 2008), notamment chez le Canard colvert (Roux *et al.*, 2013). Toutefois, les échassiers et les oiseaux aquatiques seraient plus sensibles à ces perturbations indirectes par perte ou modifications d'habitats que d'autres (Gaultier *et al.* 2019). Roux *et al.*, (2013), ont ainsi constaté l'abandon total d'une héronnière située à proximité d'une éolienne et une forte diminution du nombre de couples installés dans une autre située à 250 mètres d'un parc éolien.

Enfin, certaines espèces semblent particulièrement sensibles, comme le Courlis cendré, dont la distance d'évitement en période de reproduction est évaluée à 800 mètres (Pearce-Higgins *et al.*, 2009).

Compte-tenu des résultats décrits précédemment, et notamment des variations intraspécifiques importantes, il est difficile de généraliser le phénomène d'accoutumance. Par ailleurs, il faut souligner que cette habitude se fait au prix d'un risque accru de collision avec les éoliennes (Gaultier *et al.*, 2019).

1.5.1.2 Effet barrière et contournement

L'effet barrière correspond à des **réactions de contournement des éoliennes lors des vols** des oiseaux. Les parcs éoliens peuvent représenter une barrière **aussi bien pour les oiseaux en migration active que pour les oiseaux en transit quotidien** entre les zones de repos et les zones de gagnage. L'effet barrière dépend de la sensibilité des espèces, de la configuration du parc éolien, de celle du site, et des conditions climatiques.

La **réaction d'évitement** a l'avantage de **réduire les risques de collision** pour les espèces sensibles lorsque les conditions de visibilité sont favorables. En revanche, elle pourrait générer une **dépense énergétique supplémentaire notable pour les migrants** lorsque le contournement prend des proportions importantes (effet cumulatif de plusieurs obstacles successifs) ou quand, pour diverses raisons (mauvaises conditions météorologiques, relief, *etc.*), la réaction est tardive à l'approche des éoliennes (mouvements de panique, demi-tours, éclatement des groupes, *etc.*).

Pour les oiseaux **nicheurs ou hivernants**, un parc formant une **barrière entre une zone de reproduction/de repos et une zone d'alimentation** peut conduire, selon la sensibilité des espèces, à une **augmentation du risque de collision voire une perte d'habitat** (abandon de la zone de reproduction ou de la zone de gagnage).

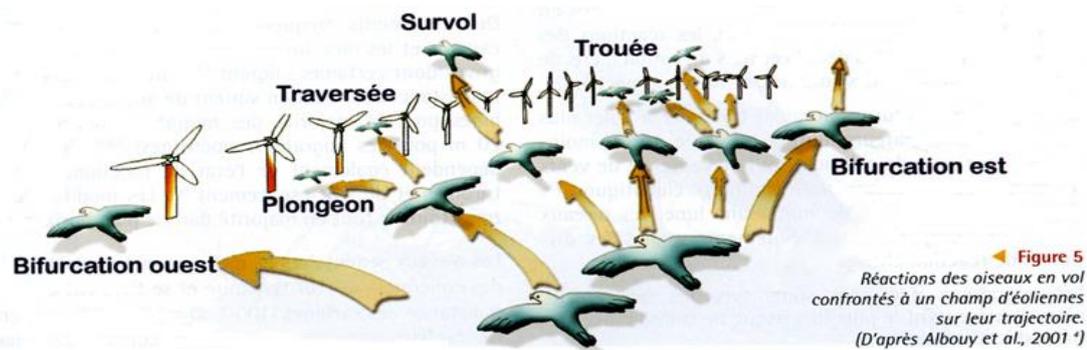


Figure 1 : Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champs d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al, 2001)

Les espèces qui sont **le plus susceptibles d'être affectées par l'effet barrière sont les espèces de grande taille**, qui se déplacent à des altitudes relativement élevées (notamment à hauteur de pales) et dont le rayon d'action est vaste. Les effets semblent être **plus importants pour les rapaces, les échassiers** (Héron cendré), les **canards et les columbidés** (Pigeon ramier). Toutefois, Hötcker *et al.*, (2006), indique un effet barrière chez les oies, les rapaces et les passereaux (hors Étourneau sansonnet et Corvidés). Par exemple, un effet barrière a ainsi été noté chez la Grue cendrée (cinq études), le Milan noir (quatre études), le Milan royal (trois études), le Busard des roseaux (quatre études), le Busard Saint-Martin (une étude), l'Oie cendrée (deux études), le Pinson des arbres (trois études) ou encore l'Hirondelle rustique (quatre études).

D'après le programme national « éolien-biodiversité » (LPO-ADEME-MEDDE-SER/FEE), les **anatidés (canards, oies, etc.) et les pigeons semblent assez sensibles à l'effet barrière, alors que les laridés (mouettes, sternes, goélands) et les passereaux le sont beaucoup moins**. Faggio *et al.* (2003) ont ainsi observés que seulement 22,5 % des oiseaux de petite envergure et 16,3 % des oiseaux de moyenne envergure avaient un comportement d'évitement face aux éoliennes (évitement par-dessus, par-dessous, ou sur le côté).

Les réactions des espèces sont difficilement généralisables, car il existe des espèces pour lesquelles certaines études ont montré un effet barrière, tandis que d'autres ont mis en évidence l'absence d'un tel effet (Buse variable, Héron cendré, etc., Hötcker *et al.*, 2006).

Les réponses comportementales face à un parc éolien dépendent de l'espèce, des habitats présents au sein et autour du parc et surtout du nombre et de la disposition des éoliennes (espacements entre les éoliennes, hauteur, etc.). À titre d'exemple, sur le site de Bouin (Dulac, 2008), l'éloignement d'un peu plus de 200 mètres entre chaque éolienne, laissant un passage de plus de 100 mètres de libre (abstraction faite des espaces de survol des pales) semble provoquer une diminution du nombre de passages d'oiseaux au niveau des éoliennes. Cependant, cette diminution ne concerne que certaines espèces (Tadorne de Belon, Canard colvert, Bergeronnette grise, Pipit farlouse, Faucon crécerelle) et d'autres ne semblent pas affectées, comme la Mouette rieuse et l'Étourneau sansonnet. Pour autre exemple, la distance d'évitement de la Buse variable est courte : environ 25 mètres hors période de reproduction (valeur médiane, Hötcker *et al.*, 2006).

Albouy *et al.*, (2001), ont montré que toutes les espèces, quelle que soit leur taille, peuvent être « dérangées » par la présence des éoliennes (88 % des individus ont réagi en adaptant leur trajectoire). Également, les auteurs indiquent que **la distance d'anticipation dépend de la taille des migrants**.

Ainsi, les **passereaux et les rapaces de petite taille réagissent généralement à 100-200 mètres en amont** du parc, tandis que les **grands rapaces et grands échassiers s'adaptent souvent au-delà de 500 mètres**. Marques *et al.*, (2020), ont montré un effet négatif des éoliennes pour les Milans noirs en migration, avec une diminution de la fréquentation des habitats dans un rayon d'environ 674 mètres autour des mâts (ce qui correspond à une surface de 143 hectares par éolienne). Le programme national « éolien-biodiversité » (LPO-ADEME-MEDDE-SER/FEE) signale que les Grues cendrées adoptent un comportement d'évitement du parc entre 300 et 1 000 mètres de distance.

L'orientation des alignements d'éoliennes a une influence sur les comportements des migrateurs qui abordent un parc éolien. Une **ligne d'éoliennes parallèle à l'axe de migration principal provoque moins de modifications** de comportement **qu'une ligne perpendiculaire aux déplacements**. Par exemple, sur le plateau de Garrigue Haute (Albouy *et al.*, 2001), les cinq éoliennes du parc de Port-la-Nouvelle, implantées perpendiculairement à l'axe de migration, provoquent cinq fois plus de réactions de traversée que les dix éoliennes du parc de Sigean, implantées parallèlement à cet axe. En outre, les auteurs ont montré qu'un espace d'environ **200 mètres entre deux éoliennes semble suffisant** au passage des **passereaux et des rapaces de petite et moyenne envergures** (faucons, éperviers, milans, Bondrée apivore) mais **trop faible pour les oiseaux de plus grande envergure comme les cigognes ou le Circaète Jean-le-Blanc** (aucun de ces derniers n'a été observé utilisant cet espace). Également, Roux *et al.*, (2013) ont constaté que des éoliennes implantées parallèlement au couloir de migration ne semblaient pas faire barrière aux mouvements des migrateurs. La littérature recommande de **limiter l'emprise du parc sur l'axe de migration, dans l'idéal à moins de 1 000 mètres** (Soufflot *et al.*, LPO, 2010 ; Marx *et al.*, LPO, 2017). Lorsque cette préconisation ne peut être respectée, il est recommandé d'aménager des **trouées de taille suffisante pour laisser des échappatoires aux migrateurs**. Soufflot *et al.*, (2010) évaluent la **distance minimale d'une trouée à 1 000 mètres** (1 250 mètres dans l'idéal, sans distinction du sens d'implantation des éoliennes). Ces mêmes auteurs recommandent également **d'exclure les croisements de lignes d'éoliennes** (configuration en croix, en « Y » ou en « L »).

Selon Gaultier *et al.*, (2019), l'impact de l'effet barrière sur les oiseaux migrateurs est encore difficile à évaluer et nécessiterait des travaux de recherche spécifiques.

1.5.1.3 Risque de collision

La mortalité des oiseaux peut résulter de collisions avec les pales ou avec la tour de la nacelle. Les petits passereaux pourraient également subir des barotraumatismes et être projetés au sol par les turbulences créées par la rotation des pales (Gaultier *et al.*, 2019). Il faut également noter qu'un faible taux de mortalité peut générer des incidences écologiques notables, pour les espèces menacées et pour les espèces à maturité lente et à faible productivité annuelle (Gaultier *et al.*, 2019).

Les différentes espèces interagissent différemment face à un parc éolien. Les espèces plus sensibles à l'effarouchement (limicoles, anatidés, grues, aigles, *etc.*), plus méfiantes vis-à-vis des éoliennes en mouvement, sont par conséquent moins sensibles au risque de collision. Les **espèces moins farouches seront potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision** avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, *etc.*).

Les **rapaces, les laridés et les passereaux migrateurs nocturnes** sont généralement considérés comme les plus exposés au risque de collision avec les turbines (Souflot, 2010).

Certaines situations peuvent accroître les risques de collision avec les pales. Les principaux critères sont le **nombre d'éoliennes, leur taille, la configuration du parc** (cf. chapitre précédent sur l'effet barrière et le contournement), **le contexte paysager, les hauteurs et types de vol des espèces, le comportement de chasse pour les rapaces et les phénomènes de regroupement pour les espèces en migration**, principalement pour les migrateurs nocturnes. De même, les **conditions météorologiques défavorables (brouillard, nuages bas, vent fort)**, constituent des situations à risque.

Certains rapaces, en particulier **les espèces à tendance charognarde** tels les milans, la Buse variable ou encore les busards peuvent être **attirés sur les parcelles cultivées lors des travaux agricoles** (notamment la fauche des prairies au printemps et les moissons en été) et par **l'ouverture des milieux** liée au défrichement.

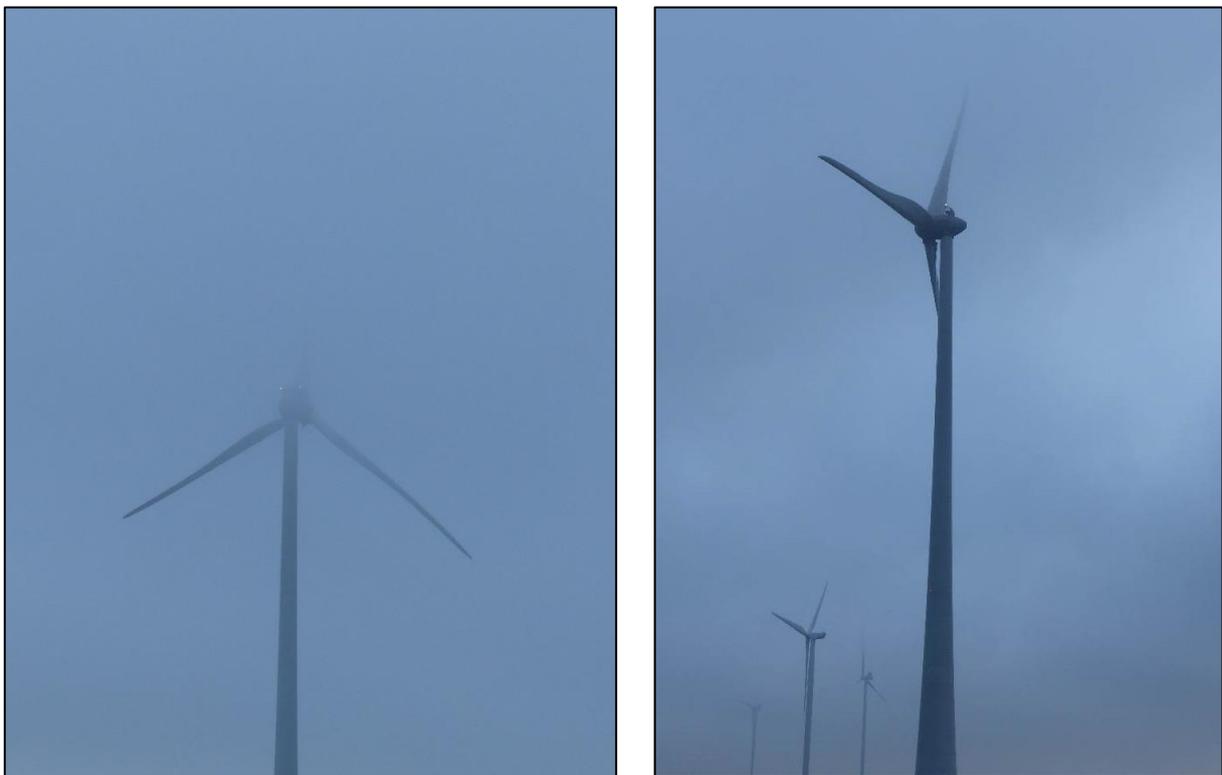


Photo 1 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales.

©Encis Environnement

Pendant les **migrations**, les collisions semblent survenir **plus particulièrement la nuit**. Les espèces qui ne migrent que de jour (rapaces, cigognes, fringilles, etc.) sont souvent capables d'adapter leurs trajectoires à distance. En effet, Albouy *et al.*, (2001), ont observé que **88 % des oiseaux changent leur trajectoire à la vue des éoliennes**. Ces comportements d'anticipation participent à la réduction des situations à risque.

1.5.2 Chiroptères

1.5.2.1 Généralités

Notion et tendance de population chez les chiroptères

Les chiroptères sont des espèces dites longévives présentant une longévité élevée, une maturité sexuelle tardive et un taux de reproduction faible avec un petit par an expliquant un très faible taux d'accroissement des populations (Culina *et al.*, 2019, Kerbiriou *et al.*, 2015b, Froidevaux *et al.*, 2017). L'état des populations de chiroptères est encore mal connu mais le maintien de ces dernières repose sur la survie des adultes (Diffendorfer *et al.*, 2015, Lentini *et al.*, 2015, Culina *et al.*, 2019). Bien que l'estimation des populations soit complexe à surveiller, et que la taille des populations est encore loin d'être connue, les paramètres démographiques et, par conséquent, le potentiel impact des décès sur la viabilité des populations de chauves-souris est un paramètre important à prendre en compte (Lenhert *et al.*, 2014, Ellison LE 2013).

Des études récentes au niveau national présentent différents patterns avec des tendances à l'augmentation pour la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin, le Grand Rhinolophe, le Murin à oreilles échanquées, le Petit Rhinolophe, la Pipistrelle de Kuhl et le Rhinolophe euryale, et à l'inverse, des tendances à la diminution pour le Minioptères de Schreibers, la Noctule commune, la Noctule de Leisler, le Petit Murin, la Pipistrelle commune et la Sérotine commune (Tapeiro *et al.*, 2017, SFPEM 2016a, Bas *et al.*, 2020). Globalement, la tendance de population au niveau national sur l'ensemble des espèces de chiroptères est en diminution entre 2006 et 2018 (Bas *et al.*, 2020).

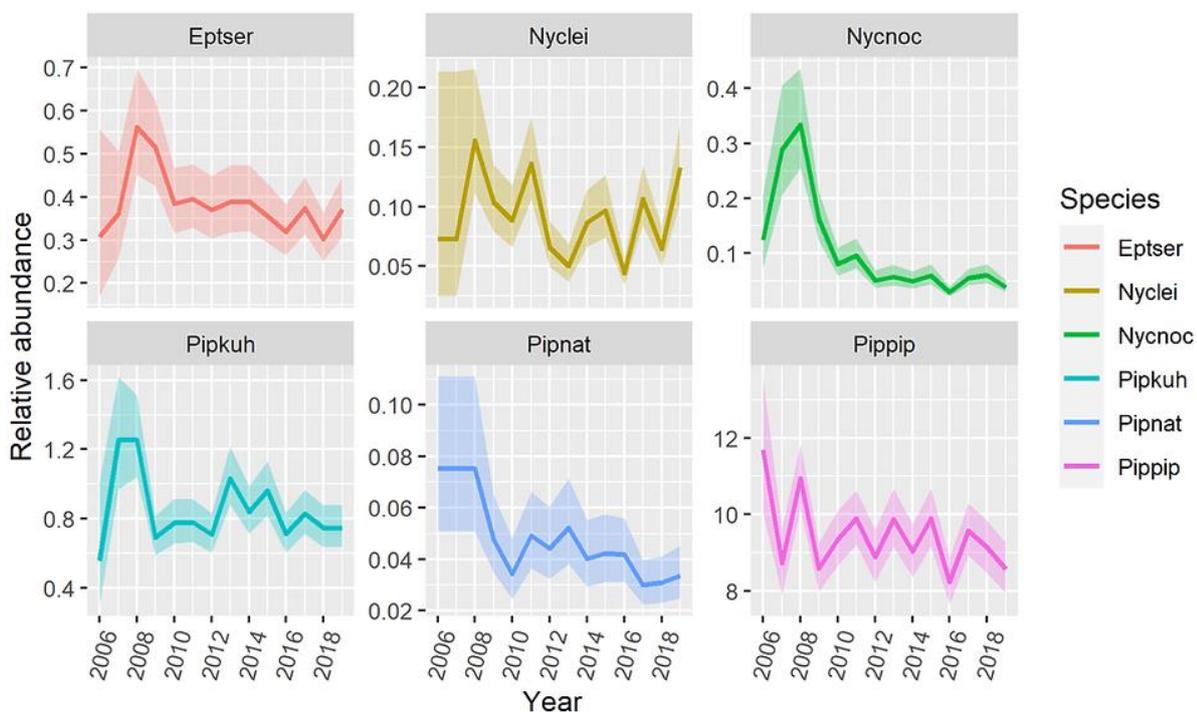


Figure 2 : Tendances des populations pour six espèces de chauves-souris en France entre 2006 et 2018 (Bas *et al.*, 2020)

Impacts de l'éolien sur les chiroptères

La présence d'éoliennes en fonctionnement peut avoir deux types de conséquence sur les chiroptères :

- **la perte d'habitat** (abandon de certaines zones de chasse, de transit et/ou d'habitat de gîte),
- **la mortalité** (collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.).

1.5.2.2 Perte et/ou altération d'habitat

Perte directe ou destruction d'habitats

Le premier impact en termes de perte d'habitat, est la destruction directe d'habitats de gîte, de chasse ou de déplacement. Ainsi, une destruction directe d'habitat est principalement impactante pour les espèces locales, notamment sur des habitats favorables aux chiroptères comme les boisements de feuillus ou mixtes ou les haies (Barataud *et al.*, 2019, Kelm *et al.*, 2014, Eurobats 2017).

La perte d'habitat de gîte envisagée est la destruction d'arbres pouvant héberger différentes espèces de chiroptères. Les habitats privilégiés par les chauves-souris arboricoles sont généralement les forêts de feuillus matures et les arbres creux ou sénescents qu'ils soient au sein de boisements ou de haies (Kusch & Schotte 2007, Averbach *et al.*, 2015 et Peste *et al.*, 2015). Ainsi, la perte de gîtes surtout dans les secteurs où ils sont rares aura un impact plus grand que des modifications d'habitats de chasse ou de transits (Brinkmann *et al.*, 2011, Amorim *et al.*, 2012).

Les pertes directes d'habitats de chasse et de déplacement auront pour conséquences un abandon du territoire de nourrissage, et/ou un changement de voies de déplacement, entraînant des conséquences similaires aux dérangements (phénomène détaillé dans les parties suivantes).

Dérangement par altération de la qualité de l'habitat de chasse

Plusieurs études relatent une modification de l'activité des chiroptères liée aux éoliennes. Ainsi, l'activité des chauves-souris est plus faible au niveau des éoliennes qu'au niveau de sites témoins, et est également liée au fonctionnement de la machine, et à la proximité des éoliennes entre elles (Minderman *et al.*, 2012, Minderman *et al.*, 2017). Notons que les études de Mindermann *et al.*, (2012, 2017) portent sur des petits gabarits d'éoliennes (hauteur de mât variant de 6 à 25 m) et démontrent une baisse de l'activité des Pipistrelles communes dans les 100 m autour de ces éoliennes. Ces résultats sont donc difficilement transposables sur les machines actuelles et manquent d'informations quant au type d'habitat inventorié. De plus, l'effort d'échantillonnage (4 nuits d'écoute) apparaît relativement faible au vu des efforts de prospection actuellement définis.

L'altération de la qualité de l'habitat de chasse toucherait de multiples espèces de chiroptères, qu'elles soient soumises ou non aux risques de collision avec l'éolien. C'est le cas notamment pour la Barbastelle d'Europe, les murins sp., la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et les oreillards sp (Roেকে *et al.*, 2016, Barré *et al.*, 2018).

Cette altération de l'habitat de chasse provoquerait un impact ainsi qu'au niveau local et plus particulièrement en fonction de la proximité des haies (Millon *et al.*, 2015, Barré *et al.*, 2018). Ces deux études sont cependant à relativiser au vu de plusieurs biais.

On notera que l'étude de Millon *et al.*, (2015), porte uniquement un parc éolien de 30 éoliennes de gabarit moyen, à 100 m en bout de pale. Elle montre une baisse d'activité (non chiffrée) entre le pied des éoliennes et les autres habitats, mais plusieurs biais apparaissent au regard des connaissances actuelles :

- l'échantillonnage semble très faible avec 2 visites de terrain seulement,
- Il existe une comparaison entre les activités au pied d'éoliennes et des habitats très éloignés du parc, à environ 35 km de distance,
- Les distances entre les éoliennes et les habitats analysés (non définis) autour du parc ne sont pas précisées, l'étude cite simplement un minimum de 880 m et un maximum de 2,4 km de distance. Ces distances semblent beaucoup trop importantes pour être probantes.

Cette bibliographie plutôt ancienne semble donc peu utilisable dans le contexte éolien actuel, et surtout aux regards des connaissances actuelles sur les chauves-souris (répartition spatiale de l'activité, grande variation inter-journalière de l'activité).

La thèse de Kevin Barré (2018) semble démontrer un évitement des lisières de la part des chauves-souris dans un périmètre d'au moins 1000 m autour des éoliennes. Néanmoins, il est difficile de considérer comme acquis ces résultats en raison de plusieurs biais.

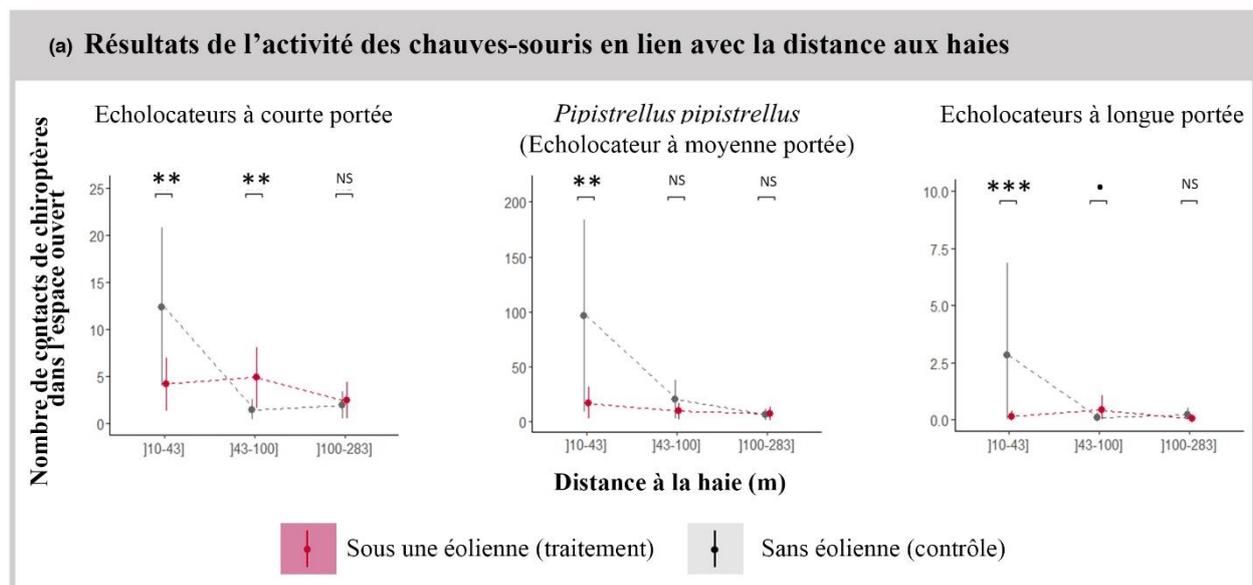
Le protocole de l'étude n'a d'abord pas prévu une analyse « Avant-Après » la construction des parcs éoliens qui aurait pu permettre de confirmer une réelle baisse d'activité. Ensuite, l'effort d'échantillonnage paraît limité si l'on tient compte des variations journalières de l'activité des chiroptères, avec une seule nuit d'écoute par parc et uniquement en migration automnale. La multiplication du nombre d'éoliennes échantillonnées (n=151) compense en partie ce biais mais pas entièrement. Un dernier biais provient du choix du point de contrôle. Les points d'enregistrement ont été placés sur des haies à différentes distances et orientations par rapport aux éoliennes étudiées, de 0 à 1000 m de distance. Les points situés à 1000 m étaient systématiquement considérés comme points de référence de l'activité « non influencée par le parc éolien ». Ces points de contrôle n'ont cependant pas forcément été placés à habitat comparable, les haies montrant de grandes disparités de fréquentation par les chiroptères, indépendamment de leur structure (Lacoeuilhe *et al.*, 2016). Il est possible que les milieux environnants jouent également un rôle sur les niveaux d'activité en raison de leur attrait pour les chiroptères (gîtes, nourriture).

Ces résultats sont par exemple critiqués par Richardson *et al.*, (2021) qui observent un effet inverse avec un effet d'attraction des Pipistrelles communes par les éoliennes. Selon ces auteurs, la différence de résultat provient de l'échantillonnage : Barré (2018) a placé ses points de contrôle le long des haies uniquement (habitats préférentiels des chiroptères), alors qu'il est communément admis que la majorité des parcs éoliens sont dans des zones de moindre activité chiroptérologique.

Une autre étude plus récente offre de nouveaux résultats (Leroux *et al.*, 2022), en réutilisant les échantillons de Barré (2018) avec une approche différente. Cette fois-ci, les points de contrôle se situent dans le même type d'habitat que les éoliennes et à même distance haie/éolienne. Ce protocole évite ainsi le biais de placement des points de contrôle dans des habitats non comparables. L'échantillon étant le

même que Barré (2017), il demeure, malgré tout, quelques biais vus précédemment. Les résultats sont les suivants :

- En l'absence d'éolienne, l'activité décroît plus à mesure que l'on s'éloigne de la haie. L'activité, toutes espèces de chiroptères confondues, est la plus importante entre 10 – 43 m des haies. Cette activité baisse drastiquement de 10 à 43 m, pour n'être plus que très faible de 43 à 283 m ;
- En présence d'éolienne, on n'observe plus cette répartition de l'activité. Pour toutes les espèces, on observe une baisse importante de l'activité à proximité immédiate de l'éolienne (entre 10 et 43 m)
- Au-delà, de 43 à 283 m, les « écholocateurs » moyenne et longue portée ne présentent plus de réaction. Les « glaneurs » montrent, quant à eux, une augmentation de leur activité entre 43 et 100 m, puis plus de réaction au-delà de 100 m.



*Echolocateurs à courte portée : Murins, Rhinolophes, Barbastelles ; Echolocateurs à moyenne portée : Pipistrelle commune ; Echolocateurs à longue portée : Noctules, Sérotines

Figure 3 : Résultats de l'activité des chauves-souris en lien avec la distance aux haies (Leroux et al., 2022)

Il y aurait donc possiblement un effet d'évitement des chauves-souris entre 10 et 43 m du pied de l'éolienne. Ceci demanderait cependant à être approfondi par une étude plus robuste, avec une comparaison « Avant/Après » la construction d'un parc éolien, et sur plusieurs nuits et plusieurs saisons.

En conclusion, le doute subsiste toujours sur l'existence d'un effet d'évitement des chauves-souris à proximité de parcs éoliens. Le petit nombre d'études disponibles sur le sujet se révèlent soit trop anciennes soit avec de forts biais. A l'inverse, certaines études montrent un phénomène d'attraction de certaines chauves-souris (Richardson *et al.*, 2021, voir plus loin).

Enfin, certaines études relèvent également la possibilité d'abandon des zones de chasse des espèces les plus sensibles aux ultrasons émis par les éoliennes, à l'instar de la Sérotine commune (Bach 2001, 2002 et 2003 ; Bach and Rahmel 2004). Notons néanmoins qu'aucune étude récente n'a étudiée ce

dernier sujet et que ces anciennes études ont été réalisées sur de très petits modèles d'éoliennes qui n'existent plus à l'heure actuelle.

Dérangement par émissions d'ultrasons

Un parc éolien en fonctionnement peut être cause d'émissions sonores. Schröder a par exemple montré en 1997 que certains parcs éoliens pouvaient émettre des ultrasons jusqu'à 32 kHz. Les chiroptères sont perturbés par les ultrasons lorsque leur intensité et/ou leur fréquence recourent celles de leurs propres cris (Neuweiler 1980 ; Schmidt and Joermann 1986 ; Simmons *et al.*, 1978). Les effets de certaines émissions sonores sur les chauves-souris sont peu connus. Néanmoins elles pourraient les perturber lors de leur recherche d'insectes si des éoliennes se situent entre leur gîte et leurs territoires de chasse. Ce pourrait être le cas des espèces qui, comme le Grand Murin, repèrent les insectes à leurs bruissements.

A long terme, cela pourrait entraîner un abandon des zones de chasse des espèces les plus sensibles (Bach 2001, 2002 et 2003 ; Bach and Rahmel 2004). Bach a par exemple observé, dans son étude sur les effets du parc éolien de Midlum situé à Cuxhaven en Allemagne, que les sérotines communes présentes habituellement sur le site évitaient les zones à plus fortes concentrations en ultrasons ce qui aurait pour conséquence l'abandon partiel du territoire de chasse (à noter que ce phénomène ne touche pas les pipistrelles communes selon ses résultats). Il est important de noter que le parc étudié comprenait des éoliennes de petite taille, non comparables avec les modèles récents d'éoliennes.

1.5.2.3 Mortalité directe et indirecte

La mortalité des chauves-souris peut être liée à différents facteurs : collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.

La mortalité par contact direct ou indirect avec les aérogénérateurs reste l'impact le plus significatif des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.*, 2011). Ces collisions ont pour conséquence des blessures létales ou sublétales (Grodsky *et al.*, 2011).

La synthèse bibliographique récente d'Eva Schuster (Schuster *et al.*, 2015) s'est appuyée sur plus de 220 publications scientifiques dans le but de dresser un état des lieux des connaissances en la matière et de confronter ces différentes hypothèses. Cette publication sert de base à l'argumentaire suivant.

Mortalité indirecte

Outre la mortalité la plus évidente résultant de la collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes, d'autres cas de mortalité indirecte sont documentés.

Un **phénomène de pression/décompression** lors du passage des pales devant le mât a lieu lors de la rotation des pales. La chute brutale de la pression de l'air pourrait impliquer de sérieuses lésions internes des individus passant à proximité des pales, nommés barotraumatismes. Dans une étude réalisée au Canada (Baerwald *et al.*, 2008), 92 % des cadavres retrouvés morts sous les éoliennes

présentaient, après autopsie, les caractéristiques d'un barotraumatisme (hémorragie interne dans la cage thoracique ou la cavité abdominale). Certains auteurs remettent en question l'existence même de ce phénomène (Houck 2012 ; Rollins *et al.*, 2012). Grodsky *et al.*, (2011) et Rollins *et al.*, (2012) soulignent que certains facteurs environnementaux (temps écoulé après le décès, température, congélation des cadavres pour leur conservation) seraient à même de reproduire les critères diagnostiques d'une hémorragie pulmonaire concluant au barotraumatisme.

Trois autres phénomènes sont à relater bien que moins mentionnés dans la littérature scientifique. La rotation des pales d'éoliennes pourrait provoquer un **vortex** (tourbillon d'air) susceptible de piéger les chauves-souris passant à proximité (Horn *et al.*, 2008). De même, les **courants d'air créés par la rotation des pales** seraient susceptibles d'entraîner des torsions du squelette des chiroptères passant à proximité des pales ce qui pourrait aboutir à des luxations ou des fractures des os alaires (Grodsky *et al.*, 2011). Enfin, Horn *et al.*, (2008) ont observés des cas de **collision sublétales** où des individus percutés par des pales ont continué à voler maladroitement. Ce type de collision aboutissant certainement au décès des individus en question ne serait ainsi pas comptabilisé dans les suivis de mortalité opérés dans un certain rayon autour des éoliennes puisque les cadavres se trouveraient alors à bonne distance du site.

La saisonnalité, les conditions météorologiques ou le type d'habitat, comme facteurs de mortalité par collision fortuite

La majorité des auteurs s'accordent sur le fait que la saisonnalité joue un rôle prépondérant sur la mortalité des chiroptères par collision avec des aérogénérateurs : l'activité chiroptérologique et donc la mortalité sont les plus élevées en fin d'été-début d'automne (Arnett *et al.*, 2006 ; Dürr 2002 ; Doty and Martin 2012 ; Hull and Cawthen 2013 ; Brinkmann *et al.*, 2006, 2011 ; Grodsky *et al.*, 2012 ; etc.). Cette observation a ainsi conduit de nombreux auteurs à considérer que la mortalité par collision est intrinsèquement liée au comportement migratoire automnal. Si ce fait est avéré, comme nous le verrons plus loin, ce n'est pas seulement le comportement migratoire des chauves-souris qui induirait cette mortalité importante (collisions lors de vols directs), mais plutôt un comportement saisonnier. Les espèces migratrices ne seraient en fait pas forcément plus touchées que les populations locales (Behr *et al.*, 2007 ; Brinkmann *et al.*, 2006 ; Rydell *et al.*, 2010 ; Voigt *et al.*, 2012). En France, une étude récente menée sur le parc éolien de Castelnaud-Pegayrols en Aveyron (Beucher *et al.*, 2013) a permis d'attester que les populations locales, gîtant à proximité du parc éolien et utilisant le site comme zone de chasse et de transit, étaient plus sensibles que les migratrices. Selon Cryan et Brown (2007), la période migratoire automnale impliquerait en fait une activité accrue d'individus lors des pauses migratoires destinées à reconstituer les réserves, gîter ou se reproduire, augmentant ainsi le risque de collisions. Le besoin de stocker des réserves énergétiques en vue de l'hibernation serait également la cause d'une activité accrue en automne (Furmankiewicz and Kucharska 2009).

Les **conditions météorologiques** influent directement ou indirectement sur la disponibilité en ressource alimentaire (insectes majoritairement pour les chauves-souris européennes) et sur les conditions de vol des chiroptères, donc sur le taux de mortalité par collision (Baerwald and Barclay 2011).

Le paramètre le plus influent semble être la vitesse de vent. Rydell *et al.*, (2010) ont noté des activités maximales pour une vitesse de vent entre 0 et 2 m/s puis, de 2 à 8 m/s, une activité diminuant pour devenir inexistante au-delà de 8 m/s. Behr *et al.*, (2007) arrivèrent aux mêmes conclusions pour des vitesses de vent supérieures à 6,5 m/s. Si la plupart des études sur le sujet concordent sur ce phénomène, les valeurs seuils sont variables et dépendantes de la localisation des sites, de la période de l'année, des espèces concernées. Arnett *et al.*, (2008) estimèrent pour deux parcs éoliens des Etats-Unis que la mortalité aurait été réduite de 85 % si les aérogénérateurs avaient été arrêtés pour des valeurs de vent inférieures à 6 m/s en fin d'été-début d'automne.

La température semble également jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre augmentation de la température et activité (Redell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.*, 2006, 2007 ; Baerwald and Barclay 2011...), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant indépendamment sur l'activité chiroptérologique (Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). Arnett *et al.*, 2006 ont en outre observé qu'au-dessus de 44 m d'altitude, l'activité n'était en rien affectée par la température. Les opinions sur les autres paramètres météorologiques sont d'autant plus mitigées. La pression atmosphérique (Cryan and Brown 2007 ; Kern *et al.*, 2005), le rayonnement lunaire (Baerwald and Barclay 2011 ; Cryan *et al.*, 2014) et l'hygrométrie (Behr *et al.*, 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois plus vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr *et al.*, (2011), ou sur l'abondance d'insectes (Corten and Veldkamp 2001).

Le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes varie également en fonction de l'**environnement immédiat** du parc, de la configuration des aérogénérateurs (distance entre le mât et les structures arborées) et de leurs caractéristiques (hauteur du moyeu et longueur des pales). Selon des études réalisées en Allemagne (Dürr 2003), plus la distance entre le mât de l'éolienne et les structures arborées avoisinantes (haies, lisières forestières) est faible et plus les cas de mortalité sont fréquents. Rydell *et al.*, (2010) ont estimé des mortalités de 0-3 individus/turbine/an en openfield, 2-5 individus/turbine/an en milieu semi-ouvert et 5-20 individus/turbine/an sur la côte et en forêt (surtout sur les promontoires et crêtes). Ces résultats sont confirmés par plusieurs études :

- Concernant les **plans d'eau et les côtes**, l'implantation d'éoliennes à proximité de ces habitats représente un fort risque de mortalité sur les chiroptères en raison de l'abondance d'insectes (Ahlén *et al.*, 2003, Eurobats 2016).

- Concernant les **secteurs boisés**, une activité chiroptérologique plus élevée est observée, avec une influence significative de la distance aux boisements sur la densité d'espèces de bas et moyen vol (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Sérotine commune) mais les espèces de haut-vol ne semblent pas répondre à cette variable (Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, Noctule de Leisler) (Roemer *et al.*, 2019). Mathews *et al.*, en 2012 montrent également que la présence de bois dans un rayon de 1 500 m de parcs éoliens semble réduire le risque pour les pipistrelles suivant les lisières mais augmente le risque pour les noctules.

Parallèlement, les haies (à l'instar des lisières boisées) sont très importantes pour les chiroptères en fonction de leurs qualités et concentrent l'activité (Lacoeuilhe *et al.*, 2018, Lacoeuilhe *et al.*, 2016, Kelm *et al.*, 2014, Boughey *et al.*, 2011).

D'après des études américaines (Kunz *et al.*, 2007), les éoliennes situées à proximité de linéaires boisés (lisières forestières) et sur des crêtes sont particulièrement mortifères car les chauves-souris les utilisent comme corridors de déplacement. En France, dans le parc de Castelnau-Pegayrols, Beucher *et al.*, (2013) ont noté des mortalités bien plus importantes sous les éoliennes situées à proximité de structures arborées que sur celles situées à plus de 100 m des lisières. La mortalité a de fait été estimée à 348 individus par an pour l'ensemble des éoliennes ; 9 des 13 éoliennes de ce parc sont situées à proximité immédiate des lisières.

Ainsi, plusieurs articles scientifiques et doctrines, à différentes échelles, recommandent une distance entre le bout de pale des éoliennes et les canopées des haies et boisements de 50 m (Dürr 2007, Kelm *et al.*, 2014, Natural England 2014) jusqu'à 200 m (Eurobats 2017, SFPEM 2016).

On notera toutefois que la recommandation d'Eurobats semble aujourd'hui assez dépassée et contredite par les études récentes. En effet, cette recommandation se base sur des études anciennes et n'a pas été remise en perspective depuis (2008). Dans cette dernière étude, il n'est pas clairement précisé sur quelle référence bibliographique s'appuie la recommandation de 200 m de recul. Plusieurs références sont souvent citées : Ahlén (2002), Bach *et al.*, (2004), Behr et Von Helversen (2005), Ahlen, Rahmal, Brinkmann *et al.*, (2006), Durr et Bach (2004), Endl *et al.*, (2005), Hotker *et al.*, 2004, Johnson et Strickland (2004). La plupart sont des suivis d'activité et de mortalité dont le protocole est dimensionné d'après les connaissances encore lacunaires de l'époque. Certaines études concernent des modèles d'éoliennes très petites (moins de 50 m en bout de pales), qui ne sont plus comparables avec les modèles d'éoliennes actuelles. Les études plus récentes (Brinkmann *et al.*, 2011 ; Kelm *et al.*, 2014) ont donc un recul de 10 à 20 ans de plus et cumulent les savoirs des nombreuses observations passées.

La publication de Brinkmann *et al.*, (2011) est le fruit d'une collaboration entre plusieurs experts chiroptérologues allemands (dont Brinkmann et Behr). Il s'agit d'une étude de longue durée menée sur environ 65 parcs éoliens allemands, devenue une référence car elle constitue une base de données et une analyse des résultats unique en Europe sur le sujet de l'impact de l'éolien sur les chiroptères. L'étude discute de l'intérêt d'un éloignement de 200 m aux différentes structures du paysage propices aux chauves-souris (haies, bosquets, forêts etc.). Il existerait une très grande différence de risque de collision en fonction du lieu d'implantation des éoliennes. **Ce risque ne peut être identifié qu'au cas par cas (sans subir de règle stricte comme la règle arbitraire des 200 m)**. La distance aux structures paysagères et la hauteur de mât ont une influence sur le risque de collision, mais cette dernière reste cependant faible. Il a été observé que l'activité des chiroptères baisse au fur et à mesure que l'on s'éloigne des structures paysagères, entraînant ainsi une baisse du risque de collision. Cependant, le risque reste présent dans tous les milieux et au-delà de la limite subjective de 200 m car une grande partie des espèces de chauves-souris présente un comportement opportuniste dans leur recherche de nourriture. Pour Brinkmann *et al.*, l'éloignement aux haies ne devrait pas être la solution principale pour éviter le risque de collision. En effet, parmi les différents critères qui influent sur le risque de mortalité, l'éloignement aux structures végétales reste de faible influence face aux conditions climatiques qui

régissent l'activité des chiroptères (vitesse de vent, température, précipitations). Ainsi un fonctionnement adapté des éoliennes (programmation préventive) selon les conditions climatiques serait plus efficace et influencerait davantage sur le risque de collision que l'éloignement aux structures du paysage.

L'autre étude de référence est celle de Kelm *et al.*, (2014). Elle étudie le comportement et le niveau d'activité des chauves-souris aux abords des lisières boisées durant l'intégralité du cycle biologique. Cette étude aboutit à la constatation que **l'activité des chauves-souris est la plus forte aux abords directs des lisières**. Elle est notamment concentrée dans les 50 premiers mètres à la haie (85 % des contacts enregistrés). **Elle décroît ensuite drastiquement dans les 50 m de distance aux lisières**, pour être relativement stable et basse au-delà de 50 m. La décroissance entre 0 et 50 m peut être très importante pour certaines espèces : pour la Pipistrelle commune par exemple, entre avril et juin, son activité moyenne passe de 115 contacts/nuits à 0 m à 2 contacts/nuits à 50 m, soit une baisse de 98,3 %. Ce phénomène s'observe de manière globale toutes saisons confondues. Des variations de l'activité s'observent ensuite en fonction des espèces et des saisons. Si les murins et la Pipistrelle commune mais aussi la Barbastelle d'Europe et la Sérotine commune restent en toute saison à proximité immédiate des lisières, les noctules et la Pipistrelle de Nathusius peuvent s'en éloigner durant la saison de migration. Le schéma ci-dessous est issu de l'étude de Kelm *et al.*, (2014) et illustre cette répartition de l'activité en fonction de la distance aux lisières, des espèces et de la saison. Le schéma a été traduit pour une meilleure compréhension.

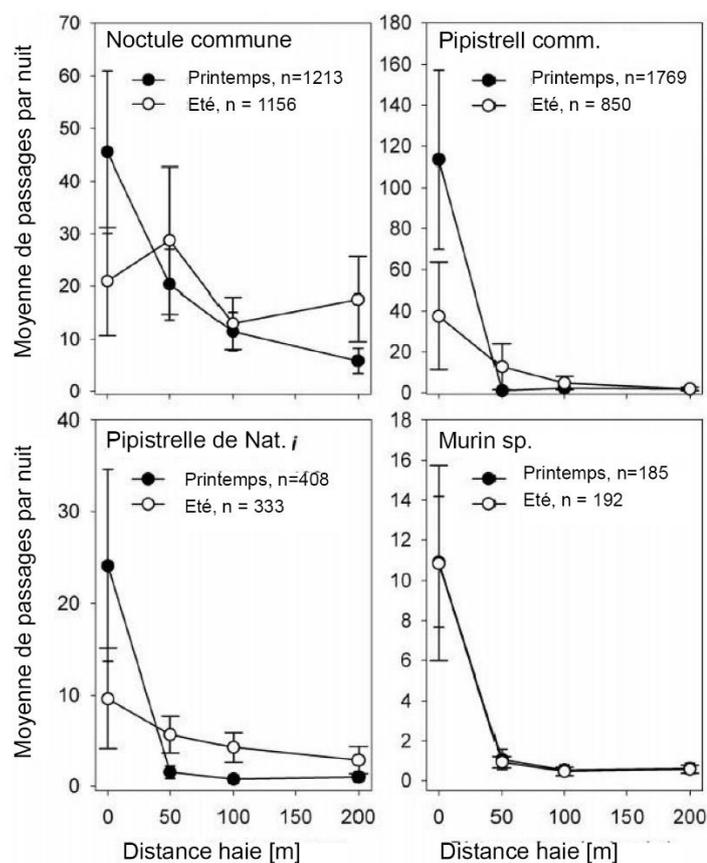
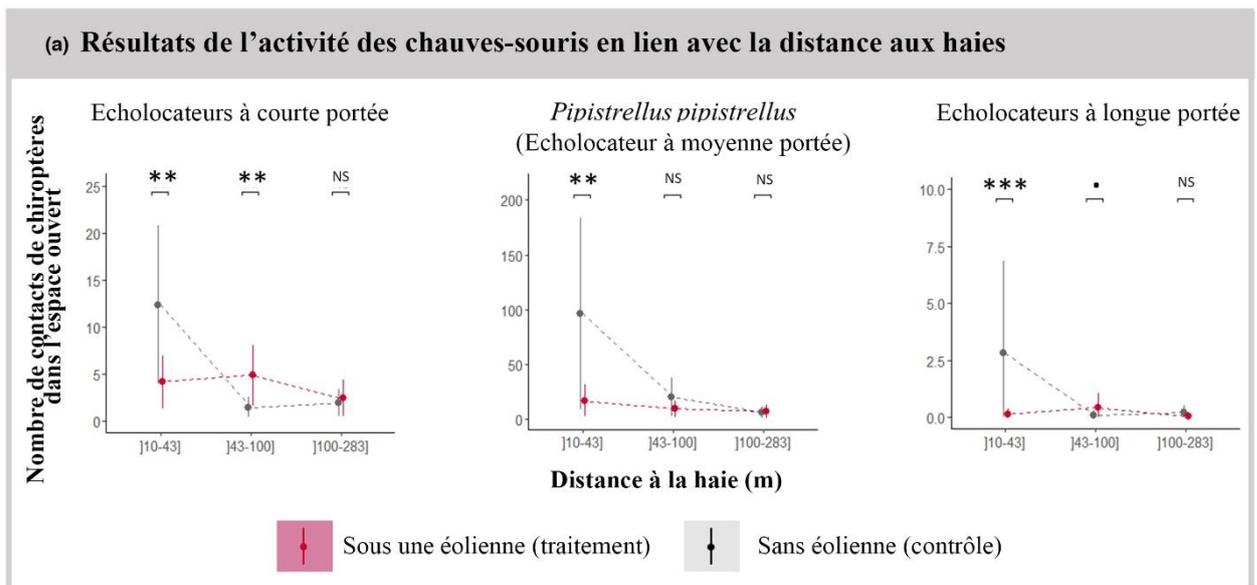


Figure 4 : Répartition de l'activité des chauves-souris en fonction de la distance aux haies (Adapté de Kelm *et al.*, 2014)

Les observations de Kelm *et al.*, (2014) ont été récemment confirmées de manière appuyée par l'étude de Leroux *et al.*, (2022) sur un échantillon conséquent de parcs éoliens bretons et Pays de la Loire (28 parcs éoliens). Cette étude montre bien que l'activité au sol est la plus importante au niveau des haies et chute progressivement de 0 à 43 m. Au-delà, l'activité est faible et constante (entre 43 et 283 m). Les espèces glaneuses se concentrent au pied des haies, tandis que plus on s'éloigne et le plus le cortège se réduit aux espèces opportunistes et pratiquant le vol en espace ouvert (espèce de haut-vol) avec une domination très large de la Pipistrelle commune.



***Echolocateurs à courte portée : Murins, Rhinolophes, Barbastelles ; Echolocateurs à moyenne portée : Pipistrelle commune ; Echolocateurs à longue portée : Noctules, Sérotines**

Figure 5 : Résultats de l'activité des chauves-souris en lien avec la distance aux haies (Leroux *et al.*, 2022)

Les conclusions que l'activité des chiroptères se concentre au sol entre 0 et 50 m, correspondent aussi aux observations de terrain de l'étude menée sur le projet Mare du Cornet. Les points d'écoute situés au milieu des cultures, soit à plus de 50 m des lisières, enregistrent une activité très inférieure à celle des autres habitats (lisières, boisements, mare forestière) et ce dans une forte proportion.

- Concernant les milieux ouverts, bien que moins attractifs pour la plupart des chiroptères ces habitats ne sont pas pour autant négligeables, notamment pour les espèces chassant en milieux ouverts comme les noctules et qui présentent un haut risque de collision (Bas *et al.*, 2014). Ainsi, même les espaces « défavorables » aux chiroptères comme les grandes plaines agricoles peuvent causer de fortes mortalités (Brinkmann *et al.*, 2011).

Quel que soit le milieu d'implantation des éoliennes, il apparaît nécessaire de quantifier l'activité des chiroptères dans ces secteurs et de mettre en place des mesures adaptées pour éviter tout risque de collision (Kelm *et al.*, 2014, Boughey *et al.*, 2011). En effet, Lintott *et al.*, en 2016 relèvent le fait que des sites ayant été perçus comme "pauvres" en termes de qualité pour les chiroptères lors des inventaires

pré-implantation, peuvent engendrer des victimes après la construction des éoliennes. Cela pourrait être lié à un changement de comportement après l'implantation des éoliennes, qui nécessiterait l'élaboration de stratégies d'atténuation, avec une compréhension du comportement des chauves-souris pouvant différer sur les sites après que les turbines aient été construites.

Des comportements à risques de collision, facteurs de mortalité

Comme nous l'avons vu précédemment, la saisonnalité joue un rôle particulier dans le niveau d'activité des populations de chiroptères. Les plus forts taux de mortalité sont ainsi généralement recensés en fin d'été-début d'automne, ce qui sous-entend un lien entre mortalité et migration automnale.

Lors des **migrations**, les chauves-souris traversent des zones moins bien connues que leurs territoires de chasse et/ou n'émettent que peu ou pas d'émissions sonar lors de ces trajets, elles seraient ainsi moins à même de repérer les pales en mouvement (Bach 2001 in Behr *et al.*, 2007 ; Johnson *et al.*, 2003). Néanmoins, plusieurs auteurs notent des émissions d'ultrasons au cours de la migration (Ahlén *et al.*, 2009 ; Furmankiewicz and Kucharska 2009), ce qui contredit cette dernière hypothèse. Selon une étude réalisée en Allemagne (Dürr 2003), sur 82 chauves-souris mortes par collision, seuls 8,5 % des cadavres ont été trouvés lors des migrations de printemps et en période de mise-bas et d'élevage des jeunes. La majorité des cadavres a été découverte lors de la dispersion des colonies de reproduction, de la fréquentation des gîtes de transit et d'accouplement et de la migration automnale. Cela peut s'expliquer par le fait que la migration automnale a généralement lieu sur une période plus étalée que la migration printanière en raison des nombreuses pauses destinées à se réapprovisionner et à s'accoupler. Furmankiewicz et Kucharska (2009) soulignent d'ailleurs un retour rapide aux gîtes estivaux après la phase d'hibernation. Selon ces auteurs, une autre raison pourrait être que la hauteur de vol des chiroptères en migration serait inférieure en automne par rapport au printemps. Enfin, un fait intéressant à noter est la répartition spatiale des mortalités constatée sur certains parcs éoliens. Baerwald et Barclay (2011) ont ainsi mesuré des taux de mortalité supérieurs au nord des parcs, ce qui suggère que les aérogénérateurs au nord seraient les premiers rencontrés par les espèces migrant en automne selon un axe nord-est/sud-ouest. À noter cependant que les individus migrants semblent moins enclins à la mortalité par les parcs éoliens que les individus locaux, comme cela a été démontré chez la Noctule commune (Lehnert *et al.*, 2014), bien que cette vulnérabilité soit dépendante du sexe et de l'âge des chauves-souris.

Les **comportements de chasse, de reproduction ou de swarming** sont vraisemblablement également des comportements à risque de collision. Horn *et al.*, (2008) mettent ainsi en évidence une corrélation positive entre activité d'insectes et de chauves-souris dans les deux premières heures de la nuit. L'analyse des contenus stomacaux a également permis de constater que le décès d'individus entrés en collision avec des pales était intervenu pendant ou après qu'elles se soient alimenté (Rydell *et al.*, 2010 ; Grodsky *et al.*, 2011).

En période de reproduction ou lors de recherches de gîtes de mise-bas ou de transit, les chiroptères arboricoles recherchent des cavités, des fissures, et des décollements d'écorce où s'installer. La silhouette d'une éolienne pourrait ainsi être confondue avec celle d'un arbre en contexte ouvert (Cryan *et al.*, 2014 ; Kunz *et al.*, 2007), entraînant une exploration de l'ensemble de la structure par les chauves-souris et augmentant ainsi le risque de collision. Des cas de gîtage dans des interstices de la nacelle ont d'ailleurs été mis en évidence en Suède et en Allemagne (Dürr 2002 in Hensen 2003 ; Rodrigues *et al.*, UNEP-Eurobats, publication 6, 2014). Cryan *et al.*, (2014) suggèrent une approche de ces structures par la vue et l'écholocalisation, mais également par l'appréciation des courants d'air. Des pales immobiles ou tournant lentement induiraient des courants d'air similaires à ceux induits par des arbres de grande taille, ce qui expliquerait que les chiroptères n'approcheraient ces structures que par vitesses de vent réduites.

Enfin, à proximité des gîtes de mise-bas ou de lieux de swarming, des regroupements importants de chiroptères peuvent avoir lieu, résultant en une augmentation conséquente du nombre d'individus et de l'activité autour du site et en un rassemblement d'individus volant autour des entrées. Cela implique nécessairement un risque accru de mortalité par collision.

Il existe une corrélation significative entre les espèces sensibles au risque de collision sur les parcs éoliens et leurs préférences en termes de hauteur de vol (Roemer *et al.*, 2017).

Ainsi parmi les espèces de chiroptères présentes en Europe, deux principaux groupes peuvent être distingués :

- **Les espèces se déplaçant et chassant en plein ciel, dites de « haut-vol » (molosse, noctules) et celles de lisières susceptibles d'évoluer régulièrement en hauteur (pipistrelles, minioptères, sérotines).** Ces espèces sont considérées comme particulièrement sensibles au risque de collision (Dürr 2021).

- **Les espèces spécialistes et majoritairement associées aux milieux forestiers, bocagers ou humides, qui, dans la grande majorité de leurs déplacements, restent à proximité des structures arborées et dépassent rarement la canopée (Barbastelle d'Europe, murins sp., oreillards sp., rhinolophes sp.).** Ces espèces présentent un risque de collision avec les éoliennes assez faible (Dürr 2021).

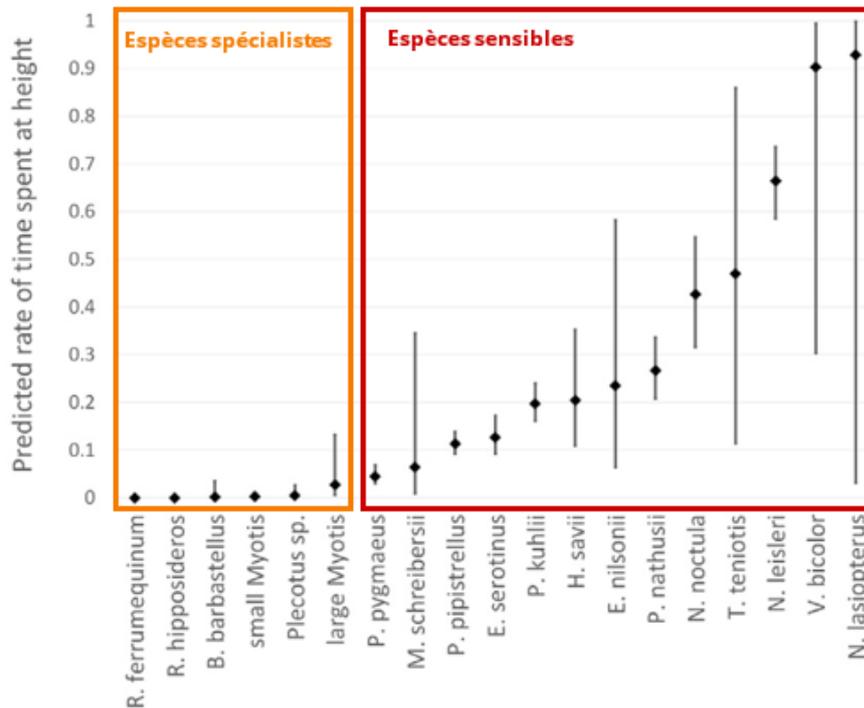


Figure 6 : Ration du temps passé en hauteur pour chaque espèce de chiroptères (Adapté de Roemer *et al.*, 2017)

La **morphologie** et les **spécificités écologiques** de certaines espèces semblent être un facteur important dans le risque de collision. Cela paraît évident au vu de la fréquence de mortalité de certaines espèces face aux éoliennes. Hull et Cawthen (2013) et Rydell *et al.*, (2010) ont ainsi démontré les similarités entre espèces sensibles à l'éolien telles que les noctules, les pipistrelles et les sérotines en Europe. Il s'agit d'espèces glaneuses de plein air aux ailes longues et effilées, adaptées à ce type de vol et utilisant des signaux à faible largeur de bande et à forte intensité. Rydell *et al.*, (2010) ont conclu que 98 % des espèces victimes de mortalité par collision sont des espèces présentant ces caractéristiques morphologiques et écologiques. 184 cadavres de chauves-souris ont été récoltés au pied des éoliennes d'un parc éolien dans le Minnesota (Johnson *et al.*, 2000) et 80 % de ces chiroptères étaient des espèces de haut vol ou au vol rapide. Les espèces de haut vol, de grande taille (rythme d'émission lent impliquant un défaut d'appréciation de la rotation des pales), les espèces au vol peu manœuvrable, ainsi que les espèces chassant les insectes à proximité des sources lumineuses (balisage nocturne des éoliennes), sont donc les plus sujettes aux collisions.

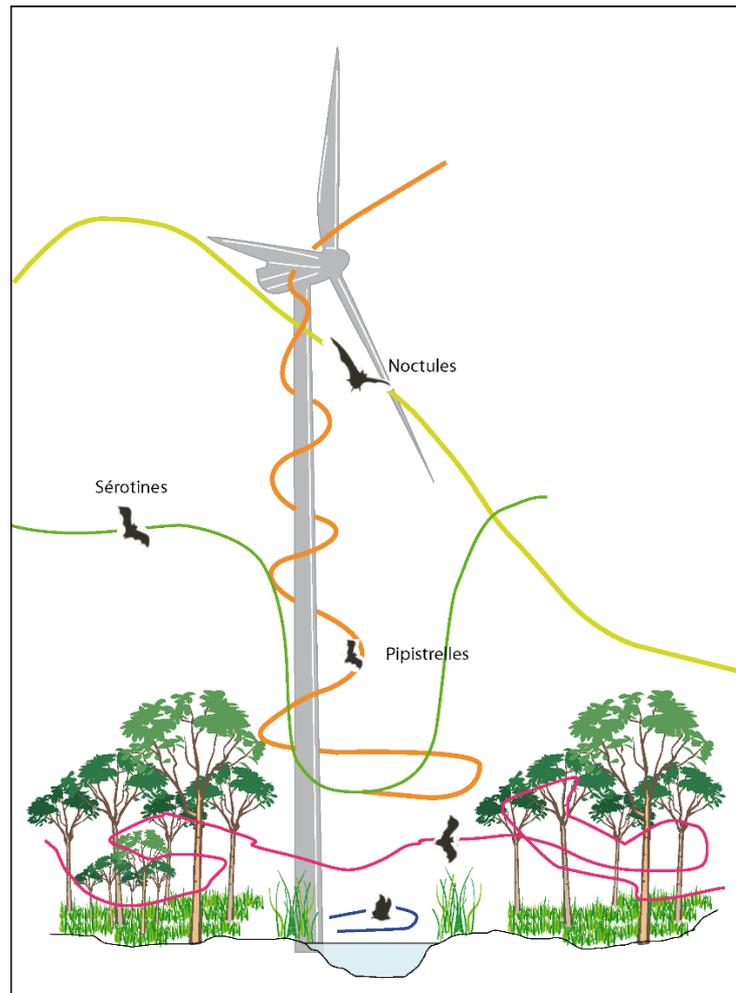


Figure 7 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne

Le comportement des chiroptères vis-à-vis de l'éolien n'est pas forcément similaire en hauteur (entre 30 et 150 m) qu'au sol.

Les nombreuses études sur mât de mesure avant l'implantation des parcs éoliens ainsi que les suivis à hauteur de nacelle une fois le parc construit montrent bien que l'activité des chauves-souris en hauteur est très différente de l'activité au sol. En effet, elle est beaucoup moins importante en comparaison de l'activité au sol. Roemer *et al.*, (2017) a montré que l'activité en hauteur est décorrélée de l'activité au sol, c'est-à-dire qu'il peut y avoir, sur une même nuit, une forte activité au sol et aucune activité en hauteur.

Les cortèges d'espèces volant en hauteur sont aussi différents de ce qu'on observe au sol. De nombreuses études ont documenté cette particularité (Brinkmann *et al.*, 2011 ; Hurst *et al.*, 2016 ; Roemer *et al.*, 2017 - cf. figure 33) et concluent que seules les espèces dites « opportunistes » utilisant préférentiellement les lisières (Pipistrelle commune et Sérotine commune) ainsi que les espèces de haut vol (Noctules et Pipistrelle de Nathusius), sont retrouvées à hauteur de nacelle.

Le niveau d'activité des chiroptères en hauteur semble suivre la même logique d'éloignement des structures paysagères qu'au sol. C'est-à-dire que **plus on s'éloigne de la canopée et plus l'activité en**

hauteur décroît rapidement. Hurst *et al.*, (2016) démontrent **qu'aux altitudes de 50 m et 100 m, seules les espèces de haut-vol ont été régulièrement observées au-dessus des boisements.** Les espèces des groupes de murins, oreillard et rhinolophes, connues comme "glaneuses" et qui, en temps normal, volent et chassent très près de la végétation, n'ont été détectées que dans des cas exceptionnels à 50 m et 100 m de hauteur. C'est aussi le constat de Reichenbach *et al.*, (2015).

Plusieurs études montrent aussi **qu'au-delà des 50 m de proximité à la canopée, l'activité en hauteur semble être très peu influencée avec la proximité aux structures paysagères.** Brinkmann *et al.*, (2011) le montraient déjà : ils n'observaient pas de corrélation significative entre l'activité au niveau de la nacelle et la proximité aux structures paysagères. Selon leur modèle statistique, le fait d'éloigner une éolienne située à proximité immédiate de bois ou de bosquets pour la placer à une distance de 200 m, entraînait, une réduction de l'activité de chauves-souris attendue de 10 à 15 % en moyenne (différence considérée comme non significative). Ainsi, comme cité précédemment, selon Brinkmann *et al.*, (2011), une mesure de réduction consistant au bridage des éoliennes, semble plus efficace que l'éloignement des structures paysagères.

L'étude de Hurst *et al.*, (2016, p. 34) aboutit aux mêmes conclusions en citant Reichenbach *et al.*, (2015). Cette étude consiste en une première comparaison des activités des chauves-souris sur des installations en forêt et en milieu ouvert. Elle montre que l'activité des chauves-souris ne différerait pas entre la forêt et les milieux ouverts à hauteur de nacelle : les mêmes espèces étaient actives au-dessus de la forêt dans les mêmes conditions qu'en milieu ouvert (Reichenbach *et al.*, 2015). L'étude de Reers *et al.*, (2017), basée sur l'analyse de 193 écoutes annuelles en nacelle d'éolienne en Allemagne constituant une base d'environ 193 000 données d'enregistrement, va dans le même sens. Cette analyse conclut à une absence de différence significative du niveau d'activité des chiroptères en altitude entre les paysages forestiers et ouverts. La phénologie de l'activité ainsi que la composition spécifique sont sensiblement les mêmes en altitude quels que soient les milieux.

Ainsi, au-delà de 50 m environ de la canopée, le fait de se positionner en culture à proximité des éléments boisés n'aurait que peu d'influence sur l'activité prédictible à hauteur de nacelle. Le risque de collision serait donc similaire si on positionnait l'éolienne à 50 m de la canopée qu'à plus grande distance des éléments boisés.

L'attraction des éoliennes, un facteur de mortalité

Comme nous l'avons abordé précédemment, les éoliennes peuvent elles-mêmes attirer les chiroptères. Les aérogénérateurs peuvent être confondus avec des arbres pouvant potentiellement comporter des gîtes (cf. Mortalité par collision coïncidente) ; tous les auteurs s'accordent sur ce sujet (Cryan and Brown 2007 ; Cryan *et al.*, 2014 ; Hull and Cawthen 2013 ; Kunz *et al.*, 2007). Un autre phénomène est l'attraction des insectes par les éoliennes. La **production de chaleur** pourrait concentrer les insectes et ainsi attirer les chiroptères en chasse et donc augmenter le risque de mortalité par collision (Ahlén 2002).

De même, Horn *et al.*, (2008) ont vérifié que les abondances d'insectes sont supérieures à proximité des lumières de la FAA (Federal Aviation Administration), ce qui pourrait également être un facteur

d'attraction pour les chiroptères. Dans la même étude, des images thermiques ont pu montrer des individus chassant activement autour de la nacelle et des pales. Johnson *et al.*, (2004) trouvent également des activités supérieures à proximité des **sources lumineuses** des éoliennes bien qu'une incidence directe sur la mortalité n'ait pu être mise en évidence. Outre la présence de nourriture, certaines espèces de chauves-souris dites héliophiles (Sérotine commune par exemple) ont assimilé que des nuages d'insectes pouvaient être présents au niveau de sources lumineuses, elles peuvent donc également être attirées par la luminosité, ce y compris en l'absence d'insectes. Beucher *et al.*, (2013) ont aussi mis en évidence l'influence du facteur luminosité sur l'attractivité des éoliennes pour les insectes et les chauves-souris.

Il est connu que nombre d'espèces de chauves-souris utilisent les structures paysagères (haies, lisières, ripisylve) pour se déplacer et chasser, non seulement parce qu'elles représentent un repère spatial mais également en raison du **rôle de coupe-vent** de ces éléments paysagers. Des concentrations d'insectes pourraient s'y former pour la même raison et donc encourager la recherche de proies le long de ces structures. Les chiroptères utiliseraient donc les aérogénérateurs de la même façon en volant à l'opposé de la direction du vent pour y rechercher les essaimages d'insectes (Cryan *et al.*, 2014). Un autre facteur possible d'attractivité, selon Ahlén *et al.*, (2003), serait **l'émission de basses fréquences** par la rotation des pales des éoliennes. Cela dit, comme il a été traité précédemment, beaucoup d'auteurs considèrent plus ces émissions ultrasonores comme une gêne que comme un attrait.

Une des études les plus récentes sur le sujet, Richardson *et al.*, (2021), montre clairement une attirance des Pipistrelles communes autour des éoliennes dans les cultures. Cette étude se base sur un échantillonnage robuste, avec 19 nuits en moyenne, au cours de 2 saisons et sur 23 parcs éoliens en Grande-Bretagne. Les points de contrôle et les points à proximité des éoliennes, sont situés en habitat similaire, dans les cultures. Les résultats montrent qu'en proportion, le nombre de contacts de Pipistrelles communes au pied de l'éolienne était plus élevé (74% des contacts) comparé au point de contrôle (47%). Sur les 22 sites où il y a eu un enregistrement de Pipistrelle commune, 70% avaient une moyenne d'activité plus forte sous l'éolienne que sur le point de contrôle. Les nuits de forte activité de Pipistrelle commune ont été plus fréquentes sous les éoliennes (68% des occurrences) que sur les points de contrôle. La différence de niveau d'activité moyen entre éolienne et contrôle est de 37% de plus pour les éoliennes. L'étude conclut que les résultats pourraient expliquer rationnellement les risques de collision des Pipistrelles communes observés dans toutes les études.

Le modèle d'éolienne, facteur de mortalité

Parmi les multiples facteurs influençant le risque de mortalité des chiroptères au niveau des parcs éoliens, le modèle d'éolienne choisi semble avoir une importance. En effet, plusieurs études se sont intéressées à ce sujet et ont permis de s'interroger sur plusieurs phénomènes :

- La **garde au sol**. Des questionnements existent sur l'impact possible des faibles gardes au sol sur les chiroptères. Aucune étude scientifique ne montre aujourd'hui clairement cette influence. Les interrogations portent cependant sur le fait que les faibles gardes au sol pourraient entrer en interaction avec l'activité de chiroptères à vol bas, jusqu'ici non impactés. Ces interrogations demandent à être

étudiées. Sans préjuger des résultats, il serait cohérent de considérer que les pales qui entreraient dans les zones d'activité mises en évidence dans les inventaires de terrain des études d'impact présentent un risque accru de mortalité. Dans le cas présent, la garde au sol de 32,6 mètres permettra donc de limiter l'impact des éoliennes, notamment sur les espèces à vol bas, en complément de la programmation préventive.

- La **couleur des éoliennes**. Les couleurs blanche et gris clair des éoliennes semblent également influencer la présence d'insectes, et ainsi engendrer d'éventuels comportements de chasse à risque à proximité des éoliennes (Long *et al.*, 2011, Kunz *et al.*, 2007).

Cet état des connaissances indique tout d'abord un effet avéré potentiellement important de l'exploitation des parcs éoliens sur les populations de chiroptères. Les publications scientifiques mentionnées constituent parmi les seuls retours d'expérience en la matière, nombre de suivis comportementaux et de mortalité n'étant pas accessibles ou disponibles. Les diverses hypothèses avancées et souvent vérifiées ne représentent ainsi pas une seule cause de perturbation ou de mortalité des chiroptères par les éoliennes mais constituent différents facteurs agissant conjointement et dépendant des situations locales.



2 Méthodes utilisées

2.1 Méthodologie et démarche générale

Le suivi environnemental analyse les impacts du projet sur l'avifaune et les chiroptères et, pour les installations soumises à autorisation, sur toute espèce protégée identifiée dont la sensibilité à l'éolien est avérée et présentant un enjeu dans l'évaluation environnementale préalable (dont l'étude d'impact). Puis, les conclusions de cette dernière sont comparées avec les impacts de ce suivi environnemental. En application du principe de proportionnalité, l'intensité du suivi à mettre en œuvre dépendra des espèces présentes et des enjeux identifiés sur le site, ainsi que de l'impact résiduel déterminé par l'évaluation environnementale pour ces espèces. Pour les installations soumises à autorisation, le suivi mené par l'exploitant devra explicitement se référer aux mesures préconisées par l'étude d'impact et rappeler les données ayant permis de qualifier et quantifier les impacts résiduels du parc éolien précisés par cette dernière.

L'intensité du suivi à mettre en œuvre est défini selon plusieurs indices (sensibilité, vulnérabilité, note de risques, *etc.*), basés sur le croisement de différents paramètres, tels que le statut de conservation UICN, le nombre de cas de mortalité recensés en Europe, la taille et/ou la dynamique de population, la sensibilité au dérangement, *etc.*

Avifaune

L'indice utilisé est **l'indice de vulnérabilité**. Cet indice de vulnérabilité, compris entre 0,5 et 4,5, est le croisement entre la sensibilité au risque de collision et le statut de conservation UICN national. La sensibilité d'une espèce au risque de collision, comprise entre 0 et 4, correspond au rapport entre la mortalité recensée en Europe (Dürr, mises à jour régulières) et la taille de la population concernée. Les chiffres des populations européennes sont ceux publiés par BirdLife International (BirdLife 2017, European Birds of Conservation Concern – Populations, trends and national responsibilities).

Chiroptères

La sensibilité et la vulnérabilité sont regroupées sous la forme d'un seul coefficient pour les chiroptères. L'indice utilisé est ainsi la **note de risque**. Cette note, comprise entre 1 et 4, correspond au croisement entre le statut de conservation UICN national et le taux de mortalité en Europe. **Cet indice inclus ainsi la sensibilité et définit un risque pour les populations d'espèces**. Concernant les chiroptères, il n'existe effectivement pas d'évaluation des populations européennes ou nationales assez fiables, la vulnérabilité ne peut être définie avec précision d'où l'indice de risque utilisé.

Pour le parc éolien de Bois Méréault, le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées sera composé de :

- Suivi de l'activité en hauteur des chiroptères ;
- Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères.

Le parc éolien de Bois Méréault a fait l'objet d'un suivi environnemental en 2020-2021, comprenant un suivi de l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle, un suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères, un suivi de l'activité de l'avifaune (oiseaux nicheurs et migrants) et un suivi de l'évolution des habitats naturels.

2.2 Suivi d'activité des chiroptères

2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte

Le suivi de l'activité des chauves-souris permet d'évaluer l'état de conservation des populations de chiroptères présentes de manière permanente ou temporaire au niveau de la zone d'implantation du parc éolien. Il a également pour objectif d'estimer l'impact direct ou indirect des éoliennes sur cet état de conservation, en prenant en compte l'ensemble des facteurs influençant la dynamique des populations. Ce suivi porte sur chacune des phases du cycle biologique des chauves-souris (transits printaniers et gestation, mise-bas et élevage des jeunes, transits automnaux et swarming).

Les paramètres faisant l'objet du suivi de l'activité des chiroptères sont déterminés dans l'étude d'impact en fonction des enjeux et des impacts potentiels identifiés sur le parc éolien. Ainsi, ce suivi examine des paramètres tels que l'état des populations sur le site (diversité spécifique, activité d'une espèce donnée, etc.), le comportement des chauves-souris en vol, les périodes et conditions de présence des individus, etc.

2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire

2.2.2.1 Inventaires ultrasoniques automatiques en nacelle

Le protocole d'écoute en nacelle a pour but de réaliser des inventaires sur une longue période et à hauteur de nacelle d'éolienne.

2.2.2.1.1 Pression d'inventaire

D'après l'étude d'impact du parc éolien de Bois Méréault (Adev Environnement, 2016), « *Les espèces ayant l'indice de vulnérabilité le plus fort sont la **Noctule commune** et la **Pipistrelle de Nathusius** (indice de 3,5). Le projet éolien du Bois Méréault n'aura pas d'impact résiduel sur ces espèces, il conviendra néanmoins de faire un suivi de l'activité en période de transit et de reproduction, avec une pression d'observation de 9 sorties par an réparties sur les 3 saisons d'observation (printemps, été, automne)* ». « *Un suivi de la mortalité est conseillé sur toutes les éoliennes pendant une année complète, afin de vérifier que les populations d'oiseaux et de chiroptères au sein du parc ne soient pas affectées de manière significative par le fonctionnement des éoliennes. De plus, un suivi de gîte d'hibernation et un suivi de site de swarming devront être réalisés en parallèle* ».

Pour le parc éolien de Bois Méréault, un suivi de l'activité en hauteur (grâce au dispositif BATmode S), ciblant les espèces les plus concernées par des cas de mortalité éoliens (espèces de haut-vol), a été réalisé en 2022 (BATmode S installée sur l'éolienne E2). De fait, le protocole présenté ci-après répond aux modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du 16 janvier 2017. Il est conforme également au protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens révisé en 2018.

2.2.2.1.2 Protocole d'étude utilisé

Un enregistreur automatique (modèle BATmode S+ de BioAcousticTechnology) est placé à l'intérieur de la nacelle de l'éolienne et le microphone est inséré dans sa paroi (illustration suivante).



Figure 8 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.)

L'enregistreur est équipé d'un micro, placé sous la nacelle de l'éolienne au moyen d'un trou effectué dans la paroi de cette dernière. Ainsi, des relevés de la présence de chiroptères, dans un rayon allant jusqu'à 60 mètres autour du micro (distance variable selon les espèces), pourront être réalisés chaque nuit pendant les périodes d'inventaires. L'ensemble du dispositif est piloté par un ordinateur, placé dans la nacelle, et pilotable à distance.

2.2.2.1.3 Méthode d'écoute et d'identification

Les pistes sonores sont analysées par logiciel afin de déterminer les espèces présentes ainsi que leur comportement. Le dispositif étant positionné sur une nacelle d'éolienne, les données sur les conditions extérieures récoltées par cette dernière sont utilisées afin de mener une analyse croisée des paramètres.

Dans le but d'obtenir des données exploitables servant de base à l'interprétation d'un chiroptérologue, trois étapes sont nécessaires :

Analyse automatique des données brutes

À chaque détection de cris, le dispositif BATmode enregistre et une piste sonore est générée au format numérique. Cette dernière est sauvegardée sur un disque dur, permettant par la suite un transfert vers un ordinateur à distance.

Le grand nombre d'heures d'écoute engendre une grande quantité de pistes sonores, difficilement analysables manuellement. C'est pourquoi un logiciel de reconnaissance automatique des signaux ultrasons est utilisé. Le logiciel SonoChiro® traite les enregistrements en deux étapes :

- Le processus de détection consiste à localiser puis caractériser dans les fichiers enregistrés un maximum de signaux potentiellement émis par les chiroptères.

- Le processus de classification s'appuie sur la caractérisation des signaux détectés lors de la phase précédente. Cette classification s'opère sur chaque fichier où le logiciel a détecté des signaux de

chiroptères. À l'issue de cette phase de classification, chaque contact bénéficie d'une identification à 4 niveaux : espèce, groupe, indice de présence de buzz (son émis pour la détection d'une proie) et indice de présence de cris sociaux. Chaque niveau bénéficie d'un indice de confiance allant de 0 à 10 de façon à refléter le risque d'erreur d'identification. La présence d'une espèce est jugée fiable lorsque l'indice de confiance est supérieur à 5.

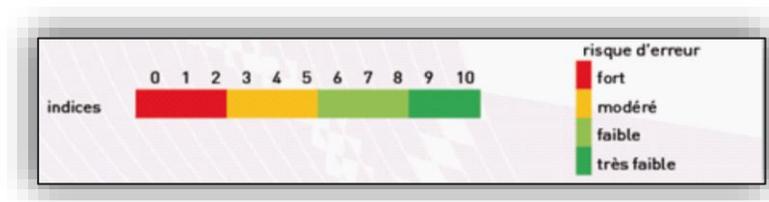


Figure 9 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés

Vérification des résultats par un chiroptérologue

Le logiciel de reconnaissance automatique génère un tableau de résultats. Pour chaque séquence enregistrée, un certain nombre de paramètres est donné (groupe, espèce, indices de confiance, nombre de cris, date de l'enregistrement, etc.). La validité des déterminations issues de la reconnaissance automatique par logiciel est variable selon la qualité des enregistrements, les espèces contactées et le nombre de cris par séquence. Les déterminations au groupe sont généralement fiables tandis que les déterminations fines (à l'espèce) doivent être validées par un chiroptérologue. Dans ce cadre, un chiroptérologue procède à une vérification des espèces sur la base de la bibliographie, de sa connaissance du terrain et des inventaires déjà réalisés. La présence de chaque espèce est vérifiée par un chiroptérologue.

Dans la présente étude, à raison d'une trop forte proportion de parasites dans les enregistrements, l'analyse acoustique a été renforcée pour éliminer l'ensemble de ces derniers.

Les séquences de qualité médiocre (faiblesse des sons, bruits parasites) ou dont les signaux peuvent correspondre à plusieurs espèces sans possibilités de les différencier, sont laissées au genre afin de limiter les marges d'erreur. À défaut de la connaissance de l'espèce pour certains enregistrements, le nombre de contacts enregistrés constitue une donnée permettant de quantifier l'activité chiroptérologique.

Corrélation des données chiroptérologiques, météorologiques et astronomiques

La dernière étape de gestion et traitement des données consiste à mettre en conformité les données issues des enregistrements, les données fournies par l'éolienne et les données astronomiques de lever et coucher du soleil. À l'issue de cette opération, chaque enregistrement est défini par une série complète de paramètres permettant d'exploiter au mieux les données.

La mise en correspondance des données météorologiques et des enregistrements est réalisée par logiciel (macro Excel). Les enregistrements sont horodatés précisément tandis que les données météorologiques sont moyennées toutes les dix minutes. Concernant les vitesses de vent et la température, l'éolienne possède des instruments de mesure sur la nacelle.

2.2.2.1.1 Localisation des protocoles effectués

Le tableau suivant présente l'habitat et l'éolienne dans lequel la BATmode est installée.

Numéro du point	Habitat	Type de milieu
BATmode S – Éolienne E2	Culture	Ouvert

Tableau 1 : Habitat et type de milieu inventorié

La cartographie suivante permet de rappeler la position de la Batmode S sur le parc éolien de Bois Méréault.



Carte 3 : Localisation et dénomination du dispositif Batmode S

2.2.2.2 Calendrier des passages d'inventaire

2.2.2.2.1 Inventaire en nacelle

Concernant les écoutes sur nacelle d'éolienne, la période de présence du dispositif va du 13 avril 2022 au 20 novembre 2022. Les analyses des écoutes ont été menées sur l'ensemble de la période d'activité des chiroptères.

Le volume des données brutes peut parfois être important lorsque l'éolienne génère des sons parasites, cela a été le cas ici.

Lors des périodes de maintenance ou du fait de problèmes techniques, il peut arriver que certaines nuits le dispositif ne fonctionne pas. Le monitoring permet d'identifier ces nuits de défaillance.

Le dispositif n'a pas présenté de dysfonctionnement lors de cet inventaire.

Inventaires et méthodes employées	Nombres de nuits d'enregistrement	Dates des campagnes	Personne ayant réalisé les inventaires
Enregistrements automatiques en nacelle (Batmode S)	220 nuits en 2022	Du 13 avril au 20 novembre 2022	Benoît LESAGE

Tableau 2: Période d'écoutes de l'activité à hauteur de nacelle

2.3 Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères

2.3.1 Principes et objectif

L'exploitation d'un parc éolien engendre un risque de mortalité pour la faune volante présente de manière ponctuelle ou répétée à proximité des aérogénérateurs, par collision avec les pales en mouvement ou par barotraumatisme. Afin de s'assurer que les populations d'oiseaux et de chiroptères ne soient pas affectées de manière significative par le parc éolien et que l'impact sur ces taxons n'excède pas les prévisions de l'étude d'impact, un suivi de la mortalité est effectué sur site.

Ce suivi repose sur une méthodologie proposée par le « protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » rédigé en novembre 2015 et révisé 2018, ainsi que sur les « suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères », document actualisé en 2016 par la SFPEM.

L'évaluation de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères engendrée par un parc éolien est réalisée par la recherche de cadavres au pied des aérogénérateurs. La technique consiste en une recherche visuelle au sol durant un trajet réalisé à pied, selon un parcours prédéfini et reproduit à plusieurs reprises durant une ou plusieurs périodes phénologiques au cours d'une année.

La mortalité brute observée est ensuite extrapolée, lorsque cela est possible, par l'utilisation de différents estimateurs. Ces estimateurs intègrent plusieurs paramètres correcteurs, tels que la surface prospectée relative, l'intervalle de temps moyen entre deux prospections, l'efficacité du chercheur ou encore la durée de persistance des cadavres sur le site (liée notamment à la prédation par d'éventuels charognards).

Si la mortalité brute observée sur le parc peut permettre la mise en évidence d'un impact d'ordre qualitatif (incidence notable sur un taxon, période à risque ou éolienne particulièrement mortifère), seules les mortalités estimées peuvent être utilisées pour quantifier l'impact de manière globale, et éventuellement, être comparées à d'autres parcs éoliens.

Compte tenu des nombreux facteurs aléatoires régissant les différences entre la mortalité constatée sur site et la réalité, il est par ailleurs nécessaire d'être vigilant aux limites des extrapolations effectuées. Toute conclusion ne devrait ainsi être tirée qu'en prenant en compte la tendance globale apportée par l'ensemble des estimateurs, et non les résultats d'une unique estimation.

Dans le cadre du suivi de la mortalité, la découverte d'un cadavre d'oiseau ou de chauve-souris par l'exploitant ou par l'un de ses sous-contractants fait systématiquement l'objet d'une fiche détaillée. Cela permet ainsi le recensement standardisé des caractéristiques de l'espèce et des conditions de mortalité constatée par une procédure définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Seuls les acteurs habilités à manipuler des cadavres ou des animaux blessés pourront remplir ces fiches de terrain dans le cadre du suivi de mortalité.

2.3.2 Protocole utilisé

2.3.2.1 Pression d'inventaires

La pression des inventaires et leur organisation au cours de l'année se définissent en fonction de la phénologie des espèces et tiennent compte des résultats de l'étude d'impact et des enjeux identifiés sur le site.

Le protocole national de suivi dans sa version de mars 2018 prévoit les modalités suivantes :

SEMAINE N°	1 A 19	20 A 30	31 A 43	44 A 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé :	Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques ou risque d'impact sur les chiroptères

L'étude d'impact ne soulève pas d'enjeux nécessitant la mise en place d'un renforcement du suivi établi par défaut d'après le protocole national (2018). Par ailleurs, l'arrêté d'autorisation ne prévoit pas de renforcement de ce protocole.

Dans le cas du parc de Bois Méréault, les différents retours des suivis de parc alentour ont poussé l'exploitant à prévoir un suivi renforcé pendant les mois d'août et de septembre, mois durant lesquels l'activité chiroptérologique et la mortalité sont potentiellement les plus importants. De fait, deux sorties par semaine ont été réalisées durant ces derniers mois portant à 31 le nombre de sorties pour le suivi mortalité. Ce suivi renforcé prévoit :

- un passage par semaine entre les semaines 20 et 43, soit 23 passages,
- deux passages par semaine durant la période sensible d'août à septembre soit 8 passages supplémentaires.

Au total sur l'année 2022, 31 prospections ont été réalisées dans le cadre du suivi de la mortalité, à raison d'une prospection par semaine, entre les semaines 20 et 43 et de deux prospections par semaine entre les semaines 32 et 39. Le calendrier complet des sorties est présenté en Annexe 4.

2.3.2.2 Nombre d'éoliennes prospectées

Compte tenu d'une potentielle hétérogénéité de la mortalité au sein d'un parc éolien, le protocole national préconise le suivi de :

- toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- d'au moins $8 + (n - 8) / 2$ pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes.

Ainsi, au sein du parc de Bois Méréault, toutes les éoliennes (trois) ont été prospectées lors de ce suivi.

2.3.2.3 Surface et méthode d'échantillonnage

La surface prospectée sous les éoliennes est déterminée par la zone de survol des pâles, et donc, par la longueur de ces dernières. Un quadrat théorique de prospection est fixé, formé par des côtés d'une longueur de 100 mètres au minimum, ou deux fois la longueur des pales pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 mètres.

Dans le cadre de ce suivi, pour chaque éolienne suivie, un quadrat de 120 mètres de côté a ainsi été fixé. La surface théorique d'échantillonnage couvre donc une surface de 14 400 m² par éolienne suivie.

Par la suite, le chercheur détermine un parcours à suivre et l'utilise invariablement lors de chaque prospection. L'espacement entre les transects ne doit pas dépasser 10 mètres, correspondant à une distance maximale de perception des cadavres par un observateur.

Le schéma suivant illustre la méthode théorique mise en place dans le cadre d'un suivi de la mortalité au pied d'une éolienne.

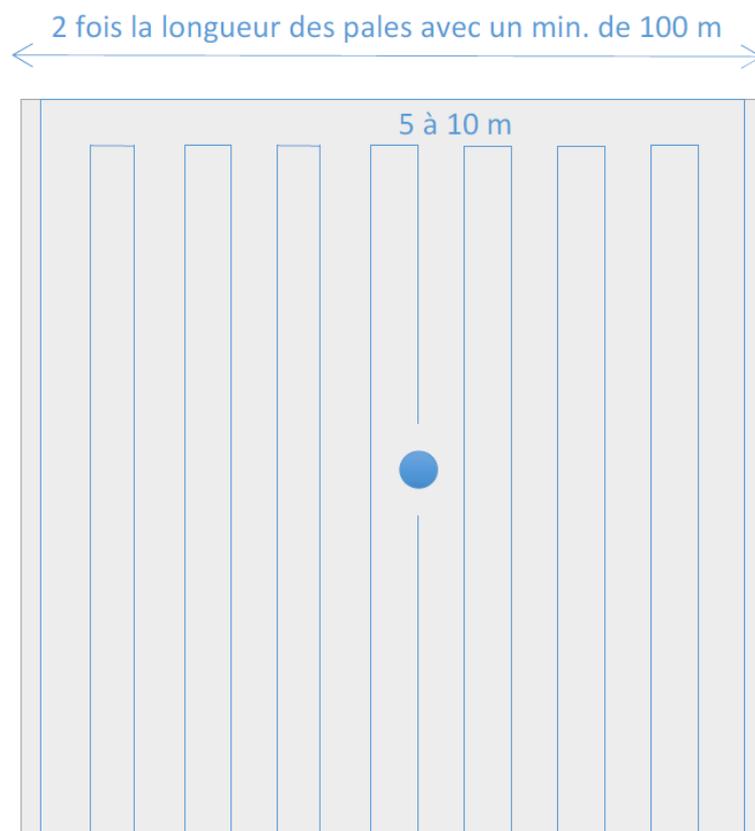


Figure 10 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne

Au cours de chaque prospection du suivi mortalité une fiche de données est complétée par le chercheur (Annexe 1). De plus, à chaque découverte de cadavre, celui-ci est localisé par GPS, photographié et déterminé, puis, fait l'objet d'une fiche détaillée définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (Annexe 2). Cette fiche permet la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatées.

2.3.3 Détermination du statut biologique

Le statut biologique des individus est déterminé en fonction de plusieurs paramètres : date de découverte, critères morphologiques, phénologie de l'espèce, présence avérée en nidification, etc. En effet, il existe par exemple des périodes pendant lesquelles certaines espèces sont en phase migration alors que d'autres sont en phase de reproduction. Ce phénomène existe également entre des individus au sein de la même espèce. Si la caractérisation précise de la phase biologique n'est pas possible, c'est la phase présentant l'enjeu le plus important qui est retenue.

2.3.4 Méthodes d'estimation de la mortalité

L'estimation de la mortalité peut être réalisée par l'intermédiaire de plusieurs formules mathématiques considérées comme valides, issues de différents protocoles (Winkelman, 1989 ; Erikson, 2000 ; Jones, 2009 ; Huso, 2010 ; Korner, 2011 ; Etterson, 2013).

Ces formules prennent en compte un certain nombre de paramètres. Ceux-ci permettent d'intégrer certains biais liés aux divers facteurs aléatoires, induisant les différences entre la mortalité constatée sur site et la réalité.

Ainsi, d'une manière générale, outre le nombre de cadavres trouvés (mortalité brute), plusieurs variables sont à évaluer afin d'être utilisées comme paramètres correcteurs :

- **l'efficacité du chercheur** (efficacité du chercheur à détecter les cadavres au sol),
- **la persistance des cadavres** (durée moyenne de présence ou taux de persistance des cadavres avant prélèvement, notamment par des animaux charognards),
- **l'intervalle des prospections sur site,**
- **les surfaces non-prospectables** (surfaces qui ne peuvent être prospectées en raison des contraintes liées au couvert végétal, au dénivelé, à la maîtrise foncière, etc.).

Deux tests ont été réalisés pour mesurer l'efficacité de l'observateur et pour quantifier la persistance des cadavres sur le site.

2.3.4.1 Durée moyenne de l'intervalle (I)

La durée moyenne de l'intervalle (I) entre deux prospections doit être déterminée afin d'être prise en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité. Elle est calculée comme suit :

$$I = \frac{\sum_i^S I_i}{r}$$

- Où :
- I_i : durée de l'intervalle i
 - r : nombre d'intervalles (entre chaque recherche)

2.3.4.2 Test d'efficacité

Ce test a pour but de déterminer l'efficacité du chercheur, à savoir le nombre de cadavres trouvés par rapport à un nombre de cadavres déposés sur la zone de prospection.

Ainsi, afin de simuler des cadavres d'oiseaux et de chiroptères, une tierce personne (testeur) dépose entre trois et cinq cadavres (au moins) de poussins et/ou de souris, de tailles variées de manière aléatoire, sous chacune des éoliennes du parc. Les cadavres sont tout de même placés de manière à couvrir différents types de végétation présents, hors zones non-prospectées, et sont localisés par GPS. Le chercheur effectue ensuite son parcours habituel. Le nombre de cadavres retrouvés est alors comptabilisé.

Le facteur de correction lié à l'efficacité des chercheurs (d) correspond à la proportion de cadavres trouvés par rapport au nombre de cadavres déposés, soit :

$$d = \frac{d_t}{d_T}$$

- Où :
- d_t : nombre de cadavres trouvés par le chercheur
 - d_T : nombre de cadavres déposés initialement

Les paramètres des deux tests effectués sur l'année de suivi sont synthétisés dans le tableau suivant.

Test	Date	Nombre cadavres déposés		
		Petit (souris)	Gros (poussins)	Total
Test 1	14 juin 2022	18	12	30
Test 2	13 septembre 2022	18	10	28
Total		36	22	58

Tableau 3 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi

2.3.4.3 Test de persistance

Ce test a pour but d'évaluer la durée de persistance des cadavres, afin d'en tenir compte dans l'estimation de la mortalité. Cette durée de persistance est notamment influencée par les prélèvements des charognards.

À la suite du test d'efficacité les cadavres leurres sont laissés sur place. Plusieurs prospections ont lieu les jours suivant, à J+1, J+3, J+6, J+9, J+13, J+16 ou jusqu'à la disparition des cadavres. Cela permet d'estimer la durée de persistance des cadavres dans le milieu.

Selon la méthode d'estimation, ce prélèvement peut être mesuré de différentes manières :

- **La durée moyenne de persistance des cadavres (t)**, utilisée dans les méthodes d'Erickson, de Jones et d'Huso, qui est calculée comme suit :

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{C_T} t_i}{C_T}$$

- Où :
- t_i : durée de persistance du cadavre i
 - C_T : nombre de cadavres utilisés pour le test

- **Les taux de persistance des cadavres (d) de Jones et de Huso**, qui sont détaillés dans la partie traitant des méthodes d'estimation de la mortalité (2.4.4.5.2 - Protocoles « Jones » et « Huso »).

2.3.4.4 Correction surfacique

La surface théorique de recherche sous l'éolienne n'est pas nécessairement prospectable dans son intégralité. En effet, la végétation présente peut rendre impossible le passage à pied (buissons, *etc.*) ou limiter la capacité d'observation du chercheur (cultures, prairies hautes, *etc.*). D'autres facteurs peuvent aussi être à l'origine d'une limitation de la prospection : autorisation d'accès sur les propriétés foncières, travaux à proximité de l'éolienne, *etc.*

Afin de pallier ce biais, le chercheur retranscrit sous SIG les surfaces prospectées lors de chaque visite. Un facteur de correction surfacique peut ensuite être appliqué lors des calculs d'estimation.

Le facteur de correction, calculé pour chaque prospection, est défini comme suit :

$$A = \frac{A_{Th}}{A_p}$$

- Où :
- A_{Th} : surface théorique
 - A_p : surface prospectée

2.3.4.5 Estimation de la mortalité

Une fois la campagne d'inventaires réalisée, les résultats sont analysés par l'intermédiaire des différentes méthodes d'estimation de la mortalité.

Le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018) préconise la méthode suivante :

- Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés à l'échelle internationale pour faciliter les comparaisons :
 - la formule de Huso (2010) ;
 - deux formules aux choix parmi : Erickson, 2000 ; Jones, 2009 ; Korner-Nievergelt, 2015 ; Limpens *et al.*, 2013 ; Bastos *et al.*, 2013, Dalthorp *et al.*, 2017, *etc.*
- Préciser l'incertitude de l'estimation de la mortalité.

Les mortalités estimées sont calculées via le logiciel EolApp développé par le **Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive** de Montpellier (UMR 5175, www.cefe.cnrs.fr). Ce logiciel permet de calculer la mortalité estimée selon les formules de Huso, d'Erickson, de Winkelman et de Jones, **assorties de leurs intervalles de confiance** à 90 % et 95 %. En accord avec les préconisations du protocole 2018, les résultats de la formule d'Huso sont utilisés, ainsi que ceux des formules d'Erickson et de Jones. Les résultats issus de la formule de Winkelman ne sont pas retenus, cette formule étant jugée obsolète, notamment par la SFPEM qui préconise l'utilisation d'au moins trois des estimateurs suivants: Huso, Jones, Erickson, Korner-Nievergelt, Limpens, Bastos.

2.3.4.5.1 Protocole « Erickson »

En 2000, Erikson intègre au calcul deux nouvelles variables : la durée moyenne de persistance des cadavres, ainsi que la durée moyenne de l'intervalle entre les prospections. Par ailleurs, cette formule est utilisable même lorsque le taux de persistance des cadavres est nul. Dans ce cas, les résultats concernant la mortalité seraient, toutefois, sous-estimés.

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

- Où :
- N : mortalité estimée
 - I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
 - C : nombre de cadavres trouvés durant le suivi
 - t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres
 - d : efficacité du chercheur
 - A : coefficient de correction surfacique

2.3.4.5.2 Protocoles « Jones » et « Huso »

Ces deux protocoles sont très semblables et intègrent deux nouvelles variables :

- Le taux de persistance selon Jones (dont le calcul diffère d'un protocole à l'autre),
- Le coefficient correcteur de l'intervalle.

$$N = \left(\frac{C}{d * p * \hat{e}} \right) * A$$

- Où :
- N : mortalité estimée
 - C : nombre de cadavres trouvés durant le suivi
 - d : efficacité du chercheur
 - p : taux de persistance (voir calcul ci-dessous « Jones » ou « Huso »)
 - \hat{e} : coefficient correcteur de l'intervalle (voir ci-dessous)
 - A : coefficient de correction surfacique

Le coefficient correcteur de l'intervalle est défini comme suit :

$$\hat{e} = \frac{\text{Min}(I; \hat{I})}{I}$$

- Où :
- I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
 - \hat{I} : intervalle effectif, soit : $-\log(0,01) * t$
 - (- t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres)

« Jones »

En 2009, Jones *et al.* proposent une méthode intégrant un taux de persistance et un coefficient correcteur de l'intervalle. Cette méthode repose sur les postulats suivants :

- Le taux de mortalité est constant sur l'intervalle défini,
- La durée de persistance d'un cadavre suit une variable exponentielle négative (impliquant que la probabilité de disparition moyenne sur l'intervalle corresponde à la probabilité de disparition d'un cadavre à la moitié de l'intervalle).

Ainsi, Jones définit le taux de persistance comme suit :

$$p = e^{\left(\frac{-0,5 * I}{t}\right)}$$

- Où :
- I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
 - t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

Ainsi :

$$N = \frac{C}{d * e^{\left(\frac{-0,5 * I}{t}\right) * \hat{e}}} * A$$

« Huso »

En 2010, Huso propose une nouvelle évaluation du taux de persistance. En se basant sur la formule de Jones, elle considère que la probabilité de disparition au point moyen de l'intervalle (second postulat de Jones) n'est pas égale à la probabilité moyenne de persistance d'un cadavre.

Ainsi, Huso définit le taux de persistance comme suit :

$$p = \frac{\left(t * \left(1 - e^{\left(\frac{-I}{t} \right)} \right) \right)}{I}$$

- Où :
- I : durée moyenne (en jours) de l'intervalle entre deux prospections
 - t : durée moyenne (en jours) de persistance des cadavres

Ainsi :

$$N = \frac{C}{d * \left(\frac{t * \left(1 - e^{\left(\frac{-I}{t} \right)} \right)}{I} \right) * \hat{e}} * A$$

2.3.4.6 Postulat de chaque méthode d'estimation

Méthodes	Aire d'étude	Intervalle entre deux recherches	Persistance	Efficacité
Erickson (2000)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation suit une loi exponentielle	Pris en compte (Test d'efficacité) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes
Jones (2009)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation est constante dans l'intervalle entre deux recherches	Pris en compte (Test d'efficacité) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche peut l'être aux suivantes
Huso (2010)	Pris en compte	Intervalle basé sur « i » (Le temps au-delà duquel la probabilité de persistance est inférieure à 1%)	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédation suit une loi exponentielle	Pris en compte (Test d'efficacité) Suppose qu'un cadavre non trouvé lors d'une recherche ne peut l'être aux suivantes

Tableau 4 : Postulats de chaque méthode d'estimation

Il est à noter que la formule d'Erickson (2000) tend à sous-estimer la mortalité réelle, notamment lorsque la durée de persistance des cadavres est importante.

2.4 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées

2.4.1 Limites des méthodes employées

Pour réaliser les suivis, des relevés ont été réalisés. Ces nombreux diagnostics ont permis de réaliser un inventaire le plus complet possible. Toutefois, rappelons qu'un inventaire naturaliste ne peut être prétendu totalement exhaustif. Néanmoins, la précision apportée au diagnostic s'adapte au mieux aux exigences d'un suivi environnemental.

2.4.1.1 Limites des méthodes employées pour le suivi des chiroptères

Concernant le suivi en nacelle via la BATmode S, des problèmes techniques peuvent occasionnellement survenir. En effet, l'utilisation d'un matériel électronique induit des risques de problèmes techniques (pannes) temporaires. Cela peut amener une perte d'information par arrêt temporaire des enregistrements de chauves-souris.

Enfin, le travail de détection comporte une limite importante dans la détermination exacte des signaux enregistrés. En effet, malgré l'utilisation de matériels perfectionnés, le risque d'erreur existe concernant l'identification des espèces des genres *Pipistrellus*, *Nyctalus* et *Eptesicus*. Dans certains cas, seuls les genres sont déterminés.

Ces limites protocolaires ne modifient pas les conclusions globales des analyses sur le comportement, la diversité et la quantité des chiroptères présents sur le site de Bois Méréault.

2.4.1.2 Limites des méthodes employées pour le suivi de la mortalité

Les relevés effectués lors des prospections permettent d'obtenir des résultats bruts. Plusieurs variables sont ainsi prises en compte lors de l'estimation afin de limiter les biais :

- La capacité de détection est variable en fonction du chercheur. Ce biais est corrigé par l'utilisation d'un ou plusieurs tests d'efficacité et la prise en compte du taux d'efficacité dans les calculs d'estimation. Toutefois, la variabilité de l'efficacité peut être liée à de multiples facteurs (luminosité extérieure, fatigue du chercheur, type de végétation sur la surface prospectée, etc.). Il est donc complexe de corriger ce biais avec précision.
- La durée de persistance des cadavres est estimée par la réalisation d'un ou plusieurs tests de persistance et la prise en compte du taux de persistance dans les calculs d'estimation. Toutefois, ce taux de persistance dépend de nombreux facteurs aléatoires et peut ainsi être variable temporellement et spatialement. De même, il est complexe de corriger ce biais avec précision.
- Les surfaces non-prospectées créent un biais d'échantillonnage qui est corrigé par le coefficient de correction surfacique, pris en compte dans les calculs d'estimation. Toutefois, cette correction repose sur l'hypothèse que les cadavres se répartissent de façon homogène sous l'éolienne, au sein de la surface prospectée.

D'autres facteurs peuvent éventuellement limiter la robustesse des résultats :

- La surface de prospection est un carré comprenant la totalité de la zone de survol des pales (coté au moins égal à deux fois la longueur d'une pale). Il est possible que des individus soient éjectés en dehors de cette zone ou soient blessés et meurent à une distance bien plus éloignée. Il s'agit du « crippling loss », un biais peu étudié et non pris en compte dans les différentes méthodes d'estimation.
- L'efficacité du chercheur peut être limitée par les conditions météorologiques. Toutefois, ce biais est réduit car les sorties sont réalisées autant que possible lorsque la météo est favorable.

2.4.2 Difficultés rencontrées

2.4.2.1 Suivi des chiroptères

Aucune difficulté particulière n'a été relevée pour le suivi des chiroptères.

2.4.2.2 Suivi de la mortalité

Aucune difficulté n'a été rencontrée au cours du protocole de suivi de la mortalité.



3 Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères

3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

D'après les résultats présentés dans l'étude d'impact du parc éolien de Bois Méréault, l'ensemble du cycle annuel des chauves-souris a été étudié.

Les protocoles utilisés ont permis d'établir une liste de **15 espèces**, avec des enjeux pour plusieurs espèces que sont la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, le Murin de Bechstein, la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Barbastelle d'Europe. Cependant, aucune écoute en altitude n'a été effectuée lors de l'étude d'impact. De ce fait, les espèces de haut vol, sensibles à l'éolien, sont potentiellement sous-estimées. Le suivi comportement de la présente étude cible précisément l'activité des chiroptères au niveau des rotors. Cela devrait permettre d'étoffer les résultats de l'étude d'impact, en particulier sur le groupe des espèces de haut vol, comme les noctules.

Les conclusions de l'étude d'impact (Adev Environnement, 2016) sont présentées dans la figure suivante.

A la vue de ces éléments, l'impact du fonctionnement des éoliennes du projet éolien du Bois Méréault sur les chauves-souris peut être considéré comme faible à négligeable pour les espèces suivantes :

- ✓ Grand Murin
- ✓ Murin de Bechstein
- ✓ Murin à moustaches
- ✓ Murin de Daubenton
- ✓ Murin de Natterer
- ✓ Oreillard gris
- ✓ Oreillard roux
- ✓ Petit Rhinolophe

Pour les 7 espèces suivantes, l'impact moyen du fonctionnement des 3 éoliennes du projet peut être considéré comme modéré :

- ✓ Pipistrelle commune
- ✓ Pipistrelle de Kuhl
- ✓ Pipistrelle de Nathusius (espèce migratrice)
- ✓ Noctule commune (espèce partiellement migratrice)
- ✓ Noctule de Leisler (espèce migratrice)
- ✓ Sérotine commune
- ✓ Barbastelle

Les espèces qui seront les plus exposées sont les espèces migratrices (Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler et Noctule commune).

Figure 11 : Synthèse des enjeux du parc éolien de Bois Méréault sur les chiroptères

D'après l'étude d'impact de 2016, les impacts du fonctionnement des éoliennes sont considérés comme faibles à modérés selon les espèces. La présente étude va permettre d'affiner ces résultats, en outre une corrélation entre les écoutes en nacelle et le suivi de la mortalité au sol a été réalisée.

3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en 2022

3.2.1 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle

Les résultats présentés dans cette partie correspondent aux inventaires réalisés à l'aide d'un détecteur automatique d'ultrasons de type BATmode S, installé au niveau de la nacelle de l'éolienne E2. Ces inventaires sont réalisés en continu durant les périodes les plus importantes du cycle biologique des chiroptères, du 13 avril 2022 au 20 novembre 2022.

Le dispositif est donc resté installé durant 220 nuits et **l'analyse porte sur l'ensemble de ces nuits**. Elles se situent en effet dans le cycle biologique actif des chiroptères (mars à novembre).

3.2.1.1 Diversité et activité spécifique enregistrée

3.2.1.1.1 Résultats obtenus sur l'ensemble du cycle

Le tableau suivant présente les résultats issus des analyses du logiciel Sonochiro®. Ces données ont été vérifiées par un chiroptérologue afin d'obtenir une liste d'espèces dont la présence est certifiée. La plupart des contacts ont été vérifiés en raison d'un grand nombre de séquences comportant des parasites liés à l'éolienne. Par cette méthode, les résultats présentés dans le tableau suivant constituent une base de données jugée fiable.

Genre	Espèces	Recensement			Total estimé
		Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	
Eptesicus	Sérotine commune	1	25	30	56
Nyctalus	Grande Noctule	1	1	7	9
	Noctule commune	48	2 425	1 605	4 078
	Noctule de Leisler	21	173	474	668
Pipistrellus	Pipistrelle commune	52	207	91	350
	Pipistrelle de Kuhl	163	144	173	480
	Pipistrelle de Nathusius	16	13	10	39
Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce					
	Sérotine / Noctule sp.	0	58	138	196
Total	7 espèces	302	3 046	2 528	5 876

Tableau 5 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne

La diversité spécifique inventoriée par le protocole d'écoute permanente sur nacelle d'éolienne est qualifiée de modérée pour un milieu en hauteur, avec la présence de sept espèces identifiées de manière certaine.

En hauteur, on constate une cohérence avec la bibliographie disponible, au travers d'une plus forte proportion des espèces dites de haut-vol ou de lisière généralistes (Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune et pipistrelles), qui totalisent toute l'activité sur le parc éolien de Bois Méréault. Les espèces plus forestières comme la Barbastelle d'Europe ne sont pas présentes.

Ainsi, la Noctule commune regroupe la majorité de contacts avec 70 % du total. La Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune suivent avec respectivement 11 %, 8 % et 6 % de l'activité en hauteur. La Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune sont bien moins représentées avec 1% chacune. La Grande Noctule est présente de manière anecdotique sur le site avec respectivement neuf contacts recensés pour l'espèce, soit moins d'un pourcent de l'activité enregistrée.

On notera donc la forte présence des noctules et particulièrement de la Noctule commune avec près de 75 % de l'activité chiroptérologique en hauteur. Les noctules sont des espèces sensibles à l'éolien spécialisées dans le vol en hauteur, et sont également des espèces migratrices.

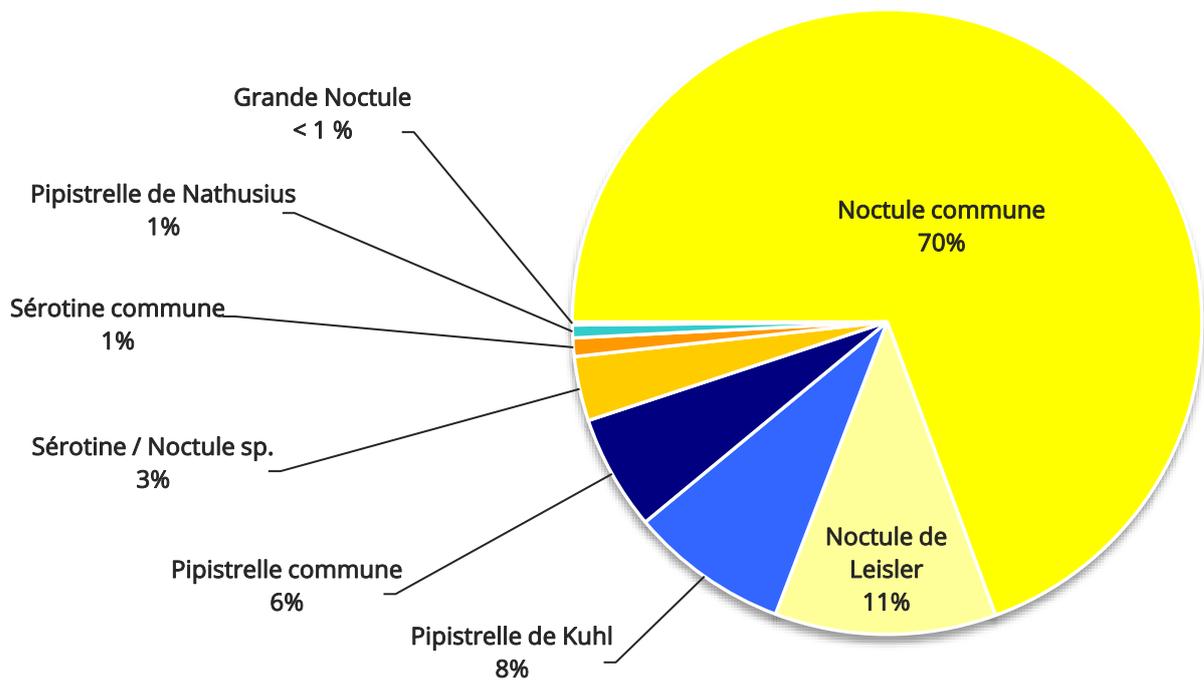


Figure 12 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude

3.2.1.1.1 Résultats obtenus en fonction du cycle biologique des chiroptères

Le tableau suivant présente le nombre de contacts enregistrés pour chaque phase biologique. Ils ont également été ramenés au nombre de nuits d'enregistrements.

	Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	Cycle complet
Nombre de contacts	302	3 045	2 528	5 876
Nombre de nuits d'enregistrements	48	76	96	220
Pourcentage du nombre de contacts par nuit	9 %	55 %	36 %	100 %
Moyenne du nombre de contacts par nuit	6	40	26	27

Tableau 6 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques

On constate que la période de mise-bas et d'élevage des jeunes est la phase avec le plus d'activité. Elle concentre 55 % des contacts totaux. La période de transits automnaux et de swarming arrive ensuite avec 36 % des contacts. Enfin, la phase des transits printaniers et de gestation ne représente que 9 % de l'activité, mais ce résultat n'est pas représentatif car seulement 48 nuits d'enregistrements ont été effectuées lors de cette phase.

3.2.1.1.1 Résultats obtenus en fonction du mois d'inventaire

En comparant les mois entre eux, on note une forte prédominance du groupe des noctules, notamment de la Noctule commune, à l'exception des mois de mai, juin et octobre, où la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle commune sont légèrement plus présentes.

Le mois d'août concentre près de la moitié des contacts, soit 2 514 sur ce seul mois. C'est durant cette période que l'activité est la plus intense avec une large proportion de Noctule commune, potentiellement en période de début de migration et d'émancipation des jeunes. Vient juste ensuite le mois de juillet avec 32 % des contacts, représentant 1 884 contacts et également une proportion plus forte de Noctule commune. Pour cette dernière, le mois de juillet marque le début de la période où les jeunes s'émancipent et se nourrissent de manière importante.

Les mois de mai, juin, septembre et octobre concentrent entre 5 % et 7 % des contacts chacun sur le site, soit environ 400 contacts pour chacun de ces quatre mois. Les pipistrelles sont plus présentes pendant les mois de mai, juin et octobre, périodes de mise-bas pour les femelles et de migration en octobre pour certains individus passant potentiellement au-dessus du site pour aller hiberner.

Les mois d'avril et novembre ont une activité très faible avec moins de 1 % des contacts totaux enregistrés.

Ainsi, selon la figure suivante, les mois de juillet et d'août 2022 comprennent les plus forts enjeux avec 75 % des contacts enregistrés. Les mois de mai, juin, septembre et octobre ont une proportion de contact plus faible, mais qui reste toutefois notable.

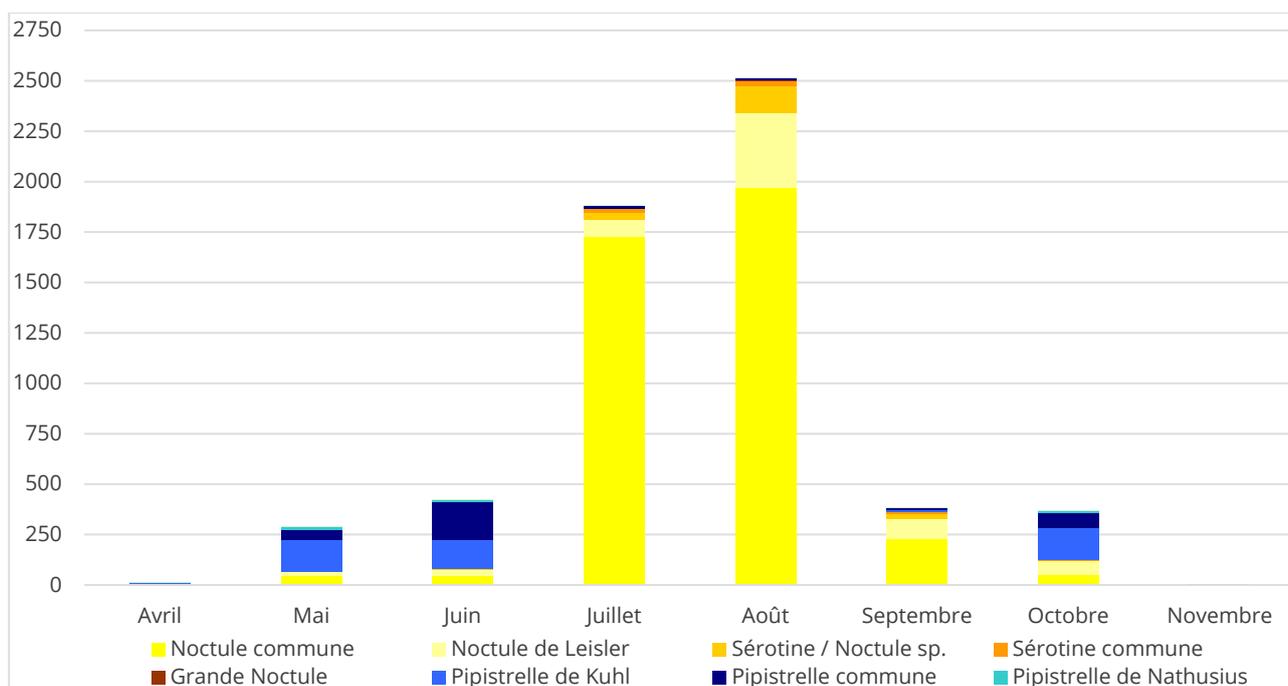


Figure 13: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement

	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.
Nombre de contacts	14	288	423	1 884	2 514	385	367	1
Nombre de nuits d'enregistrements	17	31	30	31	31	30	31	19
Pourcentage du nombre de contacts par nuit	< 1 %	5 %	7 %	32 %	42 %	7 %	6 %	< 1 %
Moyenne du nombre de contacts par nuit	1	9	14	61	81	13	12	0

Tableau 7 : Répartition du nombre de contacts en fonction des mois d'inventaires

3.2.1.1.1 Résultats obtenus en fonction de la nuit d'inventaire

Le graphique suivant illustre l'activité chiroptérologique par nuit d'inventaire. Ainsi, l'activité inter-journalière des chauves-souris est très irrégulière. Le nombre de contacts enregistré par nuit varie de 0 à 525 contacts. **Cette variabilité journalière reste particulièrement complexe à anticiper, dépendant de multiples facteurs à l'exemple des conditions météorologiques ou de la présence de ressources alimentaires, etc.** Il est dans l'état des connaissances actuelles très difficile de comprendre ces variations mais l'hypothèse de la présence de populations locales peut être formulée sur ce site. En effet, des pics d'activités très forts et concentrés sur certaines nuits peuvent survenir brusquement, comme au mois de juillet et d'août, ce qui correspond pour partie aux périodes d'émancipation des jeunes et de nourrissage.

Pour rappel, le dispositif fut opérationnel depuis le 13 avril 2022, et l'arrêt des écoutes dans le cadre des analyses suivantes a été fixé au 20 novembre 2022. Les premiers contacts de chauves-souris ont été recensés le 14 avril 2022.

Plusieurs nuits ont donc enregistré un nombre de contacts conséquent. En effet, alors que la plupart des nuits ne dépassent pas la centaine de contacts enregistrés, il y a eu 525 contacts le 23 juillet puis 245 et 240 contacts les 16 et 18 août. D'autres nuits de juin, juillet et août rencontrent un nombre de contacts plus fort que la moyenne avec plus de 150 contacts recensés.

Tous ces contacts incluent surtout la Noctule commune. Son activité est principalement concentrée pendant les mois de juillet et d'août, mois pendant lesquels les jeunes s'émanent et l'activité de chasse est importante. Le nombre de contact pendant les mois automnaux pour l'espèce plaide aussi en faveur de phénomènes migratoires. La présence de colonies dans le secteur est donc probable.

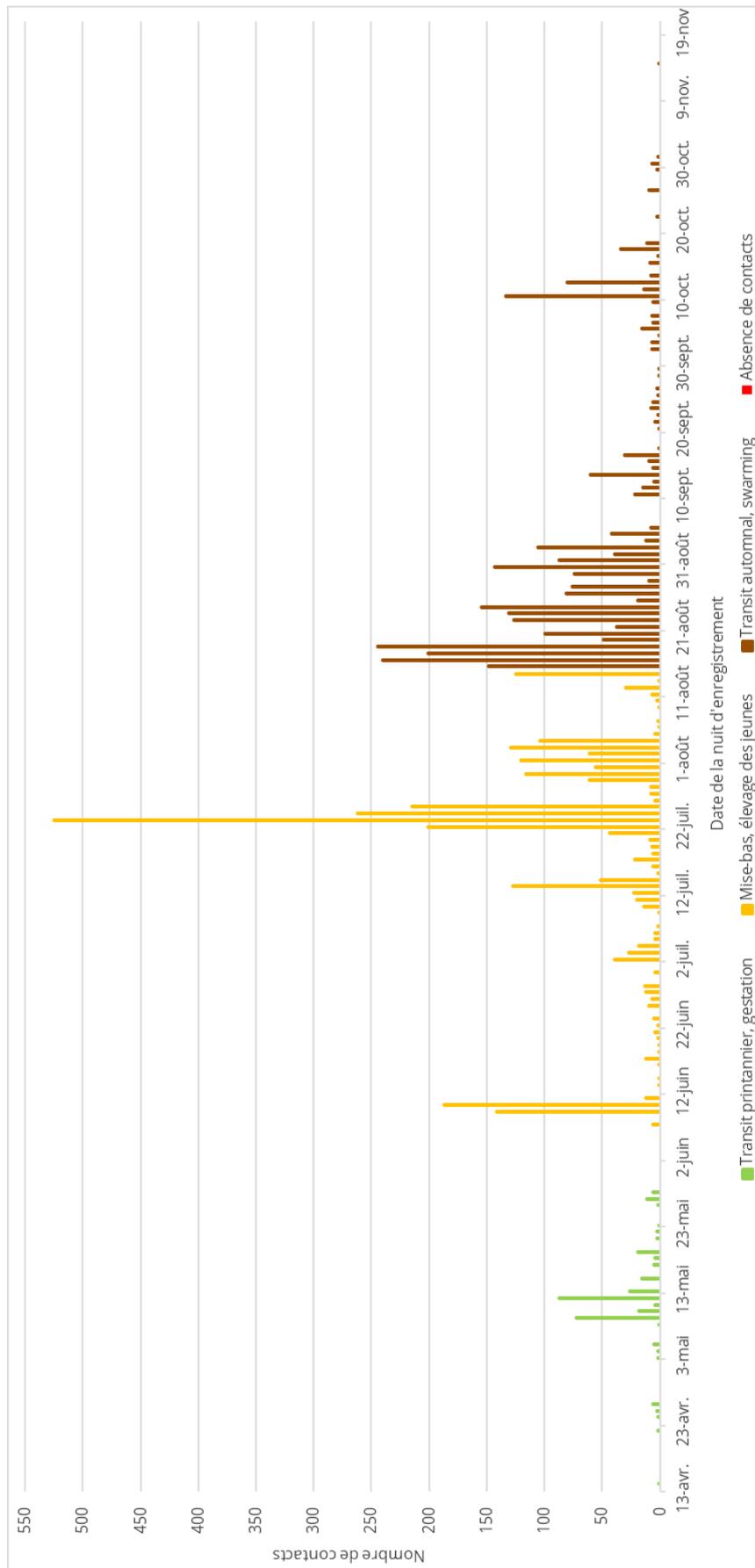


Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par jours durant l'ensemble de la période d'inventaire

3.2.1.1 Activité chiroptérologique en fonction des facteurs astronomiques et météorologiques

3.2.1.1.1 Activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

La répartition du nombre de contacts en fonction des heures de la nuit et de la période de l'année est représentée dans le graphique suivant. Ainsi, ce dernier est présenté sous la forme d'une carte de chaleur affichant la densité de contacts chiroptérologiques. Les aplats de couleurs représentent l'intensité de l'activité chiroptérologique, répartie entre les heures de la nuit (heure astronomique et non civile) en ordonnée, et les jours de l'année en abscisse. La couleur blanche correspond à l'absence de contacts.

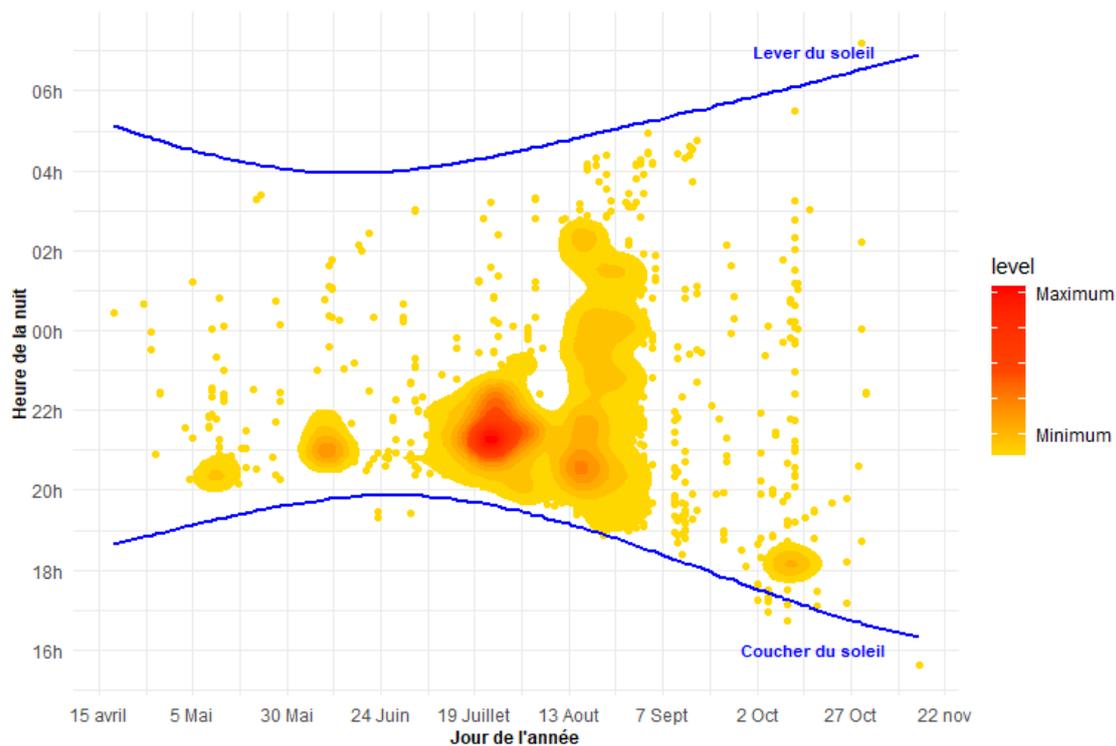


Figure 15 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Selon les données bibliographiques, il existe une baisse progressive du niveau d'activité au cours de la nuit. Cette baisse peut être accentuée par des facteurs limitants, comme le début et la fin de la saison, ou encore des températures froides.

Sur la période analysée, cette tendance est globalement observée, avec une activité bien plus présente en début de nuit, et très faible en fin de nuit. On constate en effet des niveaux d'activités qui peuvent rester assez réguliers dans la nuit à certaines périodes, notamment en mai, juin, juillet, août et octobre où l'activité est plus importante pendant les premières heures de la nuit. En septembre, l'activité est très éparse et est répartie sur l'ensemble de la nuit.

Plusieurs études suggèrent la présence d'un regain d'activité à l'aube pour certaines espèces de chiroptères. C'est le cas par exemple de la Noctule commune, dont une activité de retour au gîte relativement importante à l'aube a pu être mise en évidence dans les forêts de Slovaquie (Kanuch, 2007). Deux pics d'activité (crépuscule et aube) avaient déjà été mis en évidence pour cette même espèce dans

la forêt de Białowieża en Pologne (Rachwald A., 1992), trois selon Arthur et Lemaire (2015). Les pipistrelles montrent également un pic d'activité au crépuscule et au lever du soleil. Ces deux périodes correspondent en effet aux pics d'activité des insectes nocturnes, et donc des chiroptères pour leur activité de chasse (Swift, 1980). Sur le site, les contacts recensés en fin de nuit correspondent très souvent aux noctules et notamment à la Noctule commune. Très peu de contacts ont été inventoriés à l'aube.

Sur toute la période étudiée, des contacts isolés sont enregistrés aussi bien en début qu'en fin de nuit, cela correspond aux points jaunes épars.

3.2.1.1.1 Activité chiroptérologique en fonction de la température

La température semble jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre l'augmentation de la température et l'activité (Redell et al. 2006 ; Arnett et al. 2006, 2007 ; Baerwald and Barclay 2011...), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant indépendamment sur l'activité chiroptérologique (Horn *et al.* 2008 ; Kerns et al. 2005). Arnett et al. 2006 ont en outre observé qu'au-dessus de 44 m d'altitude, l'activité n'était en rien affectée par la température. Les opinions sur les autres paramètres météorologiques, sont d'autant plus mitigées. La pression atmosphérique (Cryan and Brown 2007 ; Cryan et al. 2014) et l'hygrométrie (Behr et al. 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr et al. (2011), ou sur l'abondance d'insectes (Corten and Veldkamp 2001). Enfin, l'expérience montre qu'en fonction des saisons, l'importance de ce facteur sur l'activité chiroptérologique oscille fortement.

Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

Le graphique suivant présente parallèlement les occurrences de températures nocturnes enregistrées par la nacelle de l'éolienne et le nombre de contacts de chiroptères en fonction de ces températures.

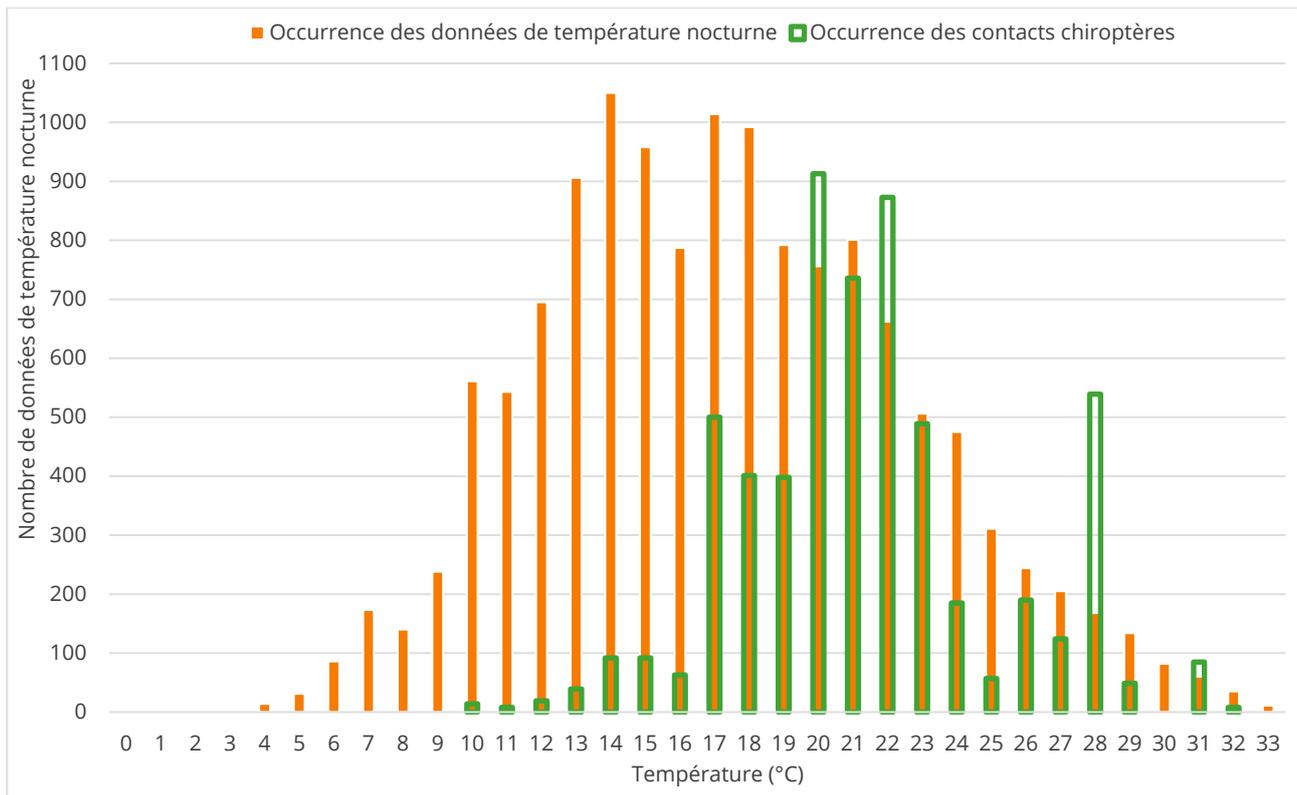


Figure 16 : Activité des chiroptères en fonction de la température

Les inventaires réalisés sur le site montrent ainsi que les chiroptères semblent concentrer leur activité entre 14 °C et 31 °C, en décalage avec les températures nocturnes « disponibles » qui se concentrent entre 4 °C et 33 °C. **L'activité semble démarrer réellement à partir de 10 °C.**

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir qu'un maximum d'activité est mesuré à partir de 17 °C et jusqu'à 28 °C de température. On voit clairement sur ce graphique la forte activité en juillet et août avec des plages de températures variées utilisées par les chiroptères.

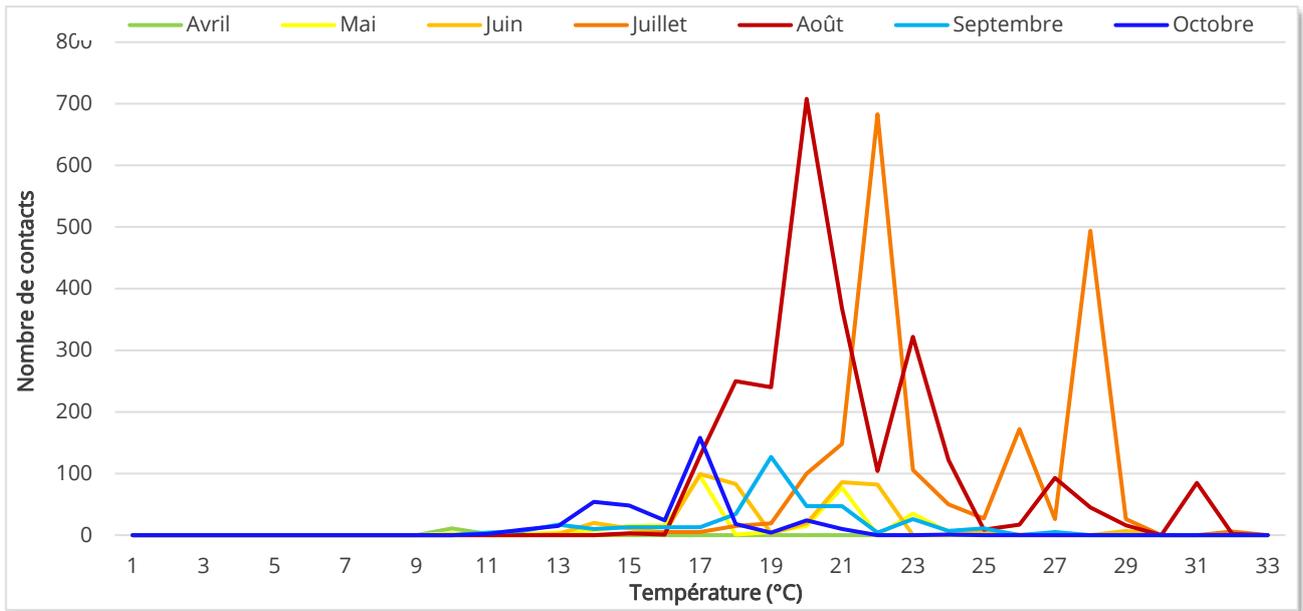


Figure 17: Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température

3.2.1.1.2 Activité chiroptérologique en fonction de la vitesse du vent

Résultats obtenus sur l'ensemble de la période d'étude

Le graphique suivant présente parallèlement les occurrences de vitesses de vent enregistrées par la nacelle et le nombre de contacts enregistrés sous cette vitesse de vent.

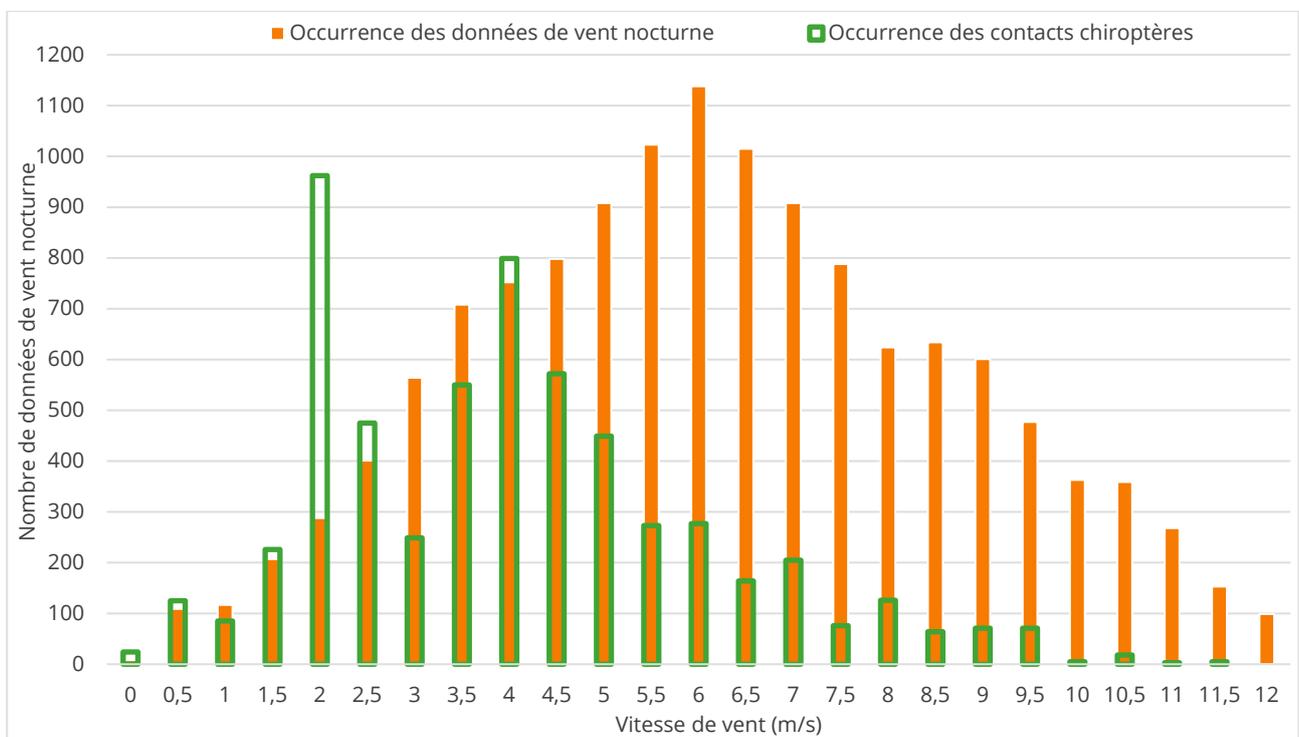


Figure 18 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

Globalement, ce graphique illustre un décalage de l'activité chiroptérologique sous des vitesses de vent les plus faibles de la répartition des occurrences de vent nocturnes.

L'activité chiroptérologique semble s'étaler entre des valeurs de vent comprises entre 0 et 11,5 m/s à hauteur de nacelle avec une importance accrue entre 0,5 et 9,5 m/s. Au-delà de ce seuil, l'activité chute effectivement et devient plus sporadique.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir que l'activité semble s'étaler surtout entre des valeurs de vent comprises entre 0,5 et 9,5 m/s à hauteur de nacelle. On observe bien la chute à partir de ce seuil mais l'on note que l'activité ne devient pas pour autant négligeable jusqu'à 11,5 m/s (juillet et août).

Ces deux mois enregistrent les plus fortes valeurs avec notamment ces pics à 11,5 m/s. L'espèce contactée en vol à ces vitesses de vent est principalement la Noctule commune. Elle n'hésite effectivement pas à évoluer sous des vitesses de vents relativement fortes.

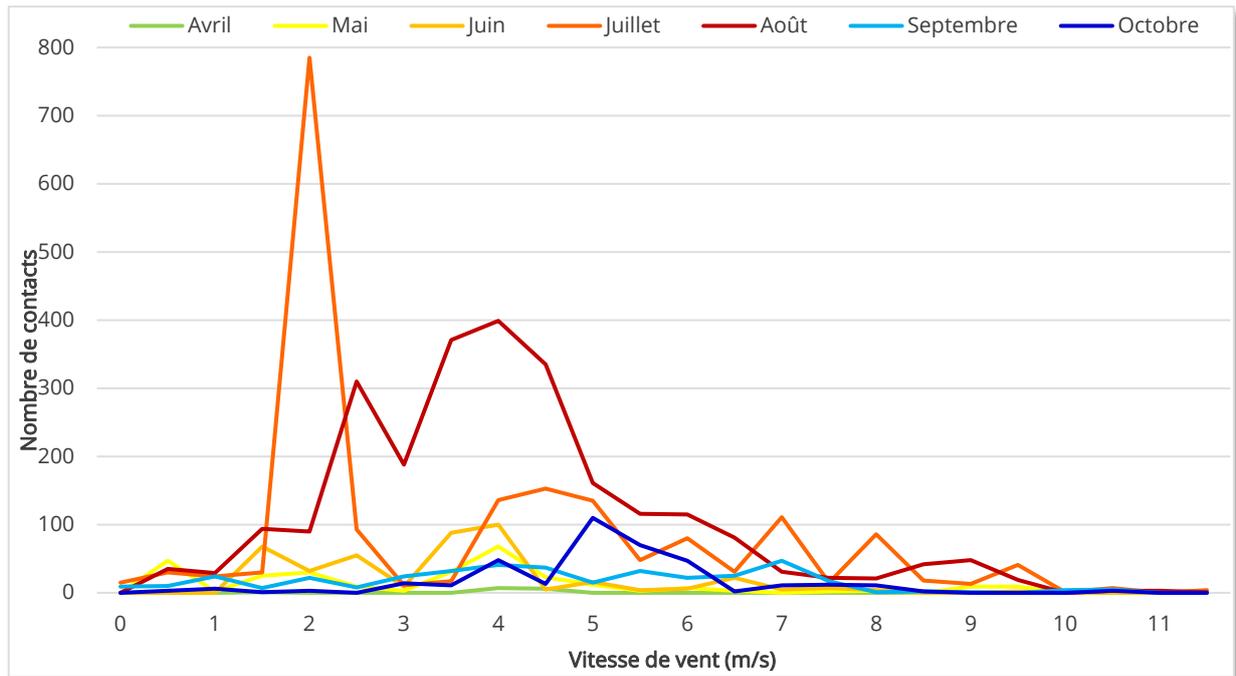


Figure 19 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent

3.2.2 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle

Au regard des analyses effectuées à partir des enregistrements sur nacelle d'éolienne, les principaux éléments suivants apparaissent :

- La diversité spécifique est de sept espèces confirmées, avec la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Sérotine commune et la Grande Noctule.

*- Au sein des espèces inventoriées, on retrouve essentiellement des espèces pouvant évoluer en hauteur, en cohérence avec les connaissances bibliographiques. À noter la très forte proportion de la Noctule commune comparativement aux autres espèces présentes avec 70 % des contacts (4 078 contacts recensés). Le genre *Nyctalus* est très bien représenté avec plus de 80 % de l'activité et plus de 4 750 contacts enregistrés sur la période d'inventaire.*

- L'activité chiroptérologique est la plus importante en juillet et en août, et est représentée essentiellement par la Noctule commune. Un phénomène d'émancipation des jeunes et d'activité de chasse intense est plausible. À partir de mi-août, des phénomènes migratoires sont possibles.

- L'activité chiroptérologique en hauteur est concentrée pendant les mois de juillet et d'août, avec un pic d'activité lors des premières heures de la nuit au mois de juillet, et une activité bien répartie sur l'ensemble de la nuit au mois d'août. Pour les autres mois, l'activité est plus faible et plus éparse avec tout de même des pics d'activité en début de nuit lors des mois de mai, juin et octobre.

- L'activité chiroptérologique en hauteur est présente surtout à partir de 14 °C. Cependant, au vu des ressources bibliographiques contradictoires sur l'influence du facteur température, une réserve est émise sur ce paramètre.

- L'activité chiroptérologique en hauteur est principalement concentrée entre des vitesses de vent de 0,5 et 9,5 m/s. L'activité présente après ce seuil est plus sporadique, on note cependant des passages de Noctule commune jusqu'à 11,5 m/s.

3.3 Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et les suivis ICPE

3.3.1 Diversité spécifique

17 espèces de chauves-souris ont été recensées de manière certaine au travers des différentes études (tableau suivant).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence selon les études		
		Étude d'impact de 2016	Suivi post-implantation 2020/2021	Suivi post-implantation 2022
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastellus barbastellus</i>	X		
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	X		
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>			X
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	X		
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	X		
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	X		
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	X		
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	X	X	X
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	X	X	X
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	X		
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	X		
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus</i>	X		
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X	X	X
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	X	X	X
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	X	X	X
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>		X	
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X	X	X
<i>Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce</i>				
Chiroptère sp.	<i>Chiroptera sp.</i>	X		
Murin sp.	<i>Myotis sp.</i>	X		
Pipistrelles sp.	<i>Pipistrellus sp.</i>	X	X	
Sérotines / Noctules sp.	<i>Eptesicus / Nyctalus sp.</i>	X	X	X
Total des espèces	16	15	7	
<i>Espèce présente durant les trois périodes d'études</i>				

Tableau 8 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études menées sur le site

L'étude d'impact de 2016, incluant les résultats des inventaires chiroptérologiques, a permis de recenser 15 espèces certaines, contre huit pour les inventaires en hauteur de 2020/2021 et 2022. Seules la Sérotine bicolore et la Grande Noctule ont été inventoriées uniquement lors des écoutes en nacelle.

À noter que les protocoles menés entre les différentes études sont différents (protocole au sol en 2016 et protocole en hauteur lors des suivis).

Le cortège chiroptérologique plus large inventorié lors de l'état initial est lié à un plus grand nombre d'espèces évoluant à proximité du sol qu'à hauteur de nacelle.

En 2020/2021, les inventaires menés sur nacelle permettent de détecter seulement les espèces de chauves-souris capables d'évoluer en hauteur, à de plus rares exceptions.

En 2022, une nouvelle espèce de haut-vol a été recensée, la Grande Noctule.

Globalement et malgré les différents protocoles utilisés, ceci témoigne d'une diversité spécifique globale forte.

Six espèces seulement sont communes aux trois périodes d'inventaires, ce qui atteste de leur occupation régulière du site : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Sérotine commune, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Une partie de ces espèces sont parmi les plus communes en Europe, et sont des espèces généralistes (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl et Sérotine commune) capables de voler en hauteur. Les trois autres espèces sont plutôt migratrices et spécialistes des vols en hauteur.

Parmi les espèces présentes, des cortèges plus forestiers ou de lisières ont été recensés lors de l'état initial durant les protocoles au sol (Murin de Natterer, Barbastelle d'Europe, Petit Rhinolophe, Oreillard roux, etc.), contre davantage d'espèces de haut-vol avec les protocoles d'écoutes sur nacelle de 2020/2021 et 2022 (noctules, sérotines et pipistrelles). Ces différences s'expliquent par les protocoles utilisés.

Il n'est pas possible de comparer des résultats obtenus de deux protocoles différents. Toutefois, on peut observer que les espèces de haut-vol, peu présentes lors des inventaires au sol, ont été enregistrées à de nombreuses reprises lors des inventaires en hauteur, notamment deux espèces de noctules (Noctule commune et Noctule de Leisler). Ceci peut s'expliquer par les différences d'utilisation des milieux (habitats naturels, altitudes, conditions de vol, etc.) en fonction des espèces.

3.3.2 Cumul des deux années de suivi ICPE

Répartition par cortège :

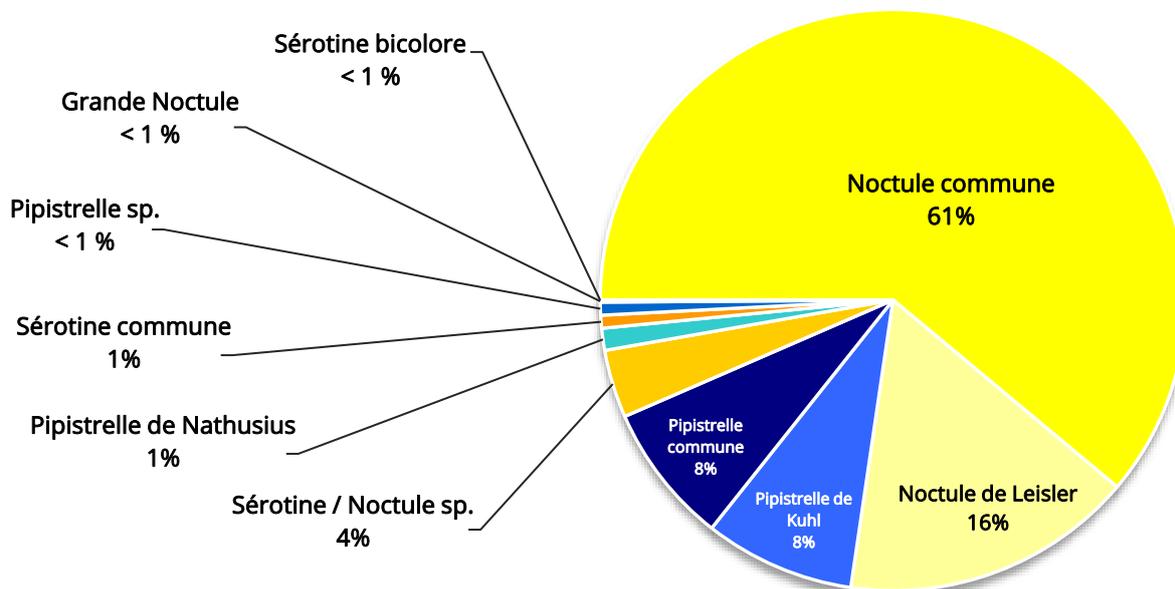


Figure 20: Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur les deux années d'études

Sur deux années de suivi, le cortège qui domine est celui du genre *Nyctalus* bien devant le genre *Pipistrellus*. On note que l'espèce la plus présente sur les deux années est la Noctule commune avec 61 % des contacts recensés.

Activité par nuit :

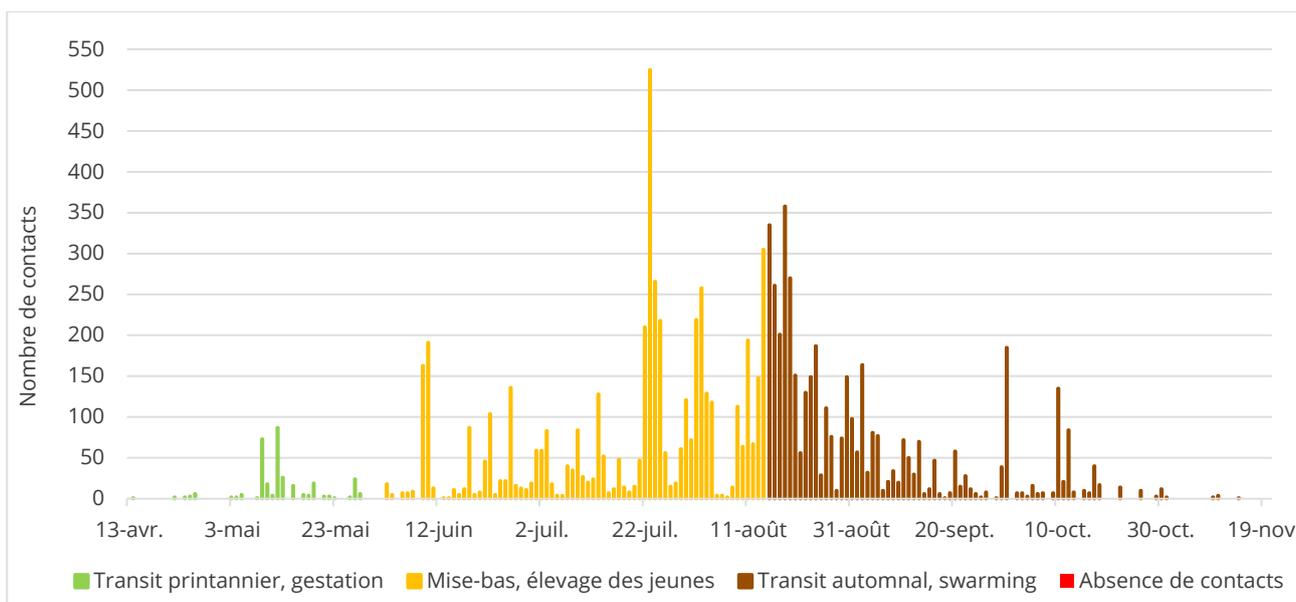


Figure 21: Répartition du nombre de contacts par jours sur les deux périodes d'études

L'activité par nuit reste très irrégulière sur les deux années de suivi. On constate cependant que les « pics » les plus importants se concentrent sur les mois de juillet et d'août. C'est donc sur cette période que peut survenir des nuits à très forte activité.

Activité par mois :

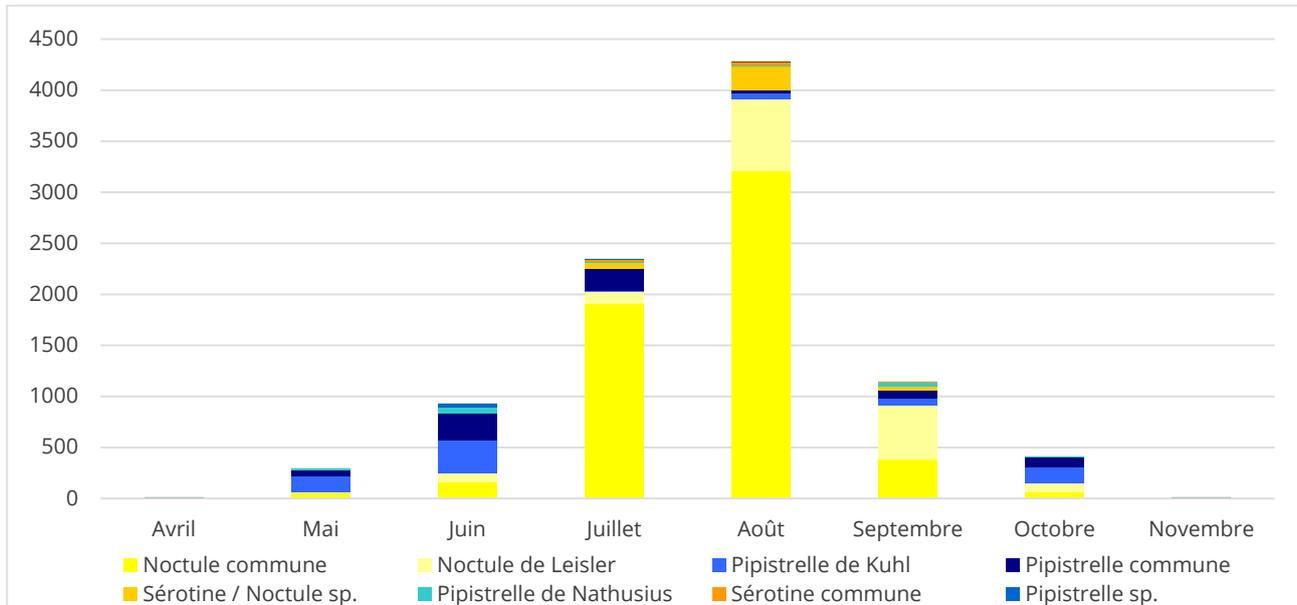


Figure 22: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement sur les deux périodes d'études

Sur les deux années de suivi, les mois qui concentrent le plus d'activité et d'enjeu sont juillet et août. Il ne faut pas négliger l'activité sur les autres mois cependant, en particulier juin et septembre.

Activité circadienne :

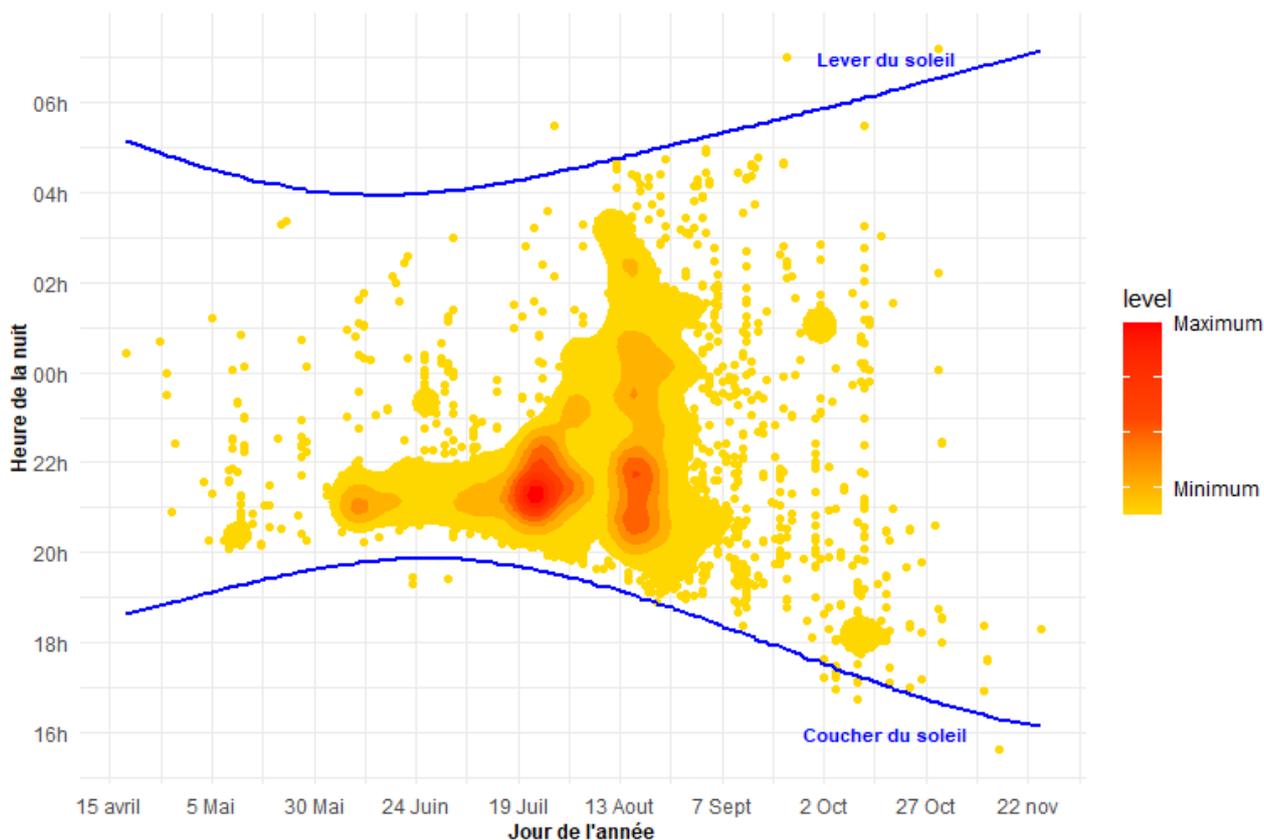


Figure 23: Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

Sur les deux années de suivi, l'activité en fonction des heures de la nuit est particulièrement élevée de début juin à mi-septembre, avec tout de même une concentration des contacts aux mois de juillet et août. Il faut retenir que sur cette période, les chiroptères sont actifs principalement pendant les quatre premières heures après le coucher du soleil, mais sont capables de voler toute la nuit, notamment au mois d'août.

Activité en fonction de la température :

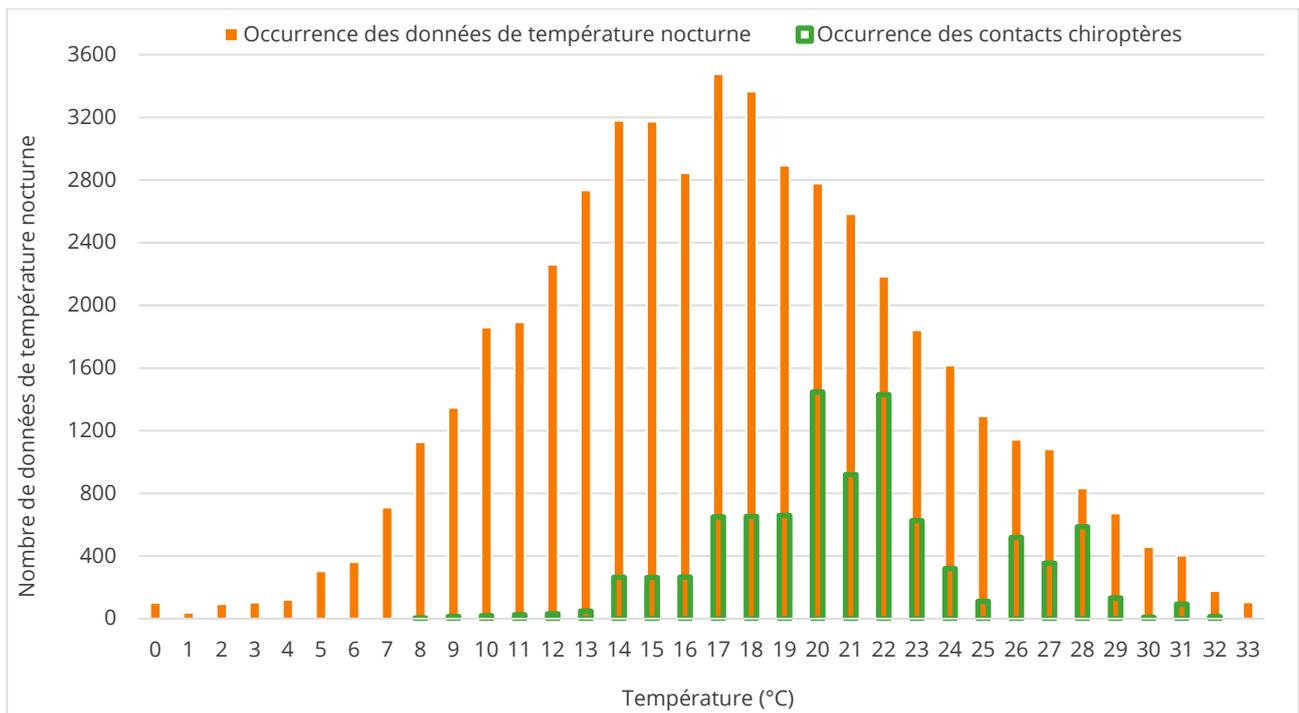


Figure 24: Activité des chiroptères en fonction de la température

Sur les deux années de suivi, les seuils à retenir sont un démarrage possible de l'activité des chiroptères dès 8 °C pour les saisons froides, et une activité qui devient importante à partir de 14 °C pour le reste de la période.

Activité en fonction du vent :

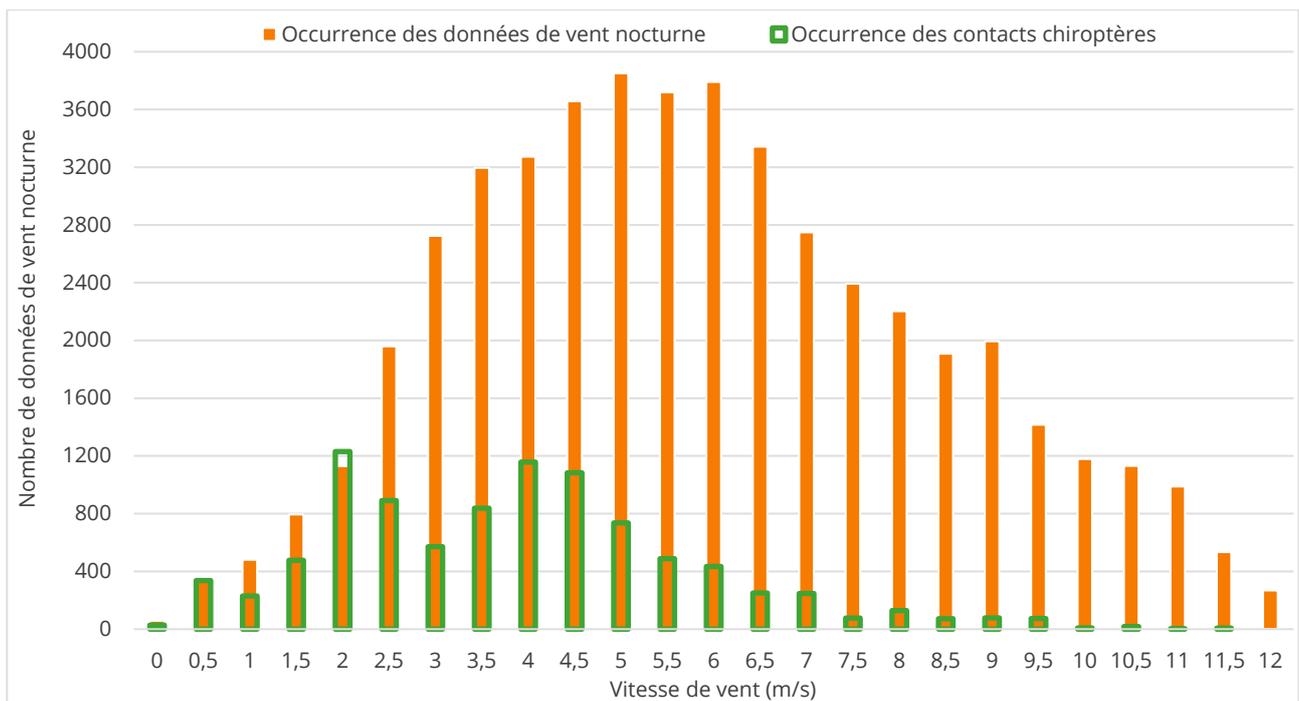


Figure 25: Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

L'essentiel de l'activité des chiroptères sur les deux années de suivi s'étale de 0,5 m/s jusqu'à 7 m/s (95 % des contacts). Il ne faut pas négliger les contacts au-delà de ce seuil, notamment jusqu'à 11,5 m/s.

3.4 Principaux éléments à retenir du suivi ICPE

Le cortège des espèces de haut-vol ou capables d'évoluer en hauteur est bien présent sur le site. Au vu de la concordance des résultats de l'étude d'impacts de 2016 avec ceux de la présente étude, nous pouvons conclure que le site reste bien fréquenté par les chiroptères.

*Si l'on se concentre sur le cumul des deux années de suivi en nacelle (2020/2021 et 2022), on note une activité élevée avec près de 9 500 contacts de chauves-souris recensés. L'activité peut varier d'une année sur l'autre en fonction des conditions météorologiques et d'un panel d'autres facteurs non mesurables (proies, migrations, naissances, etc.). Il est néanmoins important de retenir que le site est très utilisé par deux espèces du genre *Nyctalus*, la Noctule commune et la Noctule de Leisler. Cette dernière regroupe près de 16% des contacts recensés contre plus de 61% pour la Noctule commune. Il est également important de souligner que ces deux espèces sont très sensibles à l'éolien.*

Par ailleurs, l'activité des chiroptères est plus importante pendant les quatre premières heures de la nuit, mais peut s'étendre sur l'ensemble de la nuit (notamment en août) et peut dépasser les 7 m/s la nuit.

La programmation préventive d'arrêt des éoliennes mise en place en début d'année 2022 apparaît plutôt efficace au vu de la mortalité nulle constatée des chiroptères lors de la deuxième année de suivi. Aucun cadavre de chauves-souris n'a été retrouvé en 2022.

L'impact du parc éolien sur les chiroptères est par conséquent jugé non significatif.



4 Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères

4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation

4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle

La durée moyenne de l'intervalle (I) entre deux prospections est déterminée afin d'être prise en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité. Le suivi de mortalité présente une période renforcée sur l'année 2022 (deux passages par semaine durant les mois d'août et septembre). Pour limiter le biais lié à ce déséquilibre, l'intervalle moyen a été calculé pour chaque période où le nombre de passage par semaine est homogène.

L'intervalle moyen de la période 1 (mai à juillet) est : $I_1 = 7$ jours

L'intervalle moyen de la période 2 (août et septembre) est : $I_2 = 3,63$ jours

L'intervalle moyen de la période 3 (octobre) est : $I_3 = 10$ jours

4.1.2 Efficacité du chercheur

Le test d'efficacité a pour but de déterminer l'efficacité du chercheur afin d'inclure ce paramètre dans l'estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Chercheur	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres trouvés
T1	Margot FÉVRIER	14 juin 2022	18	12
T2	Margot FÉVRIER	13 septembre 2022	18	10
Total			36	22

Tableau 9 : Résultats des tests d'efficacité

Le coefficient d'efficacité du chercheur est : $d = 0,65$

4.1.3 Persistance des cadavres

Le test de persistance a pour but de déterminer différents coefficients liés à la durée de persistance des cadavres. Ces paramètres sont ensuite inclus dans les méthodes d'estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres restant					
			J+1	J+3	J+6	J+9	J+13	J+16
T1	Juin 2022	18	7	6	0	0	0	0
T2	Septembre 2022	18	5	1	0	0	0	0
Total		36	12	7	0	0	0	0

Tableau 10 : Résultats des tests de persistance

La durée moyenne de persistance des cadavres est : $t = 1,49$

4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique

La correction surfacique appliquée à l'estimation de la mortalité est calculée d'après les surfaces prospectées sur le terrain (tableau suivant). Celle-ci varie au cours du suivi, notamment en fonction de l'occupation des sols et de leur gestion. Pour rappel, la surface théorique de prospection est de 14 400 m² par éolienne soit 43 200 m² par prospection pour l'ensemble du parc.

Sortie	Date	Surface prospectée / éolienne (m)				% surf prosp
		1	2	3	Total	
1	19/05/2022	7 554	3 102	4 602	15 258	35,3
2	24/05/2022	7 554	3 102	4 602	15 258	35,3
3	02/06/2022	7 554	3 102	4 602	15 258	35,3
4	08/06/2022	7 554	3 102	4 602	15 258	35,3
5	14/06/2022	7 554	3 102	4 602	15 258	35,3
6	20/06/2022	7 554	3 102	4 602	15 258	35,3
7	29/06/2022	4 129	3 102	4 602	11 833	27,4
8	05/07/2022	4 129	3 102	4 602	11 833	27,4
9	13/07/2022	9 509	9 064	13 728	32 301	74,8
10	21/07/2022	9 509	14 170	14 000	37 679	87,2
11	25/07/2022	9 509	14 170	14 000	37 679	87,2
12	02/08/2022	9 509	14 170	14 000	37 679	87,2
13	04/08/2022	9 509	14 170	14 000	37 679	87,2
14	11/08/2022	9 509	14 170	14 000	37 679	87,2
15	16/08/2022	7 713	14 170	14 000	35 883	83,1
16	19/08/2022	7 713	14 170	14 000	35 883	83,1
17	22/08/2022	7 713	14 170	14 000	35 883	83,1
18	25/08/2022	7 713	14 170	14 000	35 883	83,1
19	30/08/2022	6 351	14 170	14 000	34 521	79,9
20	01/09/2022	6 351	14 170	14 000	34 521	79,9
21	07/09/2022	6 351	14 170	14 000	34 521	79,9
22	08/09/2022	6 351	14 170	14 000	34 521	79,9
23	13/09/2022	5 300	14 170	14 000	33 470	77,5
24	16/09/2022	5 300	14 170	14 000	33 470	77,5
25	20/09/2022	5 300	14 170	11 183	30 653	71,0
26	22/09/2022	5 300	14 170	9 863	29 333	67,9
27	28/09/2022	5 300	14 170	8 537	28 007	64,8
28	29/09/2022	5 300	14 170	8 537	28 007	64,8
29	06/10/2022	5 300	14 170	4 602	24 072	55,7
30	19/10/2022	5 300	14 170	4 602	24 072	55,7
31	26/10/2022	5 300	14 170	4 602	24 072	55,7
Moyenne sur l'ensemble du suivi		6 922	11 149	10 080	28 151	65,2
A		2,08	1,29	1,43	0,51	1,53

Tableau 11 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés

**La proportion moyenne de surface prospectée sur l'ensemble du suivi est de 0,65 (soit 65 %).
Le coefficient de correction surfacique moyen sur l'ensemble du parc et des prospections est de : A = 1,53.**

4.2 Mortalité de l'avifaune

4.2.1 Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien

4.2.1.1 Les principaux facteurs de mortalité de l'avifaune

À l'exception des parcs éoliens denses et situés dans des zones particulièrement riches en oiseaux, la mortalité par collision est généralement faible par rapport aux autres activités humaines (tableau suivant). Le taux de mortalité varie selon les parcs de 0 à 10 oiseaux par éolienne et par an (programme « éolien biodiversité » - parcs européens). Ces chiffres dépendent de la configuration du parc éolien, de la densité et des caractéristiques des oiseaux qui fréquentent le site, du relief, et plus globalement, des caractéristiques topographiques et paysagères (présence de voies de passage, de haies, de zones d'ascendance thermique). À titre de comparaison, le réseau routier serait responsable de la mort de 30 à 100 oiseaux par km/an, le réseau électrique de 40 à 120 oiseaux par km/an.

Cause de mortalité	Commentaires
Ligne électrique haute tension (> 63 kV)	80 à 120 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 100 000 km
Ligne moyenne tension (20 à 63 kV)	40 à 100 oiseaux/km/an (en zone sensible) ; réseau aérien de 460 000 km
Autoroute, route	Autoroute : 30 à 100 oiseaux/km/an ; réseau terrestre de 10 000 km
Chasse (et braconnage)	Plusieurs millions d'oiseaux chaque année
Agriculture	Evolution des pratiques agricoles, pesticides, drainage des zones humides.
Urbanisation	Collision avec les bâtiments (baies vitrées), les tours et les émetteurs.
Eoliennes	0 à 10 oiseaux / éolienne / an ; 2456 éoliennes en 2008, environ 10000 en 2020

Tableau 12 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE)

Les différentes espèces interagissent différemment face à un parc éolien :

- les espèces plus sensibles à l'effarouchement (limicoles, anatidés, grues, aigles, *etc.*), sont plus méfiantes vis-à-vis des éoliennes en mouvement et par conséquent moins sensibles au risque de collision ;
- les espèces moins farouches sont potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, *etc.*).

4.2.1.1.1 Situations et facteurs à risques

De manière générale, certaines situations peuvent accroître les risques de collision. Les principaux critères sont :

- les hauteurs et types de vol des espèces,
- le comportement de chasse chez les rapaces,
- les phénomènes de regroupement des espèces en migration, notamment chez les migrateurs nocturnes,
- les conditions de brouillard ou de nuages bas et les vents forts de face.

4.2.1.1.2 Sensibilité et vulnérabilité des espèces

Il est possible de déterminer un **indice de sensibilité** des espèces d'oiseaux vis-à-vis du risque de collision en se basant sur les cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 2022) et sur l'abondance des espèces (BirdLife International, 2017). Un niveau de sensibilité de 0 à 4 a ainsi été attribué à chaque espèce présente en Europe.

Ainsi, trois rapaces sont définis comme les espèces les plus sensibles (niveau 4). Il s'agit du Vautour fauve, du Milan royal et du Pygargue à queue blanche. 17 espèces, dont le Circaète Jean-le-Blanc, le Milan noir, le Grand-duc d'Europe, le Balbuzard pêcheur, le Faucon pèlerin et le Faucon crécerelle atteignent le niveau de sensibilité 3.

Afin de déterminer les enjeux induits par le risque éolien sur la conservation d'une espèce, un **indice de vulnérabilité** peut être calculé. Cet indice couple ainsi la sensibilité au risque de collision et le statut UICN national. Cette méthode est synthétisée dans le tableau suivant, issue du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » de novembre 2015.

IV. Enjeux de conservation	III. Sensibilité à l'éolien				
	0	1	2	3	4
Espèce non protégée	0,5				
DD, NA, NE = 1	0,5	1	1,5	2	2,5
LC = 2	1	1,5	2	2,5	3
NT = 3	1,5	2	2,5	3	3,5
VU = 4	2	2,5	3	3,5	4
CR-EN = 5	2,5	3	3,5	4	4,5

DD : Données insuffisantes, **NA** : Non applicable, espèce non soumise à l'évaluation car : introduite après l'année 1500 ; présente de manière occasionnelle ou marginale et non observée chaque année en métropole ; régulièrement présente en hivernage ou en passage mais ne remplissant pas les critères d'une présence significative ; ou régulièrement présente en hivernage ou en passage mais pour laquelle le manque de données disponibles ne permet pas de confirmer que les critères d'une présence significative sont remplis, **NE** : Non évaluée : espèce n'ayant pas été confrontée aux critères de l'UICN, **LC** : préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible), **NT** : quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises), **VU** : vulnérable, **EN** : en danger, **CR** : en danger critique

Figure 26 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)

4.2.1.1.3 Espèces les plus impactées

Les rapaces et migrateurs nocturnes (roitelets, martinets *etc.*) sont des espèces généralement considérées comme les plus exposées au risque de collision avec les turbines (« Impact des éoliennes sur les oiseaux », ONCFS, 2014).

Certains rapaces, en particulier les espèces à tendance nécrophage tels les milans, la Buse variable ou encore les busards, peuvent être attirés sur les parcelles cultivées lors des travaux agricoles (notamment la fauche des prairies au printemps et les moissons en été) et par l'ouverture des milieux liée au défrichement.

Pendant les migrations, les impacts semblent survenir plus particulièrement la nuit. Les espèces qui ne migrent que de jour (rapaces, cigognes, fringilles, *etc.*) sont généralement capables d'adapter leurs trajectoires à distance. En effet, comme cela a été démontré dans l'étude d'Abies (2002), 88 % des oiseaux changent leur trajectoire à la vue des éoliennes. Ces comportements d'anticipation participent à la réduction des situations à risques.

4.2.1.2 Bilans national et européen de la mortalité de l'avifaune

Le bilan national suivant s'appuie sur le rapport « le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune, LPO, 2017 ».

En France, 5 156 éoliennes étaient déjà construites et en fonctionnement en avril 2016, et 1 017 autres ont obtenu un permis de construire et d'exploitation. Les parcs en France ont en moyenne 7,7 machines d'une hauteur moyenne de 139 mètres en bout de pale. Sur l'ensemble des éoliennes du parc français, seulement 645 ont fait l'objet d'un suivi de la mortalité, soit 12,5 %.

Parmi les suivis réalisés, seuls 80% ont été effectués sur une surface d'au moins 1 ha. Le nombre de prospections est variable, allant d'un passage à l'année à plusieurs passages par semaine tout au long de l'année. Au total 37 839 prospections ont été réalisées, le plus souvent au printemps, en été et en automne.

Au total, 31 parcs possèdent un suivi acceptable (au moins 26 semaines de suivi avec un passage par semaine). Lors de ces suivis, 485 cadavres ont été notés sur 189 éoliennes soit environ 1,24 oiseau/éolienne/an.

Si l'on se concentre sur les neuf parcs ayant fait l'objet d'un suivi plus robuste (au moins une sortie par semaine pendant 48 semaines lors d'une année sur une surface d'au moins 50 mètres autour de l'éolienne), on dénombre 293 cadavres d'oiseaux pour 49 éoliennes, soit un ratio de 2,15 oiseaux/éolienne/an. Pour remarque : « [...] les neuf parcs évoqués ci-dessus se trouvent soit en ZPS (pour 5 d'entre eux), soit à proximité immédiate (476 m, 574 m, 1 027 m et 1 874 m de la ZPS la plus proche) [...] ». Ainsi en fonction des parcs et des suivis, la mortalité brute varie entre 1,24 à 2,15 oiseaux/éolienne/an.

Pour finir, huit parcs ont fait l'objet d'estimation selon les quatre méthodes préconisées soit 1,38 % des éoliennes françaises. Ces parcs possèdent tous une sensibilité particulière : proximité d'une ZPS, de forêts de feuillus ou présence d'une mosaïque de milieux. Les estimations sont comprises entre 0,3 et 26,8 oiseaux/éolienne/an. Toutefois, une fois exclu des calculs un parc comprenant une forte mortalité

de pigeons (présence d'un silo à grain à proximité), la mortalité estimée est de 0,3 à 7,6 oiseaux/éolienne/an, soit une moyenne de 4,2 et une médiane de 3,6.

D'un point de vue qualitatif (figure suivante et Annexe 5), les groupes d'espèces les plus impactés en Europe sont, par ordre décroissant, les Passeriformes, les Accipitriformes, les Charadriiformes puis les Falconiformes (d'après Dürr, 2022).

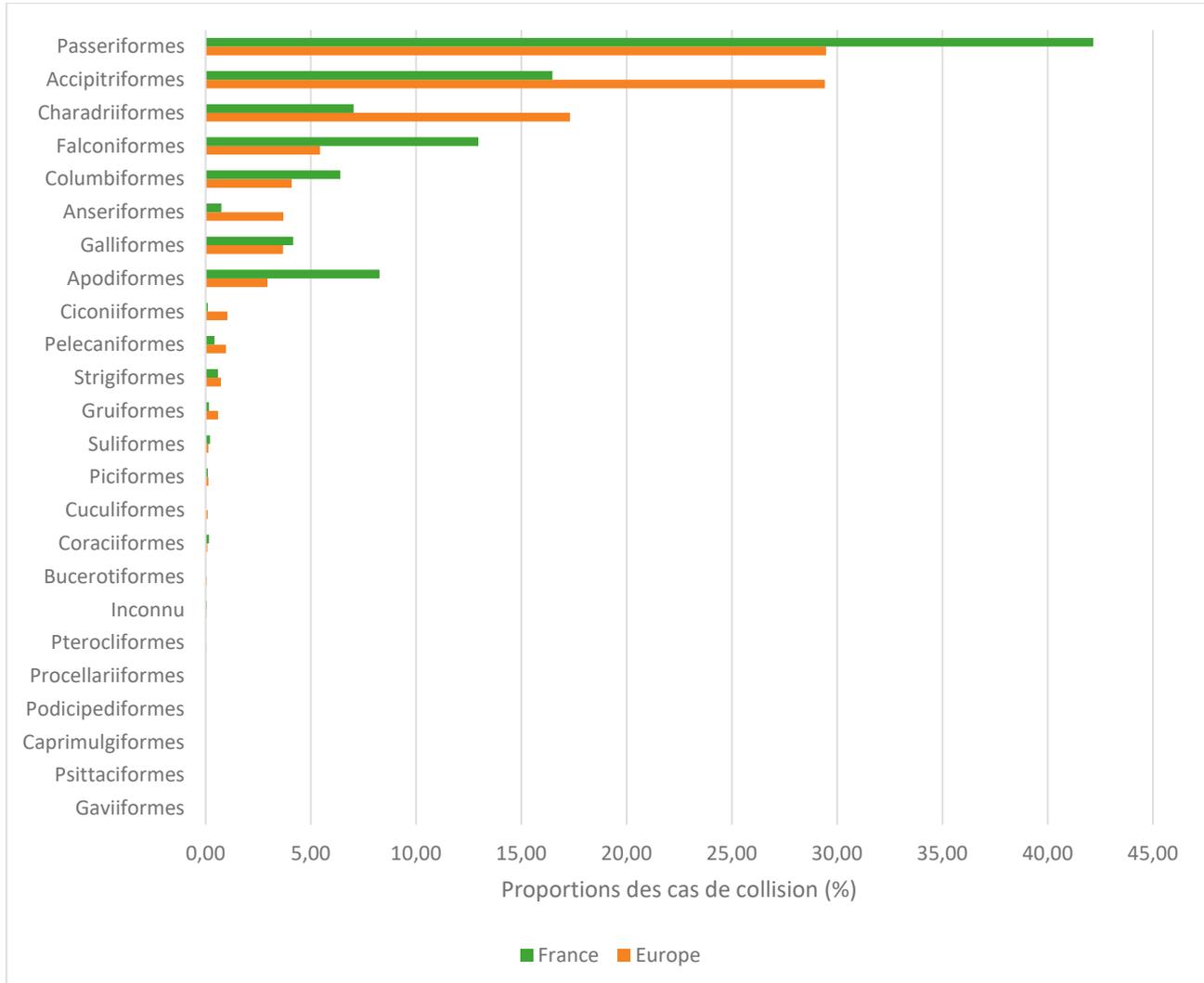


Figure 27 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2022)

4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact (Adev Environnement, 2016) a révélé la présence de cinq espèces à enjeu et sensibles au risque de collision dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- le Busard cendré,
- le Milan noir,
- le Milan royal,
- le Busard des roseaux

Tableau 37 : Espèces d'oiseaux contactées dans le secteur d'étude en période de reproduction ayant au moins un niveau de vulnérabilité modéré (les espèces inscrites à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux ayant un niveau de vulnérabilité « faible » ou « très faible » ont également été retenues)

Nom vernaculaire	Statut biologique (Secteur d'étude)*			Statut reproducteur (ZIP + AEI)**	Enjeu patrimonial	Niveau de sensibilité aux éoliennes	Niveau de vulnérabilité
	H	M	R				
Busard cendré		x	x	Certain	Très fort	Moyen	Fort
Milan noir		x	x	Possible	Fort	Fort	Fort
Circaète Jean-le-Blanc		x	x	Possible	Fort	Moyen	Assez fort
Aigrette garzette	x	x	x	Non reproducteur	Fort	Moyen	Modéré
Busard Saint-Martin	x	x	x	Probable	Fort	Moyen	Modéré
Faucon crécerelle	x	x	x	Probable	Faible	Fort	Modéré
Grande Aigrette	x	x		Non reproducteur	Fort	Moyen	Modéré
Œdicnème criard		x	x	Probable	Fort	Moyen	Modéré
Bondrée apivore		x	x	Possible	Modéré	Moyen	Faible
Martin-pêcheur d'Europe	x		x	Possible	Modéré	Faible	Faible
Pic mar	x		x	Possible	Modéré	Faible	Faible
Pie-grièche écorcheur		x	x	Possible	Modéré	Moyen	Faible

* H : Hivernage ; M : Migration ; R : Reproduction

** En rouge : espèce ayant montré des indices de nidification au sein de la ZIP

Tableau 40 : Espèces d'oiseaux contactées dans le secteur d'étude en période de migration ayant au moins un niveau de vulnérabilité modéré (les espèces inscrites à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux ayant un niveau de vulnérabilité « faible » ou « très faible » sont également retenues)

Nom vernaculaire	Statut biologique (Secteur d'étude)*			Enjeu patrimonial	Niveau de sensibilité aux éoliennes	Niveau de vulnérabilité
	H	M	R			
Milan royal			x	Très fort	Fort	Fort
Busard des roseaux			x	Très fort	Moyen	Fort
Milan noir			x	Fort	Fort	Fort
Vanneau huppé	x	x	x	Modéré	Fort	Assez fort
Busard Saint-Martin	x	x	x	Fort	Moyen	Modéré
Grande aigrette	x	x		Fort	Moyen	Modéré
Œdicnème criard			x	Fort	Moyen	Modéré
Faucon crécerelle	x	x	x	Faible	Fort	Modéré
Faucon hobereau		x	x	Modéré	Moyen	Modéré
Pipit farlouse	x	x		Très fort	Faible	Modéré
Tarier des prés			x	Fort	Faible	Modéré
Pluvier doré	x	x		Faible	Moyen	Faible

* H : Hivernage ; M : Migration ; R : Reproduction

Tableau 42 : Espèces d'oiseaux contactées dans le secteur d'étude en période hivernale ayant au moins un niveau de vulnérabilité modéré (les espèces inscrites à l'annexe 1 de la Directive Oiseaux ayant un niveau de vulnérabilité « faible » ou « très faible » sont également retenues)

Nom vernaculaire	Statut biologique (Secteur d'étude)*			Enjeu patrimonial	Niveau de sensibilité aux éoliennes	Niveau de vulnérabilité
	H	M	R			
Vanneau huppé	x	x	x	Modéré	Fort	Assez fort
Busard Saint-Martin	x	x	x	Fort	Moyen	Modéré
Faucon crécerelle	x	x	x	Faible	Fort	Modéré
Pipit farlouse	x	x		Très fort	Faible	Modéré
Pluvier doré	x	x		Faible	Moyen	Faible

* H : Hivernage ; M : Migration ; R : Reproduction

Figure 28 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Adev Environnement)

4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2022

4.2.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Bois Mérault, quatre cadavres d'oiseaux appartenant à quatre espèces ont été retrouvés en 2022 (tableau suivant). Les quatre cadavres ont été découverts lors du protocole de suivi de la mortalité. La mortalité brute est de 1,33 individu / éolienne durant la période de suivi s'étalant de mi-mai à mi-octobre, soit 31 prospections, à raison d'une prospection par semaine entre les semaines 20 et 43 et de deux prospections par semaine entre les semaines 31 et 39. Cette mortalité brute est ainsi équivalente à 0,04 individu / éolienne / sortie.

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de chaque cadavre recensé durant le suivi.

Date	Espèce	Éolienne	Statut biologique	Sexe	Âge	Source
08/06/2022	Alouette des champs	E1	Reproducteur	-	-	Protocole de suivi
21/07/2022	Pigeon ramier	E1	Reproducteur	-	-	
21/07/2022	Martinet noir	E2	Migration postnuptiale	-	-	
25/07/2022	Faucon crécerelle	E3	Reproducteur	F	Adulte	

Tableau 13 : Oiseaux découverts lors du suivi mortalité

Avec quatre cadavres d'oiseaux recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Bois Mérault est de 1,33 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant de mai à octobre.

4.2.3.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur la période de suivi, selon les différentes méthodes retenues (estimations calculées via le logiciel EolApp du CEFÉ Montpellier, <https://shiny.cfe.cnrs.fr/eolapp>). L'intervalle de confiance à 95 % est également mentionné.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / période)			
	Période 1	Période 2	Période 3	Globale
	Mai à juillet, 1 sortie/sem.	Août à septembre, 2 sortie/sem.	Octobre, 1 sortie/sem.	Mai à octobre
Erickson	55,67 (4 - 142,80)	0	0	55,67 (4 - 142,80)
Huso	58,28 (4 - 160,56)	0	0	58,28 (4 - 160,56)
Jones	108,45 (4 - 429,12)	0	0	108,45 (4 - 429,12)

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 14 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

Les cas de mortalité ont tous été observés durant la première période du suivi. Les estimations concernant les périodes 2 et 3 sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle). La mortalité estimée globale est le résultat de l'addition de la mortalité estimée des trois périodes, donc dans ce cas précis, elle est égale à celle de la première période.

Méthodes	Mortalité estimée				Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
	Globale	/éolienne	/sortie	/éolienne/sortie	
Erickson	55,67	18,55	5,06	1,68	(4 - 142,80)
Huso	58,28	19,42	5,29	1,77	(4 - 160,56)
Jones	108,45	36,15	9,85	3,28	(4 - 429,12)

Tableau 15 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées

Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 55,67 à 108,45 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 4 et 429,12 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

La précision des estimations est jugée insuffisante pour pouvoir interpréter les résultats (intervalles de confiance).

Les paramètres correcteurs peuvent avoir un impact fort. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives liées à la persistance des cadavres, qui reflète une forte prédation sur le parc de Bois Méréault. En outre, la correction surfacique est assez élevée étant donné le grand nombre de zones non prospectables autour des éoliennes (presque 40 %), dû notamment à la présence des cultures, lors de la période de suivi. Ceci indique pourquoi la précision des estimations est si peu élevée.

4.2.3.3 Analyse par groupes taxonomiques

Les quatre cadavres d'oiseaux trouvés appartiennent respectivement à l'ordre des passériformes (Alouette des champs), des columbiformes (Pigeon ramier), des falconiformes (Faucon crécerelle) et des apodiformes (Martinet noir). Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique.

Les passériformes représentent le groupe le plus impacté en France et en Europe (cf. 6.2.1.2 : bilan national de la mortalité avifaune). Les columbiformes et les falconiformes sont moins souvent découverts, bien qu'en tête de classement (quatrième et cinquième ordre les plus impactés). Les apodiformes font plus rarement l'objet de cas de mortalité. Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Bois Méréault et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

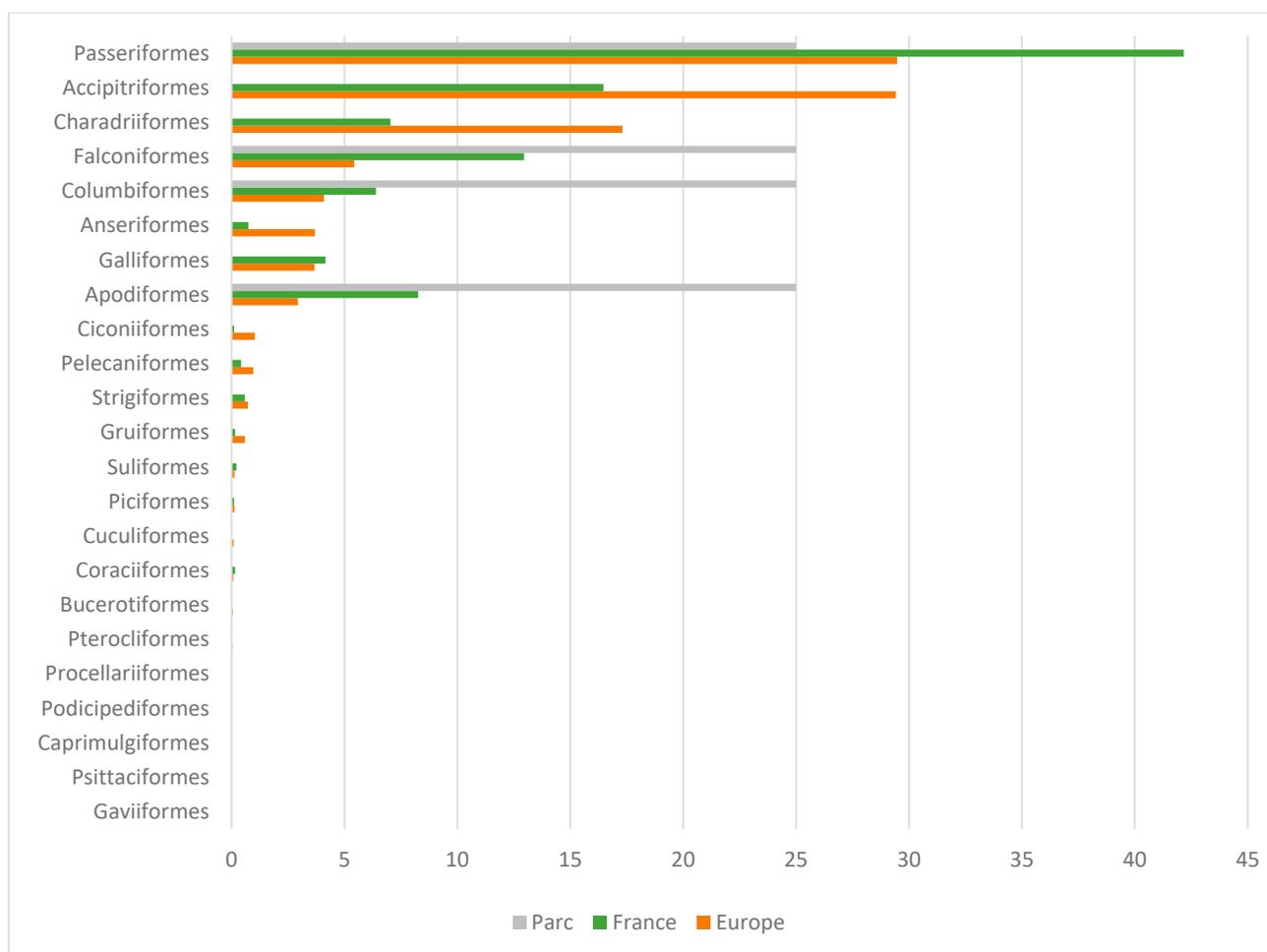


Figure 29 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes par ordre taxonomique, en France, en Europe et sur le parc de Bois Mérault

Sur le parc de Bois Mérault, en 2022, les quatre cadavres retrouvés appartiennent respectivement aux ordres des passériformes, des columbiformes, des falconiformes et des apodiformes. Les passériformes représentent l'ordre le plus impacté par des cas de collision avec les éoliennes.

4.2.4 Résultats saisonniers

4.2.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, les cadavres d'oiseaux ont été retrouvés durant les mois de juin et juillet (figure suivante). La mortalité fluctue entre 1 et 3 individus sur les mois concernés.

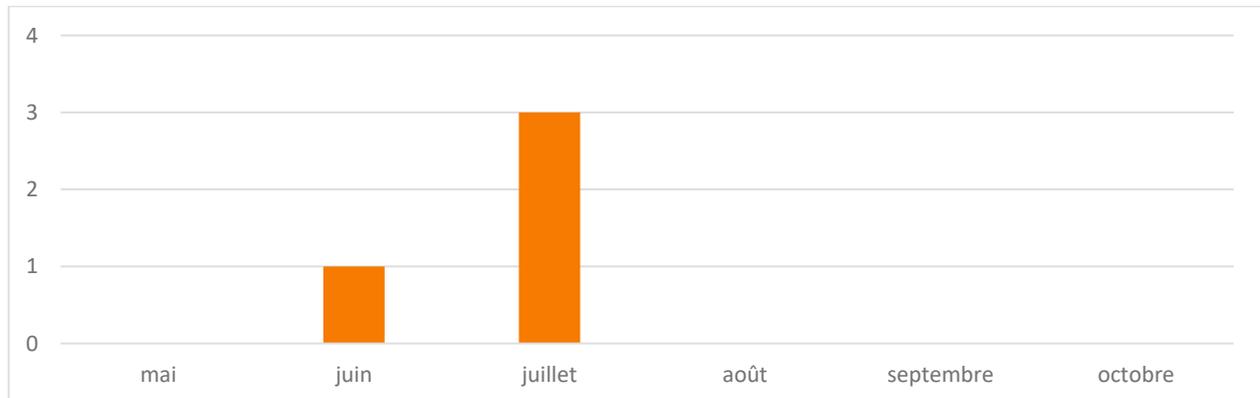


Figure 30 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

La mortalité observée est la plus importante au mois de juillet. Les cadavres retrouvés au cours de ce mois correspondent à des individus nicheurs (Pigeon ramier et Faucon crécerelle) ou migrateur (Martinet noir). Un cadavre a également été retrouvé au mois de juin. Il s'agit d'un individu nicheur (Alouette des champs). Par ailleurs, aucun cadavre n'a été retrouvé entre les mois d'août à d'octobre, période qui correspond généralement à la phase de migration postnuptiale et de forte activité de l'avifaune.

Un seul individu a été découvert durant la phase de migration postnuptiale, malgré le renforcement du suivi sur les mois d'août et septembre (avec deux sorties par semaine). Sur le parc de Bois Méréault, les cas de collision semblent ainsi survenir plutôt en période de reproduction.

Néanmoins, le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes. De plus, il serait nécessaire de suivre également le mois d'avril et de novembre pour couvrir les phases de reproduction et de migration postnuptiale. Enfin, étant donné les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes aient aussi été mortifères lors du suivi.

4.2.4.2 Mortalité estimée

Compte-tenu du faible nombre de données, de l'absence d'hypothèse biologique expliquant les variations constatées et de la non-homogénéité du suivi (nombre de sortie différentes par saison), le calcul d'une mortalité estimée n'apparaît pas pertinent ici.

4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.2.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, deux cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sous l'éolienne E1, un sous l'éolienne E2 et un autre sous l'éolienne E3 (carte suivante). Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédation, il n'est pas impossible que ces éoliennes aient provoqué d'autres cas de mortalité non observés lors du suivi. À noter que les trois éoliennes sont implantées dans le même type d'environnement, au sein de grandes cultures céréalières.

Les cas de mortalité semblent répartis de manière homogène sur le parc de Bois Mérault.



Carte 4 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne

4.2.5.2 Mortalité estimée

Compte-tenu du faible nombre de données et de l'absence d'hypothèse biologique expliquant les variations constatées, le calcul d'une mortalité estimée n'apparaît pas pertinent ici.

4.2.6 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des oiseaux avec les turbines :

- le **comportement** (d'une espèce en général ou d'individus en particulier),
- la **période** (les comportements et l'abondance des individus peuvent être modifiés en fonction des différentes phases biologiques),
- la **localisation du parc** (présence de relief, de couloir de migration, de zones d'intérêt pour l'alimentation ou le repos, etc.),
- les **caractéristiques des éoliennes** (nombre d'éolienne, agencement, taille et hauteur du rotor, etc.),
- les **conditions météorologiques** (brouillard, vent, etc.).

L'origine d'une collision est souvent multifactorielle. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

D'après les caractéristiques des individus retrouvés, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, aucune cause récurrente n'a pu être identifiée comme étant à l'origine de la mortalité sur le parc de Bois Méréault. Les cas de mortalité recensés, peu nombreux, semblent avoir pour origine l'occurrence ponctuelle de facteurs à risques (phénologie, comportement, conditions météorologiques, etc.). Selon les résultats saisonniers, une légère augmentation des cas de mortalité a été observée lors de la phase de reproduction mais le nombre de données est insuffisant pour conclure sur ce point.

Le parc est implanté dans un milieu ouvert de cultures céréalières, qui correspond aux habitats fréquentés par la plupart des espèces découvertes (Alouette des champs, Pigeon ramier, Faucon crécerelle).

La cause principale de la mortalité sur le parc semble être liée à la forte activité de l'avifaune lors de la période de reproduction. Cependant, le nombre de données n'est pas suffisant pour pouvoir valider cette hypothèse.

4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune

4.2.7.1 Patrimonialité, sensibilité et vulnérabilité des espèces

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation des espèces ayant été directement impactées par le parc de Bois Mérault, ainsi que leur sensibilité et leur vulnérabilité face au risque de collision avec les éoliennes.

Ordre	Espèce	Statut de protection		Statut de conservation national (UICN)			Risque de collision		Effectifs
		Directive oiseaux	Oiseaux protégés (France)	Nicheur	Migrateur	Hivernant	Sensibilité	Vulnérabilité*	
Passeriforme	Alouette des champs	Annexe II/2	-	NT	NA	LC	-	1,5	1
Columbiforme	Pigeon ramier	Annexe II/1 et III/1	-	LC	LC	LC	1	1	1
Apodiforme	Martinet noir	-	Article 3	NT	DD	-	1	1,5	1
Falconiforme	Faucon crécerelle	-	Article 3	NT	NA	NA	3	3	1

LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi-menacée / VU : Vulnérable / EN : En danger / CR : En danger critique / DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable / : éléments de patrimonialité. *(de la phase biologique concernée)

Tableau 16 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard des statuts de conservation correspondant à la phase du cycle biologique des individus découverts et des indices de sensibilité et de vulnérabilité au risque de collision, trois espèces sont à considérer avec vigilance sur le parc de Bois Mérault : le Faucon crécerelle, le Martinet noir et l'Alouette des champs.

Trois espèces sur les quatre découvertes présentent un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction : l'Alouette des champs (NT), le Martinet noir (NT) et le Faucon crécerelle (NT). Par ailleurs, le Faucon crécerelle est sujet à une sensibilité (3) et une vulnérabilité (3) élevées face au risque de collision.

4.2.7.2 Incidences sur les populations des espèces concernées

Parmi les espèces portant des enjeux élevés, ciblées lors de l'étude d'impact de 2016 (Busard cendré, Milan noir, Milan royal, Busard des roseaux), aucun cas de mortalité n'a été avéré.

Le Faucon crécerelle, classé « Quasi menacée » en période de reproduction à l'échelle nationale, et présentant un indice de sensibilité élevé face au risque de collision, n'a fait l'objet que d'un seul cas de

mortalité recensé sur le parc de Bois Mérault en 2022. Sans récurrence de la mortalité observée chez cette espèce, l'impact du parc peut être qualifié comme faible et non-significatif.

Les populations de Martinet noir montrent un déclin de leurs effectifs au niveau européen, tandis qu'ils seraient stables au niveau national. Le Martinet noir est classé « Quasi menacé » au niveau national. Un cadavre a été recensé lors du suivi de mortalité de 2022 sur le site de Bois Mérault. Néanmoins, du fait de sa nidification hors du parc (individu migrateur et aucun habitat propice à la nidification du Martinet noir à proximité directe), il représente un enjeu faible. Un unique cas de mortalité sur cette espèce représente un impact faible et non significatif.

Les populations européennes d'Alouette des champs accusent un déclin modéré de long terme (- 29 % entre 1990 et 2011), et la population nationale est classée « Quasi menacée », notamment en raison d'une baisse des effectifs nicheurs de 30 % entre 1989 et 2013.

L'Alouette des champs présente un indice de sensibilité faible face au risque de collision, et n'a fait l'objet que d'un cas de mortalité sur le parc de Bois Mérault en 2022. Un cadavre de cette espèce avait déjà été observé en 2021 sur ce même parc. Les cas de mortalité constatés ne sont pas de nature à affecter l'état de conservation de cette espèce.

En tenant compte de ces paramètres, l'impact global du parc peut être qualifié comme faible et non-significatif.

Parmi les espèces à enjeu, ciblées lors de l'étude d'impact, aucun cas de mortalité n'a été avéré.

Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Bois Mérault ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière.

4.2.8 Comparaisons avec des données de 2021 avec celles de 2022

4.2.8.1 Comparaison des résultats globaux

4.2.8.1.1 Mortalité brute

La comparaison de la mortalité sur le parc de Bois Mérault est basée sur les sorties effectuées sur la première année de suivi (août à octobre 2020 et mai à juillet 2021) et celles effectuées sur la deuxième année (mai à octobre 2022). Sur ce parc, quatre oiseaux ont été retrouvés au cours de la première année et quatre sur la deuxième soit huit individus au total (tableau suivant). La mortalité brute observée est la même d'une année sur l'autre. Cela n'implique pas que la mortalité réelle soit identique.

La seule espèce faisant l'objet d'une mortalité récurrente est l'Alouette des champs, avec un cadavre observé chaque année.

Espèce	Année	
	2020-2021	2022
Alouette des champs	1	1
Grive musicienne	1	0
Pinson des arbres	1	0
Roitelet à triple bandeau	1	0
Martinet noir	0	1
Pigeon ramier	0	1
Faucon crécerelle	0	1

Tableau 17 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2021 et 2022

Le faible nombre de données récoltées sur les deux années suivies ne peut pas permettre de dégager une tendance nette concernant un éventuel impact sur une espèce particulière

4.2.8.1.2 Mortalité estimée

Lors du suivi précédent (2020-2021), la mortalité estimée a pu être interprétée et a été jugée faible (17 cadavres estimés en moyenne, aucune espèce menacée concernée). En 2022, la faible précision des estimations de mortalité sur l'ensemble du suivi n'est pas suffisante pour réaliser des interprétations. La comparaison d'estimations de mortalité n'est donc pas possible dans le cas présent.

4.2.8.2 Comparaison des résultats saisonniers

4.2.8.2.1 Mortalité brute

En 2021 et en 2022, l'ensemble des cas de mortalité ont été observés sur les phases de reproduction et de migration postnuptiale. Aucun cadavre n'a été trouvé lors de la période de migration pré-nuptiale au cours des deux années de suivi.

Aucun suivi de mortalité n'a été effectué en période d'hivernage.

Année	Hivernage	Migration prénuptiale	Reproduction	Migration postnuptiale
2021	-	0	2	2
2022	-	0	3	1

Tableau 18 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la phase biologique en 2021 et 2022

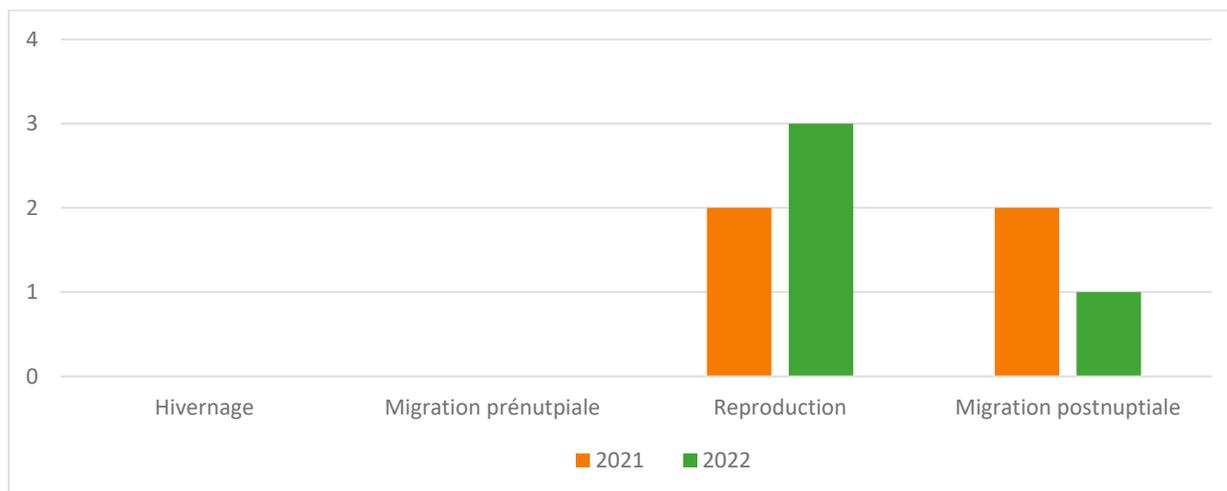


Figure 31 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2021 et 2022

La mortalité brute et sa répartition selon les différentes phases biologiques semblent globalement les mêmes d'une année sur l'autre. Les cas de mortalités sont légèrement plus nombreux pendant la période de reproduction.

4.2.8.2.2 Mortalité estimée

Le calcul de mortalité estimée par saison n'apparaît pas pertinent en 2022, par manque de donnée et d'hypothèse biologique. Il n'est donc pas possible d'établir de comparaison entre les résultats des deux années de suivi.

4.2.8.1 Comparaison des résultats spatialisés

4.2.8.1.1 Mortalité brute

Des cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sous une seule des trois éoliennes en 2021 et un sous chacune des trois éoliennes en 2022 (tableau suivant). Au moins un cadavre a été retrouvé par éolienne sur l'ensemble des deux années de suivi. En 2022, la mortalité est assez homogène sur le parc avec deux cas recensés sous l'éolienne E1 et un cas sous les éoliennes E2 et E3. En 2021 au contraire, les quatre cadavres ont été retrouvés sous la même éolienne. La mortalité brute n'a pas augmenté entre 2021 et 2022 mais la répartition des cadavres est plus homogène sur le parc.

Année	E1	E2	E3
2021	4	0	0
2022	2	1	1

Tableau 19 : Mortalité brute par éolienne en 2021 et 2022

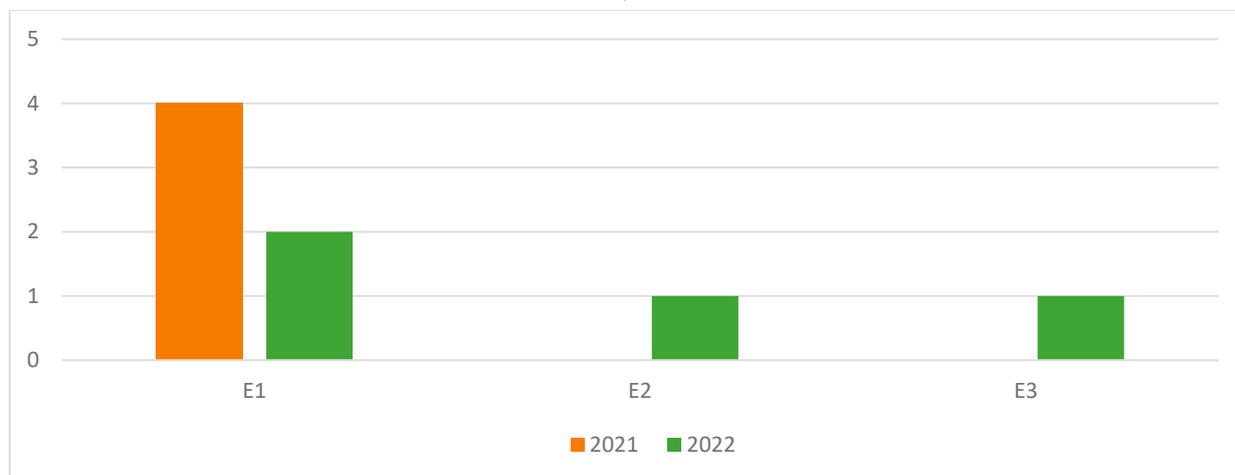


Figure 32 : Mortalité brute par éolienne en 2021 et 2022

À l'issue du suivi de mortalité de l'année 2021, il avait été noté que la mortalité de l'avifaune sur le parc de Bois Méréault était plus élevée sous l'éolienne E1. En 2022, la mortalité brute est dispersée de manière plus homogène sur le parc, mais reste plus importante sur l'éolienne E1. Ces résultats semblent amener à la même interprétation. Néanmoins, le faible nombre de données ne permet pas de conclure sur ce point.

4.2.8.1.2 Mortalité estimée

Le calcul de mortalité estimée par éolienne n'apparaît pas pertinent en 2022, par manque de donnée et d'hypothèse biologique. Il n'est donc pas possible d'établir de comparaison entre les résultats des deux années de suivi.

4.2.9 Synthèse

- *La mortalité brute relevée sur l'ensemble du suivi (mai à octobre 2022) est de quatre individus (une Alouette des champs, un Pigeon ramier, un Martinet noir et un Faucon crécerelle).*
- *Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 55,67 à 108,45 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 4 et 429,12 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).*
- *Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact (Busard cendré, Milan noir, Milan royal et Busard des roseaux), aucun cas de mortalité n'a été avéré.*
- *Trois espèces sur les quatre découvertes présentent un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction : l'Alouette des champs (NT), le Martinet noir (NT) et le Faucon crécerelle (NT).*
- *La mortalité de l'avifaune sur le parc de Bois Méréault semble plus concentrée sur les périodes de reproduction et au niveau de l'éolienne E1.*
- *Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Bois Méréault ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière.*

4.3 Mortalité des chiroptères

4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien

4.3.1.1 Les principaux facteurs de la mortalité des chiroptères

La mortalité des chauves-souris peut être liée à différents facteurs : collision directe, barotraumatisme, écrasement dans les mécanismes de rouage, intoxication suite à l'absorption d'huile de rouage, etc.

La mortalité par contact direct ou indirect avec les aérogénérateurs reste l'impact le plus significatif des parcs éoliens sur les chiroptères (Brinkmann *et al.*, 2011). Ces collisions ont pour conséquences des blessures létales ou sublétales (Grodsky *et al.*, 2011).

La synthèse bibliographique d'Eva Schuster (Schuster *et al.*, 2015) s'est appuyée sur plus de 220 publications scientifiques dans le but de dresser un état des lieux des connaissances en la matière et de confronter ces différentes hypothèses. Cette publication sert de base à la synthèse suivante.

4.3.1.1.1 Mortalité indirecte

Outre la mortalité la plus évidente résultant de la collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes, d'autres cas de mortalité indirecte sont documentés :

- un **phénomène de pression/décompression** se produit lors de la rotation des pales et de leur passage devant le mat. La chute brutale de la pression de l'air pourrait impliquer de sérieuses lésions internes des individus passant à proximité des pales, nommés barotraumatismes ;
- la rotation des pales d'éoliennes pourrait provoquer **un vortex** (tourbillon d'air) susceptible de piéger les chauves-souris passant à proximité (Horn *et al.*, 2008) ;
- les **courants d'air créés par la rotation des pales** seraient susceptibles d'entraîner des torsions du squelette des chiroptères passant à proximité, ce qui pourrait aboutir à des luxations ou des fractures des os alaires (Grodsky *et al.*, 2011) ;
- les **collisions sublétales** où des individus percutés par des pales pourraient survivre pendant un temps. Ce type de collision aboutit potentiellement au décès des individus mais pourraient ne pas être comptabilisé lors des suivis si ceux-ci ont pu s'éloigner du rayon de recherche entre-temps.

4.3.1.1.2 La saisonnalité, les conditions météorologiques ou le type d'habitat, comme facteurs de mortalité par collision fortuite

La majorité des auteurs s'accordent sur le fait que la **saisonnalité** joue un rôle prépondérant sur la mortalité des chiroptères par collision avec des aérogénérateurs : l'activité chiroptérologique et donc la mortalité sont les plus élevées en fin d'été-début d'automne (Arnett *et al.*, 2006 ; Dürr, 2002 ; Doty & Martin, 2012 ; Hull & Cawthen, 2013 ; Brinkmann *et al.*, 2006, 2011 ; Grodsky *et al.*, 2012 ; etc.).

Les **conditions météorologiques** influent directement ou indirectement sur la disponibilité en ressources alimentaires (notamment les insectes pour les chauves-souris européennes) et sur les conditions de vol des chiroptères, donc sur le taux de mortalité par collision (Baerwald & Barclay, 2011).

Le paramètre le plus influent semble être la vitesse du vent. Rydell *et al.* (2010) ont noté des activités maximales pour une vitesse de vent entre 0 et 2 m/s, puis, de 2 à 8 m/s, une activité diminuant pour devenir inexistante au-delà de 8 m/s. Behr *et al.* (2007) arrivèrent aux mêmes conclusions pour des vitesses de vent supérieures à 6,5 m/s

La température semble également jouer un rôle sur l'activité chiroptérologique. Si plusieurs auteurs concluent à une corrélation positive entre augmentation de la température et activité (Redell *et al.*, 2006 ; Arnett *et al.*, 2006, 2007 ; Baerwald & Barclay, 2011 ; *etc.*), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influant de manière indépendante sur l'activité chiroptérologique (Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). La pression atmosphérique (Cryan & Brown, 2007 ; Kern *et al.*, 2005), le rayonnement lunaire (Baerwald & Barclay, 2011 ; Cryan *et al.*, 2014) et l'hygrométrie (Behr *et al.*, 2011) pourraient également influencer sur l'activité chiroptérologique. Il semble toutefois plus vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères (ce qui serait aussi le cas de la température) comme le montrent Behr *et al.*, (2011) ou sur l'abondance d'insectes (Corten & Veldkamp, 2001).

Le nombre de cadavres trouvés sous les éoliennes varie également en fonction de l'**environnement immédiat** du parc, de la configuration des aérogénérateurs (distance entre le mât et les structures arborées) et de leurs caractéristiques (hauteur du moyeu et longueur des pales).

4.3.1.1.3 Des comportements à risques de collision, facteurs de mortalité

Comme détaillé précédemment, la saisonnalité joue un rôle particulier dans le niveau d'activité des populations de chiroptères. Les plus forts taux de mortalité sont ainsi généralement recensés en fin d'été - début d'automne, ce qui sous-entend un lien entre mortalité et migration automnale.

Lors des **migrations**, les chauves-souris traversent des zones moins bien connues que leurs territoires de chasse et/ou n'émettent que peu ou pas d'émissions sonar lors de ces trajets, elles seraient ainsi moins à même de repérer les pales en mouvement (Bach, 2001 in Behr *et al.*, 2007 ; Johnson *et al.*, 2003).

Les comportements de chasse, de reproduction ou de swarming sont également des comportements à risque de collision. Horn *et al.* (2008) mettent ainsi en évidence une corrélation positive entre activité d'insectes et de chauves-souris dans les deux premières heures de la nuit.

En période de reproduction ou lors de recherches de gîtes de mise-bas ou de transit, les chiroptères arboricoles recherchent des cavités, des fissures et des décollements d'écorce où s'installer. La silhouette d'une éolienne pourrait ainsi être confondue avec celle d'un arbre en milieu ouvert (Cryan *et al.*, 2014 ; Kunz *et al.*, 2007), entraînant une exploration de l'ensemble de la structure par les chauves-souris et augmentant ainsi le risque de collision.

Enfin, à proximité des gîtes de mise-bas ou de lieux de swarming, des regroupements importants de chiroptères peuvent avoir lieu, résultant en une augmentation conséquente du nombre d'individus et de l'activité autour du site, ainsi qu'en un rassemblement d'individus volant autour des entrées. Cela implique nécessairement un risque accru de mortalité par collision.

La morphologie et les spécificités écologiques de certaines espèces semblent être un facteur important dans le risque de collision. Hull et Cawthen (2013) et Rydell *et al.* (2010) ont ainsi mis en évidence des similarités entre espèces sensibles à l'éolien telles que les noctules, les pipistrelles et les sérotines en Europe. Il s'agit d'espèces glaneuses de plein air aux ailes longues et effilées, adaptées à ce type de vol et utilisant des signaux à faible largeur de bande et à forte intensité. Rydell *et al.* (2010) ont conclu que 98 % des espèces victimes de mortalité par collision sont des espèces présentant ces caractéristiques morphologiques et écologiques.

4.3.1.1.4 Sensibilité et vulnérabilité des espèces

La sensibilité et la vulnérabilité sont regroupées sous la forme d'un seul coefficient pour les chiroptères. L'indice utilisé est ainsi la **note de risque**. Cette note, comprise entre 1 et 4, correspond au croisement entre le statut de conservation UICN national et le taux de mortalité en Europe. **Cet indice inclus ainsi la sensibilité et définit un risque pour les populations d'espèces.** Concernant les chiroptères, il n'existe effectivement pas d'évaluation des populations européennes ou nationales assez fiables, la vulnérabilité ne peut être définie avec précision d'où l'indice de risque utilisé.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection	Statuts Listes rouges (UICN)			Mortalité de DURR par éoliennes 2021**					Note de risque***	
			Monde	Europe	France	0	1	2	3	4		% de mortalité européenne connue
		Directive Habitats				0	1-10	11-50	51-499	>500		
Rhinolophe de Mehely**	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Annexe II & IV	VU	VU	CR = 5		X				0,01	3*
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Annexe II & IV	NT	NT	VU = 4			X			0,12	3*
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Annexe II & IV	VU	VU	NT = 3	X					0	1,5
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	Annexe II & IV	NT	VU	LC = 2	X					0	1
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Annexe II & IV	LC	NT	LC = 2		X				0,01	1,5*
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	Annexe II & IV	NT	VU	NT = 3		X				0,01	2*
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	Annexe II & IV	LC	NT	NT = 3		X				0,07	2*
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3					X	6,7	3,5

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection	Statuts Listes rouges (UICN)			Mortalité de DURR par éoliennes 2021**						Note de risque***
						0	1	2	3	4	% de mortalité européenne connue	
						0	1-10	11-50	51-499	>500		
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Annexe IV	LC	LC	VU = 4					X	14,6	4
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3					X	15	3,5
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Annexe II & IV	LC	NT	LC = 2	X					0	1
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3				X		0,7	3
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Annexe II & IV	NT	VU	LC = 2		X				0,06	1,5*
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Annexe IV	LC	LC	DD = 1			X			0,4	1,5
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3				X		1,1	3
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2				X		3,2	2,5
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	Annexe IV	DD	DD	LC = 2	X					0	1
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,02	1,5
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,09	1,5
Murin à oreilles échanquées	<i>Myotis emarginatus</i>	Annexe II & IV	LC	LC	LC = 2		X				0,05	1,5*
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Annexe II & IV	LC	LC	LC = 2		X				0,07	1,5*
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,05	1,5
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,02	1,5
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2				X		4,4	2,5
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3					X	22,6	3,5
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2				X		4,2	2,5
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,07	1,5
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2		X				0,08	1,5

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection	Statuts Listes rouges (UICN)			Mortalité de DURR par éoliennes 2021**						Note de risque***
						0	1	2	3	4	% de mortalité européenne connue	
			Directive Habitats	Monde	Europe	France	0	1-10	11-50	51-499		
Murin d'Escalera	<i>Myotis escaleraei</i>	NE	NE	/	VU = 4	X					0	2*
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Annexe IV	NT	DD	VU = 4			X			0,4	3*
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobullaris</i>	Annexe IV	LC	NT	VU = 4	X					0	2
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Annexe IV	LC	LC	DD = 1				X		2	2
Murin des marais**	<i>Myotis dasycneme</i>	Annexe II & IV	NT	NT	EN=5		X				0,02	3*

DD : Données insuffisantes

LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible)

NT : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises)

VU : Vulnérable

EN : En danger

CR : En danger critique d'extinction

NA : Non applicable (espèce non soumise à évaluation car introduite dans la période récente ou présente en métropole de manière occasionnelle ou marginale)

* Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection

** Espèce faisant partie de la liste des vertébrés protégés menacés d'extinction et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département (Arrêté du 9 juillet 1999)

* : surclassement possible localement pour les espèces forestières si implantation en forêt, et les espèces fortement grégaires (proximité d'importantes nurseries ou de sites d'hivernation majeurs)

**Mortalité de DURR par éoliennes 2021 (Europe) : informations reçues au 07/05/2021

***Note calculée par ENCIS sur la base de la SFPEM 2015 avec la mise à jour de la mortalité de DURR : mise à jour le 02/12/2021

Tableau 20 : Sensibilité et note de risque des chiroptères vis-à-vis des éoliennes

4.3.1.2 Bilan national et européen de la mortalité des chiroptères

3 106 cas de collision avec les éoliennes ont été recensés en France au 17 juin 2022 (Dürr, 2022). L'espèce la plus fortement impactée (environ 36 %) est de loin la Pipistrelle commune (cf. Annexe 4 et figure suivante). La Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et les Pipistrelles indéterminées sont retrouvées dans de plus faibles proportions (environ 7 à 10 % pour chaque espèce). Enfin, dans des proportions encore plus faibles, la Pipistrelle pygmée et la Noctule de Leisler (environ 6 %), la Noctule commune (environ 5 %), le Vespère de Savi (environ 2 %) et la Sérotine commune (environ 1 %) sont identifiées. Il est précisé qu'environ 14 % des chiroptères retrouvés restent indéterminés.

Au niveau européen, la Pipistrelle commune est aussi l'espèce la plus impactée, suivie par la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune et les Pipistrelles indéterminées.

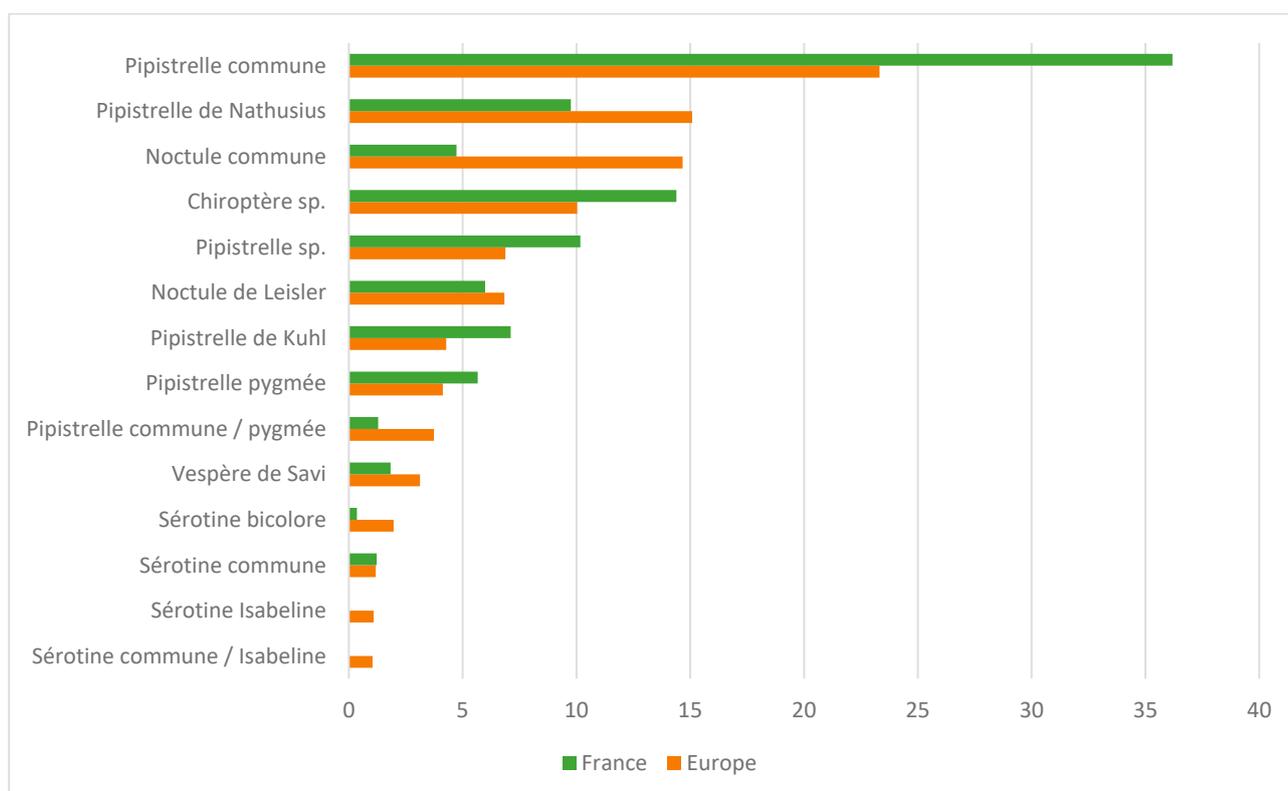


Figure 33 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2022)

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact (ADEV Environnement, 2016) a révélé la présence de trois espèces (espèces migratrices) à enjeu et sensibles au risque de collisions dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- la Noctule commune,
- la Noctule de Leisler,
- la Pipistrelle de Nathusius.

A la vue de ces éléments, l'impact du fonctionnement des éoliennes du projet éolien du Bois Mérault sur les chauves-souris peut être considéré comme faible à négligeable pour les espèces suivantes :

- ✓ Grand Murin
- ✓ Murin de Bechstein
- ✓ Murin à moustaches
- ✓ Murin de Daubenton
- ✓ Murin de Natterer
- ✓ Oreillard gris
- ✓ Oreillard roux
- ✓ Petit Rhinolophe

Pour les 7 espèces suivantes, l'impact moyen du fonctionnement des 3 éoliennes du projet peut être considéré comme modéré :

- ✓ Pipistrelle commune
- ✓ Pipistrelle de Kuhl
- ✓ Pipistrelle de Nathusius (espèce migratrice)
- ✓ Noctule commune (espèce partiellement migratrice)
- ✓ Noctule de Leisler (espèce migratrice)
- ✓ Sérotine commune
- ✓ Barbastelle

Les espèces qui seront les plus exposées sont les espèces migratrices (Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler et Noctule commune).

Figure 34 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact (Adev Environnement, 2016)

4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2022

4.3.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Bois Mérault, aucun cadavre de chiroptère n'a été retrouvé durant cette dernière année de suivi.

La mortalité brute est nulle sur le parc de Bois Mérault sur la période de suivi s'étalant de mai à octobre 2022.

4.3.3.2 Mortalité estimée

Compte-tenu de l'absence de cas de mortalités observés, les estimations de mortalité sont nulles. Cela n'est cependant pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle.

4.3.4 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des chiroptères avec les turbines :

- le **comportement** (d'une espèce en général ou d'individus en particulier),
- la **période** (les comportements et l'abondance des individus peuvent être modifiés en fonction des différentes phases biologiques),
- la **localisation du parc** (présence de boisements, de haies, de couloirs de transits, *etc.*),
- les **caractéristiques des éoliennes** (nombre d'éolienne, agencement, taille et hauteur du rotor, *etc.*),
- les **conditions météorologiques** (températures et vents favorables à l'activité, absence de précipitations, *etc.*).

L'origine d'une collision est souvent multifactorielle. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

Aucun cas de mortalité n'a été observé cette année sur le parc de Bois Méréault.

4.3.5 Incidences sur les populations des espèces concernées

4.3.5.1 Corrélation avec le suivi comportemental

Il est intéressant de noter que l'activité chiroptérologique recensée sur le parc en 2022 est élevée et est essentiellement due à celle des noctules (plus de 81 % des contacts) et notamment de la Noctule commune (70 % des contacts).

Aucun cadavre n'a été retrouvé en 2022, la programmation préventive des éoliennes appliquée en début 2022 apparaît efficace pour la protection des chauves-souris en hauteur.

Sur le site de Bois Méréault, malgré une activité chiroptérologique élevée, aucun cas de mortalité n'a été recensé en 2022.

4.3.5.1 Incidences sur les populations des espèces concernées

Parmi les espèces portant des enjeux élevés, ciblées lors de l'étude d'impact réalisée en 2016 (Noctule commune, Noctule de Leisler et Pipistrelle de Nathusius), aucune n'a été recensée lors de ce suivi. Aucun cas de mortalité de chiroptère n'a été observé sur le parc de Bois Méréault cette année.

La Noctule commune a fait l'objet d'un cas de mortalité lors de la précédente année de suivi. Sans récurrence notable, l'incidence du parc sur cette espèce n'est pas significative.

Compte tenu de l'absence de mortalité observée, le parc de Bois Mérault ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière.

4.3.6 Comparaisons avec des données de 2020-2021 avec celles de 2022

4.3.6.1 Comparaison des résultats globaux

4.3.6.1.1 Mortalité brute

La comparaison de la mortalité sur le parc de Bois Mérault est basée sur les sorties effectuées sur la première année de suivi (août à octobre 2020 et mai à juillet 2021) et celles effectuées sur la deuxième année (mai à octobre 2022). Sur ce parc, trois chiroptères ont été retrouvés en 2020-2021 et aucun en 2022.

Les espèces impactées sont la Pipistrelle commune, dont deux cadavres ont été recensés et la Noctule commune.

Espèce	Année	
	2020-2021	2022
Pipistrelle commune	2	0
Noctule commune	1	0

Tableau 21 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020-2021 et 2022

Aucun cas de mortalité n'a été recensé en 2022, la mortalité observée a donc diminué. Toutefois, compte tenu de facteurs tels que la prédation, il n'est pas impossible que des cas de mortalité se soient produits en 2022.

4.3.6.1.2 Mortalité estimée

Aucun cadavre n'ayant été trouvé cette année, les calculs d'estimation de mortalité réelle sont nuls. La mortalité réelle étant supérieure à dix l'année précédente, ces résultats semblent témoigner d'une baisse de la mortalité sur le parc de Bois Mérault.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2020-2021	2022
Erickson	11,10 (3 - 27,74)	0
Huso	12,94 (3 - 31,33)	0
Jones	15,19 (3 - 38,39)	0

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 22 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2020-2021 et 2022

Aucun cas de mortalité n'a été recensé en 2022, la mortalité estimée a donc diminué. Toutefois, compte tenu de facteurs tels que la prédation, il n'est pas impossible que des cas de mortalité se soient produits en 2022.

4.3.6.2 Comparaison des résultats saisonniers

4.3.6.2.1 Mortalité brute

Au cours de la première année, des cadavres de chiroptères ont été retrouvés durant les phases de mise bas et d'élevage des jeunes ainsi que de transit automnal et swarming, alors qu'aucun cas de mortalité n'a été recensé lors des phases de transit printanier (tableau suivant).

Aucun cas n'a été observé en 2022.

Le nombre de données est insuffisant aujourd'hui pour identifier une phase du cycle biologique comme étant plus impactée qu'une autre par la mortalité des chiroptères.

Année	Transit printanier	Mise-bas	Transit automnal
2020-2021	0	1	2
2022	0	0	0

Tableau 23 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2021 et 2022

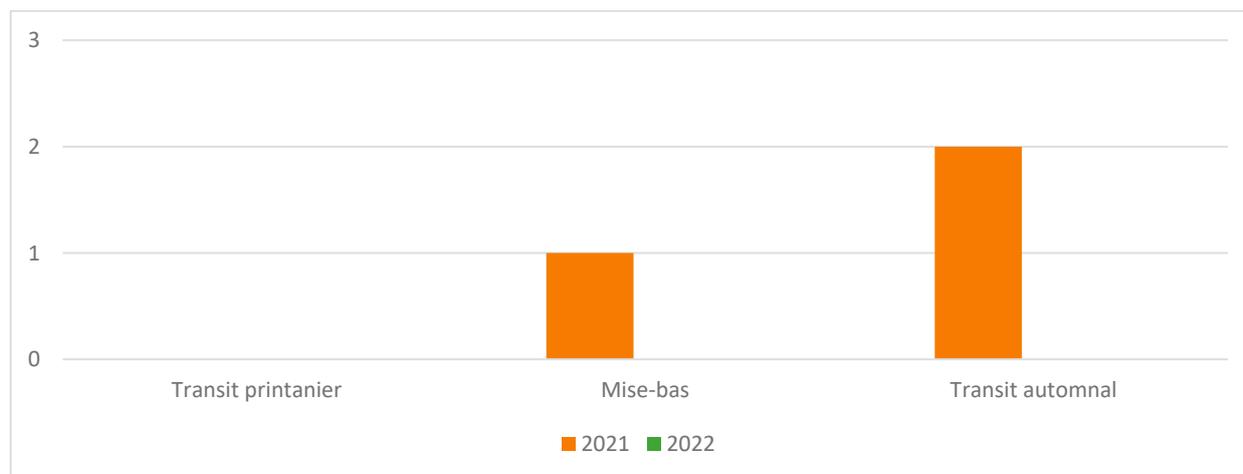


Figure 35 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020-2021 et 2022

4.3.6.2.2 Mortalité estimée

Les calculs de mortalité estimée du suivi de l'année précédente semblaient mettre en avant une mortalité plus élevée en période de mise-bas et d'élevage des jeunes. En l'absence de cas de mortalité observés cette année, les estimations de mortalité sont nulles, et ne permettent pas de valider cette hypothèse.

4.3.6.1 Comparaison des résultats spatialisés

4.3.6.1.1 Mortalité brute

Des cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous deux des trois éoliennes en 2020-2021 (tableau suivant). Aucun cas n'a été observé en 2022. L'éolienne E2 n'a jamais fait l'objet de cas de mortalité au cours de ces deux années de suivi.

Année	E1	E2	E3
2020-2021	2	0	1
2022	0	0	0

Tableau 24 : Mortalité brute par éolienne en 2020-2021 et 2022



Figure 36 : Mortalité brute par éolienne en 2020-2021 et 2022

La mortalité brute a diminué entre 2021 et 2022. Il est possible que cette évolution découle de la programmation préventive des éoliennes mise en place à l'issue du suivi de 2021. Un bridage était également en place durant l'année 2021, plus strict concernant l'éolienne E2. Cela peut être la raison pour laquelle aucun cadavre n'a été trouvé sous cette éolienne pendant le suivi de l'année dernière.

4.3.6.1.2 Mortalité estimée

Les calculs de mortalité estimée du suivi de l'année précédente indiquaient une mortalité plus élevée au niveau de l'éolienne E1. En l'absence de cas de mortalité observés cette année, les estimations de mortalité sont nulles, et ne permettent pas de valider cette hypothèse.

4.3.7 Synthèse

- *La mortalité brute relevée sur l'ensemble du suivi (mai à octobre 2022) est nulle.*
- *Compte-tenu de l'absence de cas de mortalités observés, la mortalité estimée est nulle également. Cela n'est cependant pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle.*
- *Selon les résultats du suivi de l'année précédente, il semblerait que l'éolienne E1 soit plus mortifère et que la mortalité des chiroptères soit plus importante sur la période de transits automnaux et de swarming, période de forte activité des chauves-souris. Toutefois, l'absence de données en 2022 ne nous permet pas de confirmer ces hypothèses.*
- *Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact, aucune n'a été observée durant de ce suivi.*
- *Le suivi de la première année d'exploitation (2020-2021) mentionnait un impact potentiel sur la Noctule commune (si récurrence des cas de mortalité). Par ailleurs, une attention particulière aux éventuels cas de mortalité de Pipistrelle commune devait être apportée. Compte tenu de l'absence de cas de mortalité observée, le parc de Bois Méréault ne présente pas, en 2022, d'impact significatif sur une espèce particulière.*
- *La programmation préventive des éoliennes apparaît efficace en 2023.*



5 Mesures correctrices

5.1.1.1.1 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur les chiroptères

Étant donné l'absence de mortalité lors du suivi 2022, aucune mesure correctrice n'est à modifier pour les chiroptères.

5.1.1.1.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence avifaune

Le parc n'ayant pas d'incidence significative aux vues des résultats 2022, aucune mesure spécifique n'est projetée.

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champs d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al, 2001).....	16
Figure 2 : Tendances des populations pour six espèces de chauves-souris en France entre 2006 et 2018 (Bas et al., 2020)	19
Figure 3 : Résultats de l'activité des chauves-souris en lien avec la distance aux haies (Leroux et al., 2022)	22
Figure 4 : Répartition de l'activité des chauves-souris en fonction de la distance aux haies (Adapté de Kelm et al., 2014).....	27
Figure 5 : Résultats de l'activité des chauves-souris en lien avec la distance aux haies (Leroux et al., 2022)	28
Figure 6 : Ration du temps passé en hauteur pour chaque espèce de chiroptères (Adapté de Roemer et al., 2017)	31
Figure 7 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne.....	32
Figure 8 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.)	42
Figure 9 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés	43
Figure 10 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne.....	48
Figure 11 : Synthèse des enjeux du parc éolien de Bois Méréault sur les chiroptères.....	59
Figure 12 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude.....	61
Figure 13: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement	63
Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par jours durant l'ensemble de la période d'inventaire	65
Figure 15 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien.....	66
Figure 16 : Activité des chiroptères en fonction de la température.....	68
Figure 17: Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température	69
Figure 18 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent.....	69
Figure 19 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent.....	71
Figure 20: Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur les deux années d'études... ..	75
Figure 21: Répartition du nombre de contacts par jours sur les deux périodes d'études.....	75
Figure 22: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement sur les deux périodes d'études	76
Figure 23: Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien.....	77
Figure 24: Activité des chiroptères en fonction de la température.....	78
Figure 25: Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent.....	78

Figure 26 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)	86
Figure 27 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2022)	88
Figure 28 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016 (Adev Environnement)	89
Figure 29 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes par ordre taxonomique, en France, en Europe et sur le parc de Bois Méréault.....	92
Figure 30 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	93
Figure 31 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2021 et 2022	99
Figure 32 : Mortalité brute par éolienne en 2021 et 2022.....	100
Figure 33 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2022).....	107
Figure 34 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact (Adev Environnement, 2016)	108
Figure 35 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2020-2021 et 2022	111
Figure 36 : Mortalité brute par éolienne en 2020-2021 et 2022.....	112

Tableaux

Tableau 1 : Habitat et type de milieu inventorié.....	44
Tableau 2: Période d'écoutes de l'activité à hauteur de nacelle.....	45
Tableau 3 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi.....	50
Tableau 4 : Postulats de chaque méthode d'estimation	54
Tableau 5 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne	60
Tableau 6 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques	62
Tableau 7 : Répartition du nombre de contacts en fonction des mois d'inventaires	63
Tableau 8 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études menées sur le site	73
Tableau 9 : Résultats des tests d'efficacité	83
Tableau 10 : Résultats des tests de persistance	83
Tableau 11 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés	84
Tableau 12 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE).....	85
Tableau 13 : Oiseaux découverts lors du suivi mortalité.....	90
Tableau 14 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc	90
Tableau 15 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	91
Tableau 16 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	96
Tableau 17 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2021 et 2022.....	98
Tableau 18 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la phase biologique en 2021 et 2022	99
Tableau 19 : Mortalité brute par éolienne en 2021 et 2022.....	100
Tableau 20 : Sensibilité et note de risque des chiroptères vis-à-vis des éoliennes	106
Tableau 21 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2020-2021 et 2022.....	110
Tableau 22 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2020-2021 et 2022	110
Tableau 23 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2021 et 2022	111
Tableau 24 : Mortalité brute par éolienne en 2020-2021 et 2022.....	112

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien de Bois Mérault.....	10
Carte 2 : Localisation du parc éolien de Bois Mérault sur photographie aérienne	11
Carte 3 : Localisation et dénomination du dispositif Batmode S	44
Carte 4 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne.....	94

Photographie

Photo 1 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales..... 18

Bibliographie

- Actes du séminaire citoyen Lucéole (2012). Coexistence Milan royal et parc éolien – pour une compréhension ouverte d'un problème complexe.
- Albouy, S., Dubois, Y. & Picq, H. 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue-Haute (Aude). Rapport final, octobre 2001. ABIES/LPO Aude/ADEME, Gardouch – Gruissan. 56 p + annexes.
- Alcalde, J.T. (2003): Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos. *Barbastella* 2: 3-6.
- Ahlén, I. (1997): Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 62: 375-380.
- Ahlén, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. *Fauna och Flora* 97 (3): 14-22.
- Alhen I Bach L. Baagoe H.J. & Pettersson J. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. The Swedish Environmental Protection Agency, Report 5571.
- Amorim F. Rebelo H. Rodrigues L. 2012. Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. *Acta Chiropterologica* 14(2): 439-457.
- André, Y. (2005): Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort, 21 pages.
- Arlettaz R., 1999, Habitat selection as a major partitioning mechanism between the two sympatric sibling bat species *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Journal of Animal Ecology*, 68 : 460-471
- Arnett, E.B., technical editor (2005): Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: an Assessment of Fatality Search Protocols, Pattern of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 187 pp.
- Arnett E.B. Barclay R.M.R & Hein C.D. 2013a. Thresholds for bats killed by wind turbines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11: 171-171. doi:10.1890/15409295-11.4.171 & 2013a.
- Arnett E.B. Huso M.M.P. Reynolds D.S. & Schirmacher M. 2007. Patterns of preconstruction bat activity at a proposed wind facility in northwest Massachusetts. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 35 p.
- Arnett, E.B., M.M.P. Huso, J.P. Hayes & M. Schirmacher (2010): Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.
- Arnett E.B. Huso M.M.P. Schirmacher M. & Hayes J.P. 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. *Front Ecol. Environ.* 2011, 9(4): 209- 214.
- Arnett, E.B., G.D. Johnson, W.P. Erickson & C.D. Hein (2013c): A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- Arnett, E.B., C.D. Hein, M.R. Schirmacher, M.M.P. Huso & J.M. Szewczak (2013b): Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. *PLoS ONE* 8(6): e65794.

- Arnett E.B. Brown W.K. Erickson W.P. Fiedler J. Hamilton B.L. Henry T.H. Jain A. Johnson G.D. Kerns J. Koford R.R. Nicholson C.P. O'Connell T. Piorkowski M. & Takersley R. 2008. Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72: in press.
- Arnett, E.B., Baerwald, E.F., Mathews, F., Rodrigues, L., Rodriguez-Durán, A., Rydell, J., Villegas-Patraca, R. & Voigt, C. (2016) Impacts of wind energy development on bats: a global perspective. *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing world* (C. Voigt and T. Kingston, eds.) pp. 295–323. Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland.
- Arthur L. & Lemaire M. 2015. *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Deuxième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 544 p. (Hors collection ; 38).
- Aulagnier S. 2005. France. in : R. Hutterer, T. Ivanova, C. Meyer-Cords & L. Rodrigues : *Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature*. *Natursch. Biol. Vielf.*, 28 : 41-43.
- AVES environnement & GCP. 2010. Étude de la mortalité des Chiroptères. Parc éolien du Mas de Leuze, commune de Saint-Martin-de-Crau (13), 17/03-27/11 2009. 38 p.
- Bach, L. (2002): Auswirkungen von Windenergieanlagen auf das Verhalten und die Raumnutzungen von Fledermäusen am Beispiel des Windparks „Hohe Geest“, Midlum - Endbericht. – unpubl. report for Instituts für angewandte Biologie, Freiburg/Niederelbe: 46 pp.
- Bach L. & Niermann I. 2011 & 2013. Monitoring der Fledermausaktivität im Windpark Langwedel – Bericht 2012 – Überprüfung des Abschalt algorithmus. Unpubl. report to PNE Wind AG, 28 pages.
- Bach, P., L. Bach, K. Eckschmitt, K. Frey & U. Gerhardt (2013b): Bat fatalities at different wind facilities in northwest Germany. Poster at CWE2013, Stockholm, 5-7 February 2013 (Naturvardsverket rapport 6546:117) and 3rd International Bat Meeting, Berlin, 1-3 March 2013.
- Baerwald E.F. Barclay R.M.R. 2011. Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada. *The Journal of Wildlife Management* 75: 1103-1114.
- Baerwald, E.F., G.H. D'Amours, B.J. Klug & R.M.R. Barclay (2008): Barotrauma is a significant cause of bat fatalities at wind turbines. *Current Biology* 18 (16): pR 695696.
- Barataud M. & Giosa S. 2012. Biodiversité des chiroptères et gestions forestières en Limousin : rapport. Groupe Mamm. Herpéto. Limousin, Limoges, 32 p.
- Barclay R.M.R. 1991. Population Structure of Temperate Zone Insectivorous Bats in Relation to Foraging Behaviour and Energy Demand. *Journal of Animal Ecology* 60 (1): 165-178.
- Barclay R.M.R., Baerwald E.F., Gruver J.C. (2007). Variation in bat and bird fatalities at wind energy facilities : assessing the effects of rotor size and tower height.
- Barre, K., L., Le Viol, I., Bas, Y., Julliard, R. & Kerbiriou, C. (2018) Estimating habitat loss due to wind turbine avoidance by bats: implications for European siting guidance. *Biological Conservation*, 226, 205–214.
- Barrios L *et al.* (2004). Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines.
- Bas, Y., A. Haquart, J. Tranchard & H. Lagrange (2014): Suivi annuel continu de l'activité des chiroptères sur 10 mâts de mesure: évaluation des facteurs de risque lié à l'éolien. *Symbioses, Actes des 14èmes Rencontres Nationales Chauves-souris de la SFEPM*, Bourges mars 2012, 32: 83-87.
- Bastos, R., M. Santos & J.A. Cabral (2013): A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. *Ecological Indicators*, 34: 428–440.

- Bauer K. 1960. Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Österreich), Bonn. Zool. Beitr. 11(2-4): 141-344.
- Behr, O. & O. von Helversen (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark "Roßkopf" (Freiburg i. Br.). - Unpubl. report: 37 pp + maps.
- Behr, O. & O. von Helversen (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahre 2005. Unpubl. report for 2005 on behalf of Regiowind GmbH & Co. KG Freiburg, 32 pages + maps.
- Behr O., Brinkmann R., Niermann I. & Korner-Nievergelt F. 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & M. Reich, (Hrsg.): Entwicklung
- Bernardino J., R. Bispo, H. Costa & M. Mascarenhas (2013): Estimating bird and bat fatalities at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. *New Zealand Journal of Zoology* 40 (1): 63-74.
- Bernardino, J., R. Bispo, R. Rebelo, M. Mascarenhas & H. Costa (2011): Enhancing carcass removal trials at three wind energy facilities in Portugal. *Wildl. Biol. Pract.* 7(2): 1-14.
- Beucher, Y., V. Kelm, F. Albespy, M. Geyelin, L. Nazon & D. Pick (2013): Parc éolien de Castelnaud-Pegayrols (12): Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2001), 111 pages
- Bispo, R., G. Palminha, J. Bernardino, T. Marques, & D. Pestana (2010): A new statistical method and a web-based application for the evaluation of the scavenging removal correction factor. *Proceedings of the VIII Wind Wildlife Research Meeting, Denver, USA.*
- Brinkmann, R., H. Schauer-Weisshahn & F. Bontadina (2006): Survey of possible operational impacts on bats by wind facilities in Southern Germany. Final report submitted by the Administrative District of Freiburg, Department of Conservation and Landscape management and supported by the foundation Naturschutzfonds
- Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (ed.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4, 457 pages
- Camina, A. (2012): Bat fatalities at wind farms in northern Spain – lessons to be learned. *Acta Chiropterologica* 14(1): 205-212
- Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterol.*, 11(2): 343-350.
- Cornelis N, Strehler-Perrin C, Balsiger L et al. (2016). Évaluation des impacts résiduels cumulés des éoliennes du Jura vaudois et des régions limitrophes sur la faune ailée.
- Cornut, J. & S. Vincent (2010a): Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. GCRA & LPO Drôme, 42 pages
- Cornut, J. & S. Vincent (2010b): Suivi de la mortalité de chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. *Le Bièvre* 24: 51-57. Disponible sur : <http://coraregion.free.fr/images/bievre/bievre24.pdf>

- Cryan P.M. Gorrensens P.M. Hein C.D. Schirmacher M.R. Diehl R.H. Huso M.M. Hayman D.T.S. Fricker P.D. Bonaccorso F.J. Johnson D.H. Hesit. H. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. PNAS. doi: 10.1073/pnas.1406672111
- De Lucas M *et al.*, (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance.
- Dechmann, D.K.N., Wikelski, M., Ellis-Soto, D., Safi, K. & O'Mara, M.T. (2017) Determinants of spring migration departure decision in a bat. *Biology letters*, 13, 20170395.
- DGPR, DGALN, MTES, MNHN, LPO, SFPEM, SER, FEE. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018.
- Dietz C. Von Helversen O. & Nill D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris, France. 400 p.
- Drewitt AL *et al.* (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. (p14).
- Dubourg-Savage M.-J., Bach L. & Rodrigues L., 2009, Bat mortality in wind farms in Europe. 1st International Symposium on Bat Migration, Berlin, pp.16-18
- Dubourg-Savage, M.J., L. Rodrigues, H. Santos, P. Georgiakakis, E. Papadatou, L. Bach & J. Rydell (2011): Pattern of bat fatalities at wind turbines in Europe: comparing north and south. Conference on Wind energy and Wildlife impacts, 2-5 May 2011, Trondheim, Norway, NINA Report 693. Proceedings, poster abstract: 124
- Dulac, P. (2008): Évaluation de l'impact du parc éolien de Bouin (Vendée) sur l'avifaune et les chauves-souris. Bilan de 5 années de suivi. Ligue pour la Protection des Oiseaux délégation Vendée/ADEME Pays de la Loire/Conseil Régional des Pays de la Loire, La Roche-sur-Yon, Nantes, 106 pages
- Dürr, T. (2001): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10: 182.
- Dürr, T. 2007. Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 238-252
- Dürr, T. & L. Bach (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen - Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. *Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7*: 253-264
- Écosphère, (2016). Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions » (Écosphère, 2016, complété en 2017).
- Ecosphere, Roue S, Thauront M, Jung, 2013. Suivis de mortalité : Protocoles, abaques, optimisation des fréquences de passage et collecte nationale de données.
- Endl, P., U. Engelhart, K. Seiche, S. Teufert & H. Trapp (2005): Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen im Landkreis Bautzen, Kamenz, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Stadt Görlitz Freistaat Sachsen. Unpubl. report for Staatliches Umweltfachamt Bautzen: 135 pp.
- Erickson, W. P. *et al.* 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001 — December 2003. — Tech. Rep. peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council, and the Stateline Technical Advisory Committee.
- Erickson *et al.* 2011. Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year. WEST, Inc. for Umatilla County Department of Resource Services and Development, Pendleton, Oregon. 21 p.

- Erickson WP, Johnson GD, Strickland DM, Young DP Jr., Sernka KJ, Good RE (2001). Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States.
- Erickson WP, Johnson GD, Young DP Jr. (2005). A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions.
- Erkert H.G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms, p. 201-242. In: T.H. Kunz (Ed.). Ecology of bats. New York, Plenum Press, XVIII+425p.
- Fielding AH et al. (2006). Spatial association as an indicator of the potential for future interactions between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland.
- Frick, W.F., Baerwald, E.F., Pollock, J.F., Barclay, R.M.R., Szymanski, J.A., Weller, T.J., Russell, A.L., Loeb, S.C., Medellin, R.A. & McGuire, L.P. (2017) Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209, 172–177.
- Fure, A. (2006): Bats and lighting. *The London Naturalist* 85: 1-20.
- Garcia DA, Canavero G, Ardenghi F, Zambon M (2015). Analysis of wind farm effects on the surrounding environment : Assessing population trends of breeding passerines.
- Gelman, A. and Pardoe, I. 2006. Bayesian measures of explained variance and pooling in multilevel (hierarchical) models. — *Technometrics* 48: 241–251.
- Georgiakakis, P. Kret E. Cárcamo B. Doutau B. Kafkaletou-Diez A. Vasilakis D. & Papadatou E. 2012. Bat fatalities at wind farms in north-eastern Greece. *Acta Chiropterologica* 14 (2): 459-468.
- Gerell-Lundberg K. & Gerell R. 1994. The mating behaviour of the pipistrelle and the Nathusius' pipistrelle (Chiroptera) - A comparison. *Folia Zoologica* 43 (4): 315-324.
- Grindal, S.D. & R.M. Brigham (1998): Short-term effects of small-scale habitat disturbance on activity by insectivorous bats. *J. Wildl. Manage* 62 (3): 996–1003.
- Grodsky, S.M., M.J. Behr, A. Gendler, D. Drake, B.D. Dieterle, R.J. Rudd & N.L. Walrath (2011): Investigating the causes of death for wind turbine-associated bat fatalities. *Journal of Mammalogy* 92(5): 917–925.
- Groupe Chiroptères de la SFPEM, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages.
- Grünkorn, T., A. Diederichs, B. Stahl, D. Dörte & G. Nehls (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergie-anlagen. Unpubl. report for Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein: 92 pp.
- Grünkorn T, von Rönn J, Blew J, Nehls G, Weitekamp S, Timmermann H, Reichenbach M, Coppack T (2016). Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (projet de recherche PROGRESS). (p27).
- Hayes, M.A. (2013): Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience* 63(12): 975-979.
- Hayes, M. A., L. A. Hooton, K. L. Gilland, C. Grandgent, R. L. Smith, S. R. Lindsay, J. D. Collins, S. M. Schumacher, P. A. Rabie, J. C. Gruver, and J. Goodrich-Mahoney. (2019) A smart curtailment

- approach for reducing bat fatalities and curtailment time at wind energy facilities. *Ecological Applications* 00(00):e01881.
- Hedenström A. 2009. Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1298–1309, 2009
- Heim, O., Schröder, A., Eccard, J., Jung, K. & Voigt, C.C. (2016) Seasonal activity patterns of European bats above intensively used farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 130–139.
- Hensen, von F. (2004): Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. *Nyctalus (N.F.)* 9 (5): 427-435.
- Hodos W (2003). Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. (p43).
- Horn J.W. Arnett E.B. & Kunz T.H. 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *The Journal of Wildlife Management* 72(1): 123-132
- Holzhaider J. & Zahn A. 2001. Bats in the Bavarian Alps : species composition and utilization of higher altitudes in summer. *Z. Säugetierk.*, 66(2) : 144-154.
- Hötker H, Thomsen KM, Jeromin H (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. (p65).
- Hull C.L. & Cawthen L. 2013. Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: Bat characteristics, and spatial and temporal patterns. *New Zealand Journal of Zoology* 40(1): 5–15.
- Huso, M.M.P. (2010): An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*: doi: 10.1002/env.
- Huso, M. *et al.* 2012. Fatality estimator users guide. — US Geological Survey Data Series 729.
- Hutterer R. Ivanova T. Meyer-Cords C. & Rodrigues L. 2005. Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. *Natursch. Biol. Vielf.*, 28 : 3-162 + app.
- Jain, A. *et al.* 2007. Annual report for the Maple Ridge wind power project: post-construction bird and bat fatality study 2006. Final report. — L. Curry & Kerlinger. Syracuse, NY, Curry & Kerlinger, LLC: 53.
- Johnson G.D. Erickson W.P. Strickland M.D. Shepherd M.F. & Shepherd D.A. 2003. Mortality of bats at a Large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. – *Am. Midl. Nat.* 150: 332-342.
- Jones *et al.* (2009). Altamont Pass Wind Resource Area 48-Hour Search Interval Bird Fatality Study. (p22).
- Kaňuch P. and Krištín A. 2007. Factors influencing bat assemblages in forest parks. *Ekológia (Bratislava)* 24:45–56.
- Kapfer G. & Aron S. 2007. Temporal variation in flight activity, foraging activity and social interactions by bats around a suburban pond. *Lutra*, 50(1) : 9-18.
- Kerns J. Erickson W.P. & Arnett E.B. 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia in Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines, Pour Bat and Wind Energy Cooperative. E.B Arnett, ed. pp. 24-95.
- Körner-Nievergelt, F., Brinkmann R., I. Niermann & O. Behr (2013): Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8 (7): e67997. doi: 10.1371/journal.pone.0067997
- Korner-Nievergelt, F., P. Korner-Nievergelt, O. Behr, I. Niermann, R. Brinkmann & B. Hellriegel (2011): A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl. Biology* 17 (4): 350-363

- Kronwitter F. 1988. Population structure, habitat use and activity patterns of the Noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, 26: 23 -85.
- Krijgsveld KL et al. (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. (p10).
- Krüger T, Garthe S (2001). Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and speed. (p14).
- Kunz, T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., R.W. Thresher & M.D. Tuttle (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs and hypotheses. *Frontiers in Ecology* 5: 315–324.
- Lagrange, H., E. Roussel, A.-L. Ughetto, F. Melki, G. Steinmetz & C. Kerbirou (2011): Chirotech, A Multi-Factorial Mitigation process to reduce Bat fatalities at wind energy facilities. In: Hutson A.M., P.H.C. Lina (eds.): XII European Bat Research Symposium - Programme, abstract, list of participants: 33.
- Lagrange, H., P. Rico, Y. Bas, A-L. Ughetto, F. Melki & C. Kerbirou (2013): Mitigating bat fatalities from wind-power plants through targeted curtailment: results from 4 years of testing of CHIROTECH®. Presentation at the CWE in Stockholm 5-7 February 2013 and at the 16th International Bat Research Conference, Costa Rica.
- Le Champion T. & Dubos T. 2017. Étude la migration des chauves-souris en Bretagne 2013-2016 : rapport final mai 2017. G.M.B., 52 p.
- Lebreton, J.-D. et al. 1992. Modelling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies. — *Ecol. Monogr.* 62: 67–118.
- Lehnert, L.S., Kramer-Schadt, S., Schönborn, S., Lindecke, O., Niermann, I. & Voigt, C.C. (2014) Wind farm facilities in Germany kill noctule bats from near and far. *PLoS ONE*, 9, e103106.
- Limpens H.J.G.A. Boonman, M. Korner-Nievergelt F. Jansen E.A. Van der Valk M. La Haye M.J.J. Dirksen S. & Vreugdenhil S.J. 2013. Wind turbines and bats in the Netherlands - Measuring and predicting. Report 2013. 12, Zoogdierverseniging & Bureau Waardenburg.
- Long, C. V., J.A. Flint & P.A. Lepper (2011): Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? *European Journal of Wildlife Research* 57 (2), 323-331.
- Loss SR, Will T, Marra PP (2013). Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. (p9).
- Madders M, Whitfield DP (2006). Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. (p14).
- Martin, C.M., Arnett, E.B., Stevens, R.D. & Wallace, M.C. (2017) Reducing bat fatalities at wind facilities while improving the economic efficiency of operational mitigation. *Journal of Mammalogy*, 98, 378–385.
- Marx G., (2017). Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Étude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. Juin 2017, actualisé en septembre 2017, 92 p.
- McAney C.M. & Fairley J.S. 1990. Observations at summer roosts of the lesser horseshoe bat in Co. Clare. *Ir. Nat. J.* 23(1).
- MRNF. 2008. Protocole de suivi des mortalités d'oiseaux de proie et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec – 8 janvier 2008. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec. 18 pages.
- Natural England (2007): Disturbance and protected species: understanding and applying the law in England and Wales. Natural England, 24/8/07, 30 pages. Available:

- http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140605090108/http://www.naturalengland.org.uk/Images/esisgd_tcm6-3774.pdf
- Niermann, I., O. Behr & R. Brinkmann (2007): Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten. *Nyctalus* (N.F.) 12 (2-3): 152-162.
- Niermann I. Brinkmann R. Korner-Nievergelt F. Behr O. 2011. Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (ed.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. *Umwelt und Raum* 4: 40-115
- Norberg U.M. Rayner J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 316: 335-427.
- Parsons S. & Jones G. 2000. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. *J. exp. Biol.* 203: 2641±2656.
- Parsons, K.N., G. Jones, I. Davidson-Watts & F. Greenaway (2003): Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. *Biol. Conservation* 111 (1): 63-70.
- Péron, G., J.E. Hines, J.D. Nichols, W.L. Kendall, K.A. Peters & D.S. Mizrahi (2013) Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* 50(4): 902-911.
- Pollock, R. 2007. Recommended formulas for adjusting fatality rates. California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development. Final commission report. C. E. C. a. C. D. o. F. a. Game. — California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Sitting Divisions, and California Dept of Fish and Game, Resources Management and Policy Division, pp. 117-118.
- Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015.
- Rachwald A. 1992. Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Bialowieza Primeval Forest. *Acta Theriol.* 37, 413-422.
- Redell D. Arnett E.B. Hayes J.P. & Huso M. 2006. Patterns of pre-construction bat activity at a proposed wind facility in south-central Wisconsin. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 52 p.
- Rico, P. & H. Lagrange (2011): Chirotech, Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Ma de Leuze (commune de Saint-Martin-de-Crau, 13) 2011. Rapport Biotope, contrat n°8 pour l'ADEME, 51 pages.
- Rodrigues L. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Goodwin J. & Harbush C. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany
- Rodrigues, L. Bach, M.-J. Dubourg-Savage, B. Karapandza, D. Kovac, T. Kervyn, J. Dekker, A. Kepel, P. Bach, J. Collins, C. Harbusch, K. Park, B. Micevski, J. Minderman (2015) Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens – Actualisation 2015. EUROBATS Publication Serie N° 6 (Version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133p.

- Rollins, K.E., D. K. Meyerholz, G.D. Johnson, A.P. Capparella & S.S. Loew (2012): A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49 (2): 362-371
- Russ J.M. 1999a. The bats of Britain and Ireland. Echolocation calls, sound analysis and species identification. Newtown: Alana Books. 102
- Russ J.M. 1999b. The Microchiroptera of Northern Ireland: community composition, habitat associations and ultrasound. Unpubl. PhD thesis, The Queen's University of Belfast
- 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
- 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? *Eur. J. Wildl. Res.*, 56(6) : 823-827.
- Sané, F. (2012): Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : Bilan de 3 années de suivi (2008-2009-2010). ALEPE, unpublished report for EDF EN, 111 pages.
- Sattler T. & Bontadina F. 2005. Bases pour l'évaluation écologique de deux secteurs d'installations éoliennes en France sur la base de la diversité et l'activité des chauvessouris. – Compte-rendu succinct, SWILD, Zürich par ordre de Megawatt Eole, Stuttgart, 23p.
- Schaub, A., J. Ostwald & B.M. Siemers (2008): Foraging bats avoid noise. *The Journal of Experimental Biology* 211 : 3174-3180.
- Seiche K. Endl P. & Lein M. 2007. Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 170-181.
- Silva R. 2009. Effet des conditions météorologiques sur l'activité de chasse des Chiroptères. M.N.H.N., C.R.B.P.O., 36p.
- Smallwood, K. 2007. Estimating wind turbine – Caused bird mortality. — *Journal of wildlife management* 71(8) : 2781-2791.
- Stone, E.L., G. Jones & S. Harris (2009): Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19(13): 1123-1127. Doi:10.1016/j.cub.2009.05.058.
- Swift S.M. 1980. Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology, London*, 190, 285-295.
- Therkildsen OR, Elmeros M (2015). First year post-construction monitoring of bats and birds at wind turbine test Centre Østerild. (p128).
- Thonnerieux Y - Natur'ailes (2005). Éoliennes et Oiseaux : quelles conséquences?. (p6).
- Voigt, Ch.C., A.G. Popa-Lisseanu, I. Niermann & S. Kramer-Schadt (2012): The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153: 80-86
- Warren-Hicks, W., J. Newman, R. Wolpert, B. Karas & L. Tran (2013): Improving methods for estimating fatality of birds and bats at wind energy facilities. Public Interest Energy Research (PIER) Program. Final Project Report. California Energy Commission. February 2013.
- Whitaker J.O.Jr. 1998. Life history and roost switching in six summer colonies of eastern pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy* 79 (2): 651-659.
- Young Jr DP, Erickson WP, Strickland MD, Good RE, Sernka KJ (2003). Comparison of avian responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines. (p67).

Annexes

Annexe 1 : Fiche de données remplie à chaque sortie mortalité

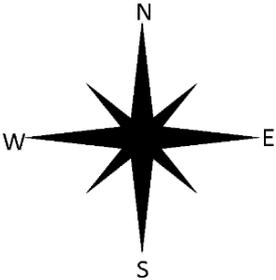
Site :					Observateur :				
Date	Heure		T°C		Couverture nuageuse (%)	Pluie (absente, bruine, averses)	Vent (absent, faible, moyen à fort)	Surface prospectée (approx.)	Cadavre (n° + espèce)
	Début	Fin	Début	Fin					

Annexe 2 : Fiche de données remplie pour chaque cas de mortalité

Observateur		Parc	
-------------	--	------	--

Date	Eolienne	Type (O/C)	Espèce	Point GPS (Lambert 93)		Sexe / Etat sexuel	Age	Mesures			Etat cadavre	Blessure	Codes photos	Végétation
				X	Y			AB	D3	D5				
Remarque :														
Remarque :														
Remarque :														
Remarque :														
Remarque :														
Remarque :														
Age : Adulte (Ad) ; immature (Im) ; juvénile (juv)														
Etat sex : Post-lactante (PL= tétines visibles) ; Epididymes et/ou gonades gonflées (EG/GG) ; Non reproductrice (NR) ; Epididymes/gonadess non gonflées (EN)														
Etat cadavre : Frais (F) ; Avancé (Av) ; Décomposé (Déc) ; Sec (S)														

Annexe 3 : Présentation de la fiche de saisie standardisée de la mortalité

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien :			
Point n°	Date :	Heure :	Nom du découvreur :
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : Longitude : Numéro de l'éolienne la plus proche : Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) :			
			
N° de photos :			
Description et identification :			
Taille de l'oiseau (ailes déployées) :			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) :			
Etat de l'individu :			
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
Etat du cadavre :			
<input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :			
COMMENTAIRES :			

Annexe 4 : Sorties mortalité réalisées en 2022

Chercheurs	Date	Heure début	Heure fin	Température début	Température fin	CN (%)	Pluie	Vent
Margot FEVRIER	19/05/2022	9:16	10:32	22	24	50%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	24/05/2022	13:55	14:57	18	20	50%	absente	faible
Margot FEVRIER	02/06/2022	13:14	14:12	26	26	0%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	08/06/2022	11:58	13:00	21	22	80%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	14/06/2022	9:12	10:42	23	26	20%	absente	faible
Margot FEVRIER	20/06/2022	11:06	12:10	23	25	100%	absente	faible
Margot FEVRIER	29/06/2022	10:25	11:49	22	24	10%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	05/07/2022	12:57	13:45	28	28	10%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	13/07/2022	8:42	10:37	23	32	25%	absente	absent
Margot FEVRIER	21/07/2022	13:35	15:09	28	28	80%	absente	faible
Margot FEVRIER	25/07/2022	10:16	11:39	24	26	30%	absente	moyen à fort
Lucile MARGOT	02/08/2022	08:02	09:30	20	22	0%	absente	absent
Margot FEVRIER	04/08/2022	13:38	14:56	35	37	10%	absente	faible
Margot FEVRIER	11/08/2022	10:51	12:14	30	35	0%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	16/08/2022	10:02	11:31	20	25	70%	absente	faible
Margot FEVRIER	19/08/2022	13:02	14:27	24	24	90%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	22/08/2022	10:27	11:37	19	20	100%	bruine	moyen à fort
Margot FEVRIER	25/08/2022	12:40	13:56	31	31	20%	absente	faible
Margot FEVRIER	30/08/2022	9:59	11:41	17	18	100%	bruine	faible
Margot FEVRIER	01/09/2022	12:32	13:51	27	27	20%	absente	absent
Margot FEVRIER	07/09/2022	8:34	9:56	21	20	90%	absente	faible
Margot FEVRIER	08/09/2022	09:02	10:17	16	19	50%	averses	moyen à fort
Margot FEVRIER	13/09/2022	11:02	12:36	24	32	100%	absente	faible
Margot FEVRIER	16/09/2022	10:40	12:10	15	18	100%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	20/09/2022	10:32	11:57	16	18	0%	absente	faible
Margot FEVRIER	22/09/2022	10:14	11:42	14	18	0%	absente	faible
Margot FEVRIER	28/09/2022	12:32	14:02	14	15	100%	absente	faible
Margot FEVRIER	29/09/2022	15:13	16:50	17	17	30%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	06/10/2022	11:28	12:39	16	18	0%	absente	faible
Margot FEVRIER	19/10/2022	09:49	11:04	18	24	40%	absente	moyen à fort
Margot FEVRIER	26/10/2022	09:53	11:20	16	20	10%	absente	faible

Annexe 5 : Cas de collision avec des chiroptères recensés en France et en Europe au 17 juin 2022 (d'après Dürr, 2022)

Espèces	Europe	France
Pipistrelle commune	2 569	1 124
Pipistrelle de Nathusius	1 662	303
Noctule commune	1 616	147
Chiroptère sp.	1 105	447
Pipistrelle sp.	758	316
Noctule de Leisler	753	186
Pipistrelle de Kuhl	471	221
Pipistrelle pygmée	455	176
Pipistrelle commune / pygmée	412	40
Vespère de Savi	344	57
Sérotine bicolore	217	11
Sérotine commune	130	38
Sérotine Isabeline	120	0
Sérotine commune / Isabeline	115	0
Molosse de Cestoni	84	2
Sérotine de Nilsson	45	0
Grande Noctule	41	10
Noctule sp.	24	3
Minioptère de Schreibers	13	7
Murin de Daubenton	11	1
Murin sp.	10	1
Oreillard gris	9	0
Oreillard roux	8	0
Grand Murin	7	3
Petit Murin	7	1
Barbastelle commune	6	4
Murin à mustaches	6	2
Murin à oreilles échancrées	5	3
Murin de Natterer	4	1
Murin des marais	3	0
Murin de Bechstein	2	2
Murin de Brandt	2	0
Grand Rhinolophe	1	0
Rhinolophe de Mehely	1	0
Rhinolophe sp.	1	0

Annexe 6 : Cas de collision avec l'avifaune recensés en France et en Europe au 17 juin 2022 (d'après Dürr, 2022)

Ordre	France	Europe
Passeriformes	791	4 880
Accipitriformes	309	4 871
Falconiformes	243	900
Apodiformes	155	487
Charadriiformes	132	2 866
Columbiformes	120	677
Galliformes	78	609
Anseriformes	14	611
Strigiformes	11	120
Pelecaniformes	8	160
Suliformes	4	22
Gruiformes	3	98
Coraciiformes	3	14
Ciconiiformes	2	171
Piciformes	2	22
Inconnu	1	7
Cuculiformes	0	16
Bucerotiformes	0	9
Pterocliiformes	0	6
Caprimulgiformes	0	3
Podicipediformes	0	3
Procellariiformes	0	3
Gaviiformes	0	1
Psittaciformes	0	1

Annexe 7 : Fiches de saisie standardisées de la mortalité du parc éolien de Bois Méréault

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ OISEAUX

Nom du parc éolien : Bois Mérault

Point n°	Date	Heure	Nom du découvreur
1	08/06/2022	12:15	Margot FEVRIER

Localisation

Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte

Latitude :1,9272739689068246

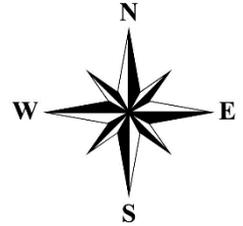
Longitude :47,12156086395428

Numéro de l'éolienne la plus proche : E1

Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 12m

Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche :SO

Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : limite entre plateforme et culture de blé



N° de photos :O01_01 ; O01_02 ; O01_03 ; O01_04

Description et identification

Taille de l'oiseau (aile déployées) :

Particularités (couleur, forme quelconque) :

Identification (famille, espèce si possible) :Alouette des champs

État de l'individuVivant (blessé) Mort Fragment **État du cadavre** Frais Avancé Décomposé Sec

Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :

COMMENTAIRES :

Plumée

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ OISEAUX

Nom du parc éolien : Bois Mérault

Point n°	Date	Heure	Nom du découvreur
2	21/07/2022	13:41	Margot FEVRIER

Localisation

Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte

Latitude :1,9273157607462887

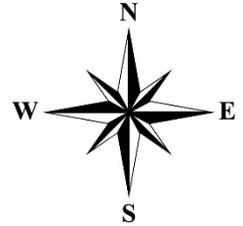
Longitude :47,1214725801071

Numéro de l'éolienne la plus proche : E1

Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 15m

Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche :0

Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : labours (végétation nulle)



N° de photos : O02_01 ; O02_02 ; O02_03

Description et identification

Taille de l'oiseau (aile déployées) :

Particularités (couleur, forme quelconque) :

Identification (famille, espèce si possible) : Pigeon ramier

État de l'individuVivant (blessé) Mort Fragment **État du cadavre** Frais Avancé Décomposé Sec

Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :

COMMENTAIRES :

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ OISEAUX

Nom du parc éolien : Bois Mérault

Point n°	Date	Heure	Nom du découvreur
3	21/07/2022	14:08	Margot FEVRIER

Localisation

Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte

Latitude :1,930316444804873

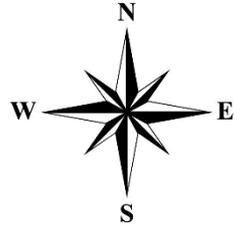
Longitude :47,11864615174929

Numéro de l'éolienne la plus proche : E2

Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 25m

Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche :0

Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : labours (végétation nulle)



N° de photos : O03_01 ; O03_02 ; O03_03

Description et identification

Taille de l'oiseau (aile déployées) :

Particularités (couleur, forme quelconque) :

Identification (famille, espèce si possible) : Martinet noir

État de l'individuVivant (blessé) Mort Fragment **État du cadavre** Frais Avancé Décomposé SecCause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :
collision

COMMENTAIRES :

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE – MORTALITÉ OISEAUX

Nom du parc éolien : Bois Mérault

Point n° 4	Date 25/07/2022	Heure 11:34	Nom du découvreur Margot FEVRIER
---------------	--------------------	----------------	-------------------------------------

Localisation

Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte

Latitude :1,9337163168219715

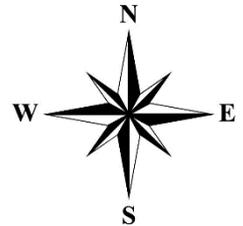
Longitude :47,11586013332988

Numéro de l'éolienne la plus proche : E3

Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) :35m

Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche :NO

Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : labours (végétation nulle)



N° de photos : 004_01 ; 004_02 ; 004_03 ; 004_04 ; 004_05 ; 004_06

Description et identification

Taille de l'oiseau (aile déployées) :

Particularités (couleur, forme quelconque) :

Identification (famille, espèce si possible) :Faucon crécerelle

État de l'individu

Vivant (blessé) Mort Fragment

État du cadavre

FraisAvancéDécomposéSecCause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :
collisionCOMMENTAIRES :
Coupé en deux