

Avril 2024

Suivi Environnemental ICPE

PARC ÉOLIEN DE BOURBRIAC NORD

COMMUNE DE BOURBRIAC (22)

SUIVI DE L'ANNEE 2 D'EXPLOITATION (2023)

Maître d'ouvrage

Parc éolien Bourbriac SAS

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 Parc éolien Bourbriac SAS pour réaliser ce suivi environnemental ICPE pour la deuxième année consécutive, après la mise en service du parc en mars 2022.

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

SOMMAIRE

1	Cadre général de l'étude	5
1.1	Maître d'ouvrage – exploitant	6
1.2	Auteurs de l'étude	6
1.3	Présentation du parc éolien étudié.....	7
1.4	Cadre règlementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens	10
1.5	Les impacts potentiels d'un parc éolien en fonctionnement sur le milieu naturel	11
1.5.1	Avifaune	11
1.5.2	Chiroptères.....	17
2	Méthodes utilisées	32
2.1	Méthodologie et démarche générale	33
2.2	Suivi d'activité des chiroptères	34
2.2.1	Objectif et paramètres à prendre en compte.....	34
2.2.2	Méthodologie et pression d'inventaire.....	34
2.2.3	Calendrier des inventaires	37
2.3	Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères	38
2.3.1	Principes et objectif	38
2.3.2	Protocole utilisé	39
2.3.3	Déclaration d'incident faune volante	41
2.3.4	Détermination du statut biologique	42
2.3.5	Méthodes d'estimation de la mortalité	42
2.4	Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées	47
2.4.1	Limites des méthodes employées.....	47
2.4.2	Difficultés rencontrées	49
3	Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères	50
3.1	Bilan des connaissances de l'étude d'impact	51
3.2	Suivi de l'activité des chiroptères en 2023.....	54
3.2.1	Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle	54
3.2.2	Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle	64
3.3	Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et les suivis ICPE	65
3.3.1	Richesse spécifique	65
3.3.2	Cumul des deux années de suivi ICPE	66
3.4	Principaux éléments à retenir du suivi ICPE	71
4	Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	72
4.1	Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation.....	73
4.1.1	Durée moyenne de l'intervalle.....	73
4.1.2	Efficacité du chercheur	73
4.1.3	Persistance des cadavres	73
4.1.4	Surfaces prospectées et correction surfacique.....	74
4.2	Mortalité de l'avifaune.....	75
4.2.1	Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien	75
4.2.2	Bilan des connaissances de l'étude d'impact.....	78
4.2.3	Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2023	80
4.2.4	Résultats saisonniers	82

4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne	83
4.2.6 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien	84
4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune	85
4.2.8 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2022.....	86
4.2.9 Synthèse	90
4.3 Mortalité des chiroptères	91
4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien	91
4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact.....	96
4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2023	98
4.3.4 Résultats saisonniers	100
4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne	101
4.3.6 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien	102
4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères	104
4.3.8 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2022.....	105
4.3.9 Synthèse	109
5 Mesures correctrices.....	110
5.1 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur les chiroptères	111
5.1.1 Programmation préventive	111
5.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur l'avifaune	115
5.3 Modalités de suivi préconisées	115
Table des illustrations	116
Bibliographie	119
Annexes.....	129




1 Cadre général de l'étude

1.1 Maître d'ouvrage – exploitant

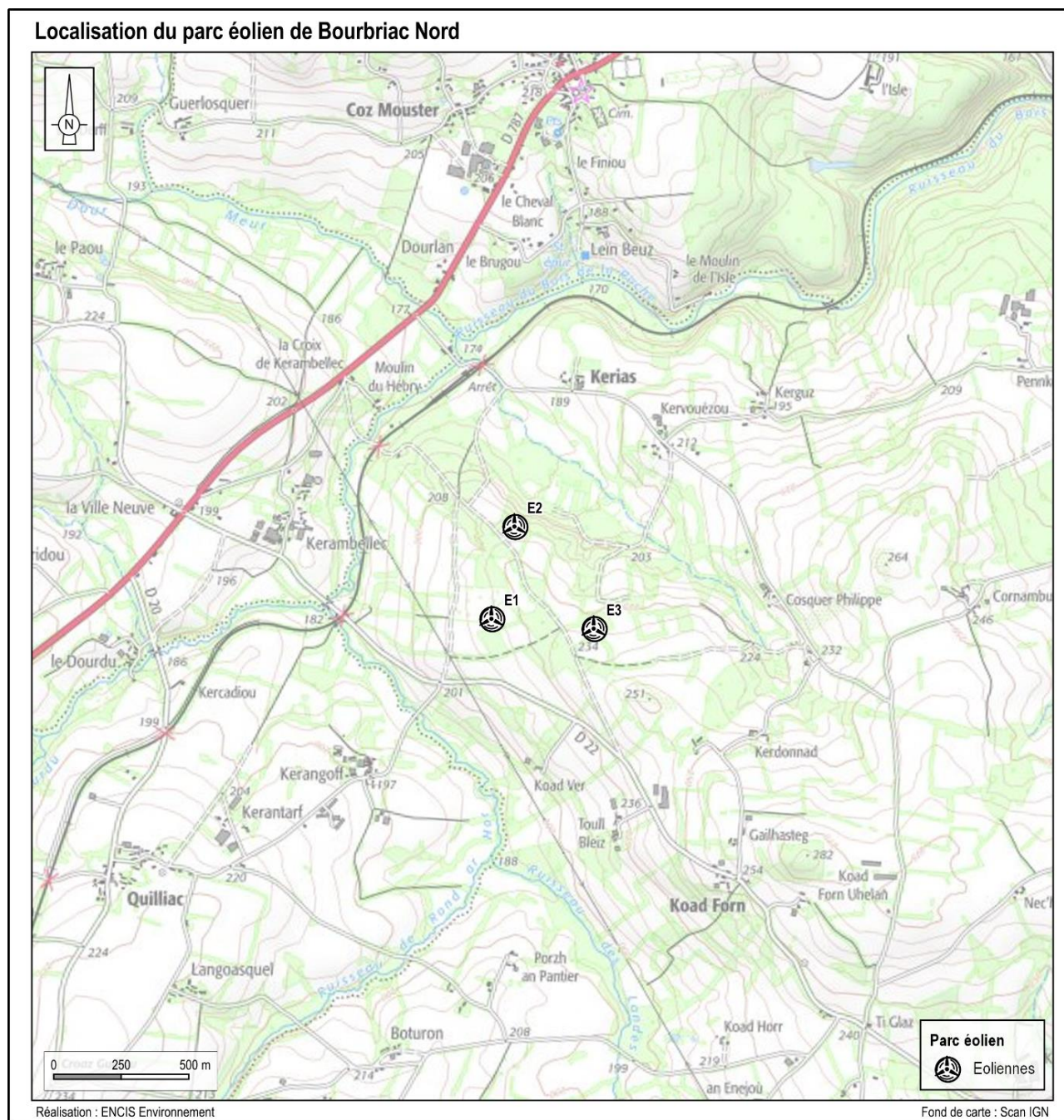
Destinataire	Parc éolien Bourbriac SAS
Adresse	Val d'Orson – Rue du Pré Long 35770 VERN-SUR-SEICHE
Interlocuteur	Julien LEON
Téléphone	+33 2 99 36 77 40

1.2 Auteurs de l'étude

Structure	
Adresse	21 Rue de Columbia 87 068 LIMOGES
Téléphone	05 55 36 28 39
Suivi de l'activité des chiroptères	Clément MADEC, Chargé d'études - Chiroptérologue
Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	Corentin GOISLOT, Chargé d'études - Ornithologue
Correction	Romain FOUQUET, Responsable du pôle Écologie de Nantes Nicolas LAGARDE, Responsable d'études et développement
Validation	Romain FOUQUET, Responsable du pôle Écologie de Nantes Nicolas LAGARDE, Responsable d'études et développement
Version / date	Avril 2024

1.3 Présentation du parc éolien étudié

Le parc éolien se situe sur la commune de Bourbriac, à environ 8 km au sud-ouest de la ville de Guingamp et à environ 4 km au nord-ouest du bourg de Bourbriac, dans le département des Côtes d'Armor (22). Le parc éolien est composé de trois éoliennes de type NORDEX N117 d'une hauteur de 178,5 mètres en bout de pale et d'une puissance nominale de 3 MW (carte suivante).



Carte 1 : Localisation du parc éolien de Bourbriac Nord

Implantées en zone rurale sur une butte dans un paysage de bocage dense, deux des trois éoliennes et leurs plateformes se situent dans de petites parcelles de cultures céréalières (E1 et E2), la dernière étant située dans une prairie pâturée (E3). Des milieux de landes et de boisements sont également présents, ainsi qu'une petite zone tourbeuse (carte suivante).



Carte 2 : Localisation du parc éolien de Bourbriac Nord sur photographie aérienne



Photo 1 : Éoliennes E1 (en haut), E2 (au milieu) et E3 (en bas)

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

Création ou extension d'un parc éolien

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 abrogé et remplacé 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).



Certaines espèces s'adaptent facilement en s'habituant progressivement aux éoliennes dans leur environnement, d'autres sont très farouches. Le degré de sensibilité varie selon les espèces et le stade phénologique concerné (reproduction, migration, hivernage).

L'analyse des résultats de 127 études portant sur les impacts des éoliennes sur la biodiversité (Hötter *et al.*, 2006) illustre ces différences inter-spécifiques, intra-spécifiques 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'ADEME, du MEEDDM, du SER-FEE et de la LPO, 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.

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

Hivernants et migrants

La bibliographie est parfois contradictoire concernant les réponses comportementales des groupes de passereaux hivernants ou en halte migratoire face à la présence d'éoliennes. 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).

Pour les espèces de petites et moyennes envergures, Hötter *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). Devereux *et al.* (2008) n'ont pas trouvé d'effets liés à la proximité des éoliennes sur la distribution de plusieurs groupes d'oiseaux hivernants dans des paysages agricoles (granivores, corvidés, phasianidés, et Alouette des champs), à l'exception du Faisan de Colchide.

En revanche, en hiver, pour certaines espèces de moyenne envergure, 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 envergures sont moins gênés par la présence des éoliennes que les oiseaux migrateurs 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 Hötter *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 intra-spécifiques. 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 (Hötter *et al.*, 2006).

Également, une capacité d'accoutumance des oiseaux d'eau nicheurs à la présence des éoliennes dans leur environnement a 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 intra-spécifiques 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 transits quotidiens 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).

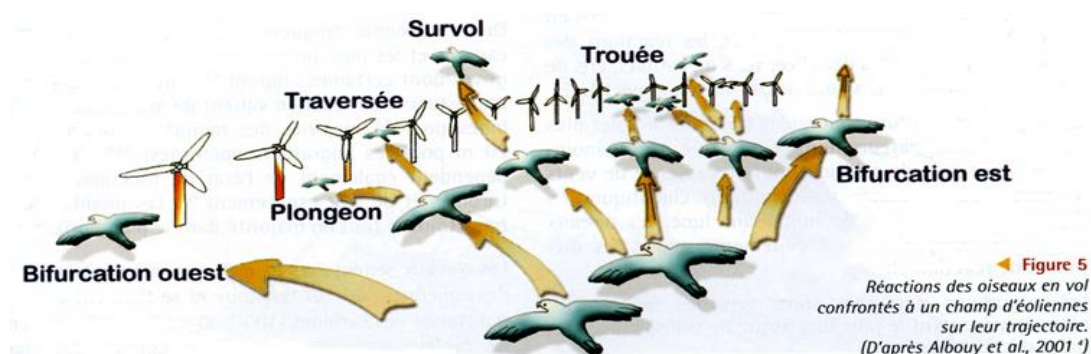


Figure 1 : Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champs d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al, 2001)

Les espèces qui sont le plus susceptibles d'être affectées par l'effet barrière sont les espèces de grande envergure, 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 colombidés (Pigeon ramier). Toutefois, Hötter *et al.*, (2006), indiquent un effet barrière chez les oies, les rapaces et les passereaux (hors Etourneau 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 observé 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., Hötter *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 (Tadornes de Belon, Canard colvert, Bergeronnette grise, Pipit farlouse, Faucon crécerelle) et d'autres ne semblent pas affectées, comme la Mouette rieuse et l'Etourneau sansonnet. Pour autre exemple, la distance d'évitement de la Buse variable est courte : environ 25 mètres hors période de reproduction (valeur médiane, Hötter *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 envergure 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 migrants 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 envergure (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 tailles suffisantes 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 (Carrete *et al.*, 2009, Gaultier *et al.*, 2019). L'environnement du parc (milieux, topographie) serait le paramètre le plus important déterminant la fréquence des cas de collisions (Rydell *et al.* 2012), avec des cas de collisions souvent plus nombreux dans les parcs situés à proximité des zones humides et des zones côtières, et un risque de collision pouvant également être important dans les secteurs montagneux (sommets et crêtes) ainsi que dans les zones présentant un changement de topographie marqué.

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 (Soufflot, 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.

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.

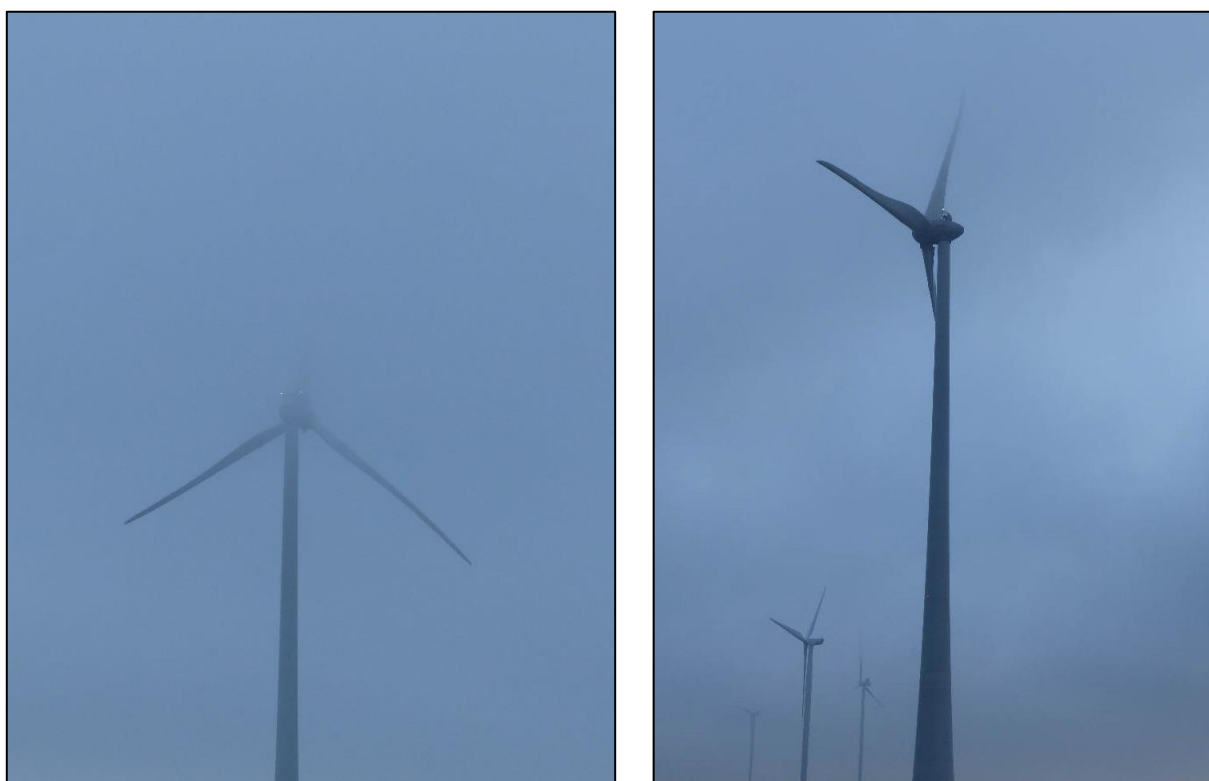


Photo 2 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales.

©Encis Environnement

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 soit 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 échancrées, 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 ; SFEPM 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).

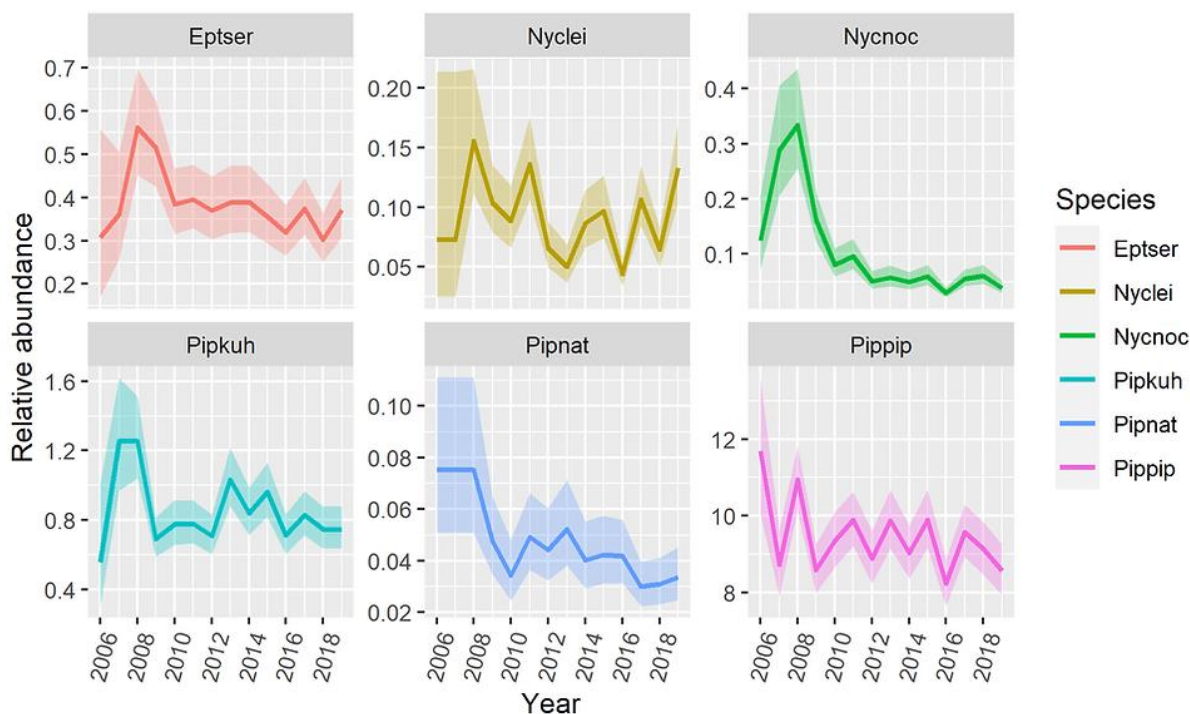


Figure 2 : Tendances des populations pour six espèces de chauves-souris en France entre 2006 et 2018 (Bas *et al.*, 2020)

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 mixte 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 (Millon *et al.*, 2018 ; Minderman *et al.*, 2012 ; Minderman *et al.*, 2017 ; Cryan *et al.*, 2014a). Ce dérangement semble impacter plus fortement les chiroptères locaux, notamment avec des observations d'évitement plus marquées de mai à juillet que chez les migrants (Millon *et al.*, 2015 ; Lehnert *et al.*, 2014). Ce même dérangement apparaît également être effectif lors des différentes saisons du cycle biologique des chiroptères (Schaub *et al.*, 2008 ; Stone *et al.*, 2009 ; Parsons *et al.*, 2003 ; Thomas 1995).

Cette altération de l'habitat de chasse provoque un impact au niveau des ensembles végétaux ainsi qu'au niveau local et plus particulièrement en fonction de la proximité des haies (Millon *et al.*, 2015 ; Barré *et al.*, 2018).

Ce type de dérangement touche 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 (Roemer *et al.*, 2017 ; Roেকেle *et al.*, 2016 ; Barré *et al.*, 2018).

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 & Rahmel 2004). L'étude la plus récente sur le sujet (Brinkmann *et al.*, 2011) indique qu'une perte d'habitat ou un évitement de la zone concernée pourrait avoir lieu à cause de ces émissions d'ultrasons.

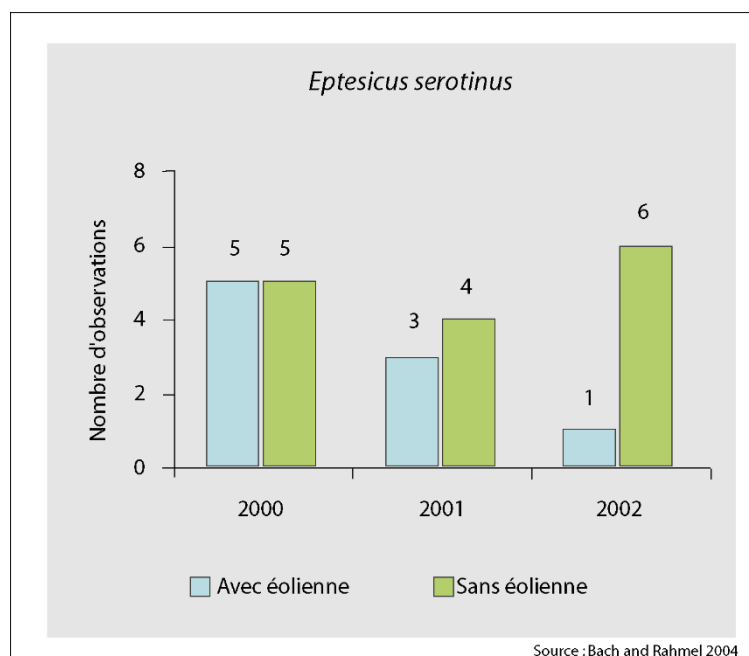


Figure 3 : Diminution de l'activité de la Sérotine commune sur le parc éolien de Midlum (Bach & Rahmel 2004)

Perte des voies de migration ou des corridors de déplacement

Les chauves-souris sont en partie des espèces migratrices parfois sur de longues distances comme la Pipistrelle de Nathusius ou la Noctule commune (Hutterer *et al.*, 2005 ; Arthur et Lemaire 2015). Ces espèces migratrices après avoir reconstitué leurs réserves alimentaires à la sortie de l'hibernation, migrent dès le printemps vers des zones où elles passent l'été, pour ensuite revenir hiberner sur la zone initiale par une deuxième migration en fin d'été et début d'automne (Dechmann *et al.*, 2014 ; Dechmann *et al.*, 2017).

Bien que les voies de migration chez les chiroptères soient encore assez mal connues, certaines études relatent des axes importants au niveau du littoral et des vallées fluviales, à la fois pour des espèces migratrices de longue distance que pour les espèces régionales (Jamin *et al.*, 2020 ; Kunz *et al.*, 2007b ; Cryan *et al.*, 2014b ; Hayes *et al.*, 2019b ; Furmankiewicz & Kucharska 2009 ; Telleria *et al.*, 2009, Cryan *et al.*, 2011). Ainsi, le dérangement des chiroptères sur les voies de migration peut impacter les chiroptères sur de longues distances en créant des « effets barrières » (Voigt *et al.*, 2012 ; Brinkmann *et al.*, 2011). À noter cependant que les espèces migratrices semblent moins sensibles aux dérangements par les parcs éoliens que les individus locaux (Million *et al.*, 2015 ; Lehnert *et al.*, 2014).

Parallèlement, à la perte de voies de migration, il existe une perte de corridors de déplacement à l'échelle locale. Cette dernière est également susceptible de provoquer un abandon de gîtes pouvant

engendrer une augmentation des dépenses énergétiques due à l'évitement des parcs et à la modification des corridors (Bach *et al.*, 2003 et Dubourg-Savage 2005). De nombreuses espèces sont ainsi susceptibles d'être impactées par la modification des corridors de déplacements locaux (Barré *et al.*, 2018 ; Roemer *et al.*, 2017 ; Roেকেle *et al.*, 2016).

1.5.2.3 Mortalité directe et indirecte

Il existe de multiples causes de mortalité chez les chiroptères au niveau mondial comme le « White-Nose Syndrome », les mortalités intentionnelles, les accidents, les mortalités biotiques et abiotiques, *etc.*, dans lesquelles l'éolien affiche une assez forte proportion (O'Shea *et al.*, 2016).

Dans le cadre de l'éolien, 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).

Un état des lieux des connaissances avec une analyse approfondie de nombreuses publications scientifiques a été mené sur la base de synthèses bibliographiques récentes sur le sujet (Gaultier *et al.*, 2019, Schuster *et al.*, 2015). Cet état des connaissances sert ainsi de base à l'argumentaire suivant.

Mortalité directe et indirecte

La **mortalité directe** est le type de mortalité le plus évident résultant de la collision directe des chauves-souris avec les pales des éoliennes en rotation (Arnett *et al.*, 2005 ; Horn *et al.*, 2008).

Parallèlement, d'autres cas de mortalité cette fois-ci **indirecte** sont documentés.

Lors de la rotation des pales, s'opère un phénomène de pression/décompression entre les pales et le mât. La chute brutale de la pression de l'air pourrait impliquer de sérieuses lésions internes des individus passant à proximité, ce phénomène est nommé barotraumatisme. Dans une étude réalisée au Canada (Baerwald *et al.*, 2008), 92 % des cadavres retrouvés 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 observé 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 rayon proche des éoliennes, puisque les cadavres se trouveraient alors à bonne distance du site.

Facteurs influençant la mortalité

La sensibilité des chiroptères à l'éolien

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 créés :

- **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).

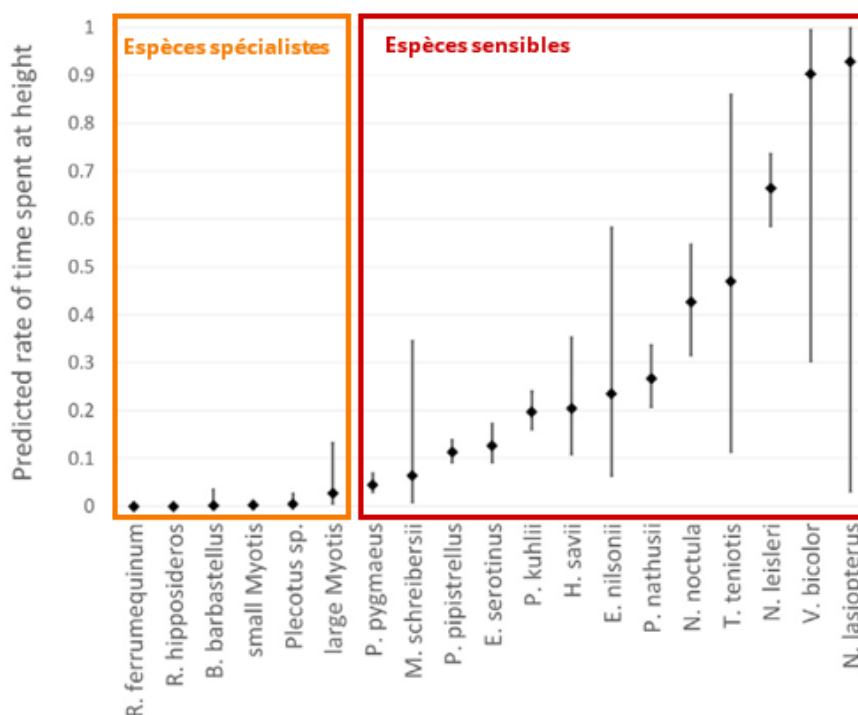


Figure 4 : Ration du temps passé en hauteur pour chaque espèce de chiroptères (Adapté de Roemer *et al.*, 2017)

La caractéristiques morphologiques et biologiques des chauves-souris

Certaines espèces de chiroptères ont des caractéristiques morphologiques et des spécificités écologiques qui semblent être un facteur important dans le risque de collision. 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 dites glaneuses ou de poursuites 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. 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.

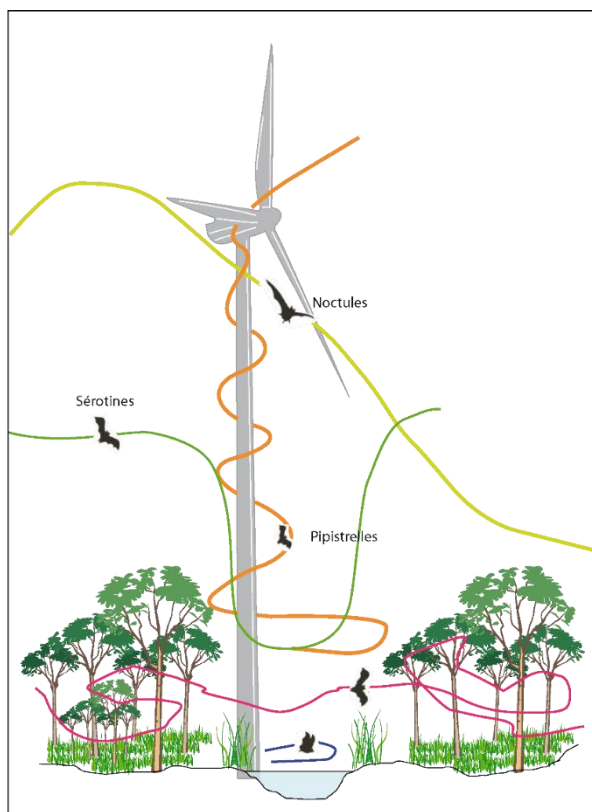


Figure 5 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne

La saisonnalité et le comportement des chiroptères

Les chiroptères possèdent un cycle biologique présentant une phase d'hibernation de novembre à février, une phase de migration printanière vers les gîtes estivaux de mars à mai, une phase de mise-bas au sein de ces gîtes de juin à juillet-août, une période de migration vers les secteurs de swarming (accouplements) et vers les gîtes hivernaux d'août à octobre.

Sur l'ensemble de ces saisons, hormis l'hibernation, des cas de mortalité liés aux éoliennes sur des populations locales ou migratrices sont observés (Brinkmann *et al.*, 2011 ; Voigt *et al.*, 2012). Cependant, 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, ce qui correspond à une période de migration des chauves-souris (Alcalde 2003 ; Arnett *et al.*, 2008 ; Rydell *et al.*, 2010a ; Brinkmann *et al.*, 2011 ; Amorim *et al.*, 2012 ; Limpens *et al.*, 2013). Des hécatombes de mortalité ont également été relevées au printemps et en début d'été dans le sud de l'Europe (Georgiakakis *et al.*, 2012 ; Beucher *et al.*, 2013). Cette observation a ainsi conduit de nombreux auteurs à considérer que la mortalité par collision est intrinsèquement liée au comportement migratoire, et plus particulièrement automnal. Si ce fait est avéré, 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). Ainsi, Lenhert a mené une étude en 2014 montrant une mortalité supérieure sur les individus locaux (72 %) que sur les individus migrants (28 %) durant la période de migration de la Noctule commune (espèce la plus impactée en Allemagne). Parmi les individus impactés, la proportion de juvéniles est élevée (38 % chez les individus locaux et 32 % chez les migrants), et le sex-ratio est équilibré pour les individus locaux mais montre une majorité de femelles chez les individus migrants (62 %). Ces résultats sur la différence de comportement entre les mâles et les femelles, notamment chez la Noctule, a également été relevée par Roeleke en 2016 avec un évitement plus marqué des mâles au niveau des parcs éoliens que les femelles en période estivale. Ceci possiblement en raison des contraintes énergétiques liées à la lactation, ce qui engendre une augmentation du risque de collision sur les femelles. 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 et Kucharska 2009). De plus, 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 conditions météorologiques et le cycle circadien

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 & Barclay 2011).

Des analyses menées sur les résultats obtenus lors d'écoutes en hauteur ont montré une relation significative entre les variables de vitesse de vent, de température, d'heure de la nuit et l'activité des chiroptères (Labouré ENCIS Environnement 2021).

Concernant 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. Selon, Martin *et al.*, (2015), la plupart des nuits lors desquelles une mortalité s'est produite (81,5 %), ont eu des vitesses de vent moyennes faibles (≤ 5 m/s mesurées au sol), et toutes les victimes ont été constatées lors de nuits présentant une vitesse moyenne du vent < 10 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. À noter cependant que toutes les chauves-souris ne répondent pas de façon similaire à la vitesse de vent. Les espèces de haut-vol apparaissent plus tolérantes aux vitesses de vent supérieures à 7 m/s (Wellig *et al.*, 2018 ; Frick *et al.*, 2017 ; Voigt *et al.*, 2015). Enfin, la rotation des pales d'éoliennes avec la vitesse de vent

rend difficile la localisation des chiroptères par écholocation qui n'arrivent pas à percevoir les bouts de pales dont la vitesse est de 100 à 150 m/s (Grodsky *et al.*, 2011 ; Long *et al.*, 2009 ; Rydell *et al.*, 2010a).

La **température** joue également 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 ; Voigt *et al.*, 2015), d'autres ne considèrent pas ce paramètre en tant que facteur influençant l'activité chiroptérologique (Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). Des études récentes ont cependant permis de mettre en évidence une augmentation marquée de l'activité chiroptérologique entre 10 et 25 °C (Labouré 2021 ; Behr *et al.*, 2017 ; Heim *et al.*, 2016 ; Martin *et al.*, 2015).

L'activité des chiroptères est également corrélée à **d'autres variables météorologiques telles que la pression atmosphérique, l'humidité relative, le taux de précipitation, la couverture nuageuse, le brouillard ou encore le rayonnement lunaire** (Behr *et al.*, 2017 ; Heim *et al.*, 2016 ; Voigt *et al.*, 2015 ; Cryan *et al.*, 2014, Limpens *et al.*, 2013, Amorim *et al.*, 2012, Behr *et al.*, 2011, Brinkmann *et al.*, 2011, Baerwald & Barclay 2011 ; O'Donnell *et al.*, 2010 ; Bach & Bach 2009 ; Horn *et al.*, 2008 ; Kerns *et al.*, 2005). Cependant, les opinions sur ces autres paramètres météorologiques sont d'autant plus mitigées. Il semble toutefois plus vraisemblable que ces paramètres influent de manière concomitante sur l'activité des chiroptères ou l'abondance d'insectes (Corten & Veldkamp 2001 ; Behr *et al.*, 2011).

Enfin, le cycle circadien influence également l'activité chiroptérologique et ainsi le risque de collision (ENCIS Environnement, Labouré 2022). Les pipistrelles, noctules et sérotines sont souvent considérées comme des espèces crépusculaires et sont remplacées peu à peu au cours de la nuit par des espèces plus nocturnes à l'instar des barbastelles, murins et oreillards (Barataud, 2012). D'autres études suggèrent un regain d'activité à l'aube (Swift 1980). Les noctules, et plus particulièrement la Noctule commune, affichent ce second pic d'activité en fin de nuit (Kronwitter 1988 ; Rachwald 1992, Kanuch 2007 ; Arthur et Lemaire 2015). Ainsi, Behr *et al.*, en 2017 ont démontré que l'activité des chiroptères est maximale pendant la première moitié de la nuit. Le groupe des noctules (principalement la Noctule commune) est actif avant le coucher du soleil et avant le groupe des pipistrelles. Après le premier quart de la nuit, l'activité commence à diminuer, et diminue continuellement jusqu'au lever du soleil, avec une chute plus forte peu avant le lever du soleil. Parfois, un pic d'activité plus faible a été enregistré en fin de nuit, ce phénomène est principalement dû à l'activité des espèces de noctule. La Pipistrelle de Nathusius, montre un schéma légèrement différent de celui des autres espèces avec une activité culminant au milieu de la nuit. Ces résultats sont régulièrement observés sur les études de l'activité des chiroptères et peuvent varier en fonction de la saisonnalité (Arthur et Lemaire 2015 ; Newson *et al.*, 2015 ; Labouré 2021).

Ainsi, la mise en place de mesures sur la base des paramètres environnementaux apparaît comme une solution efficace pour diminuer les risques de collisions chez les chiroptères (Behr *et al.*, 2017 ; Good *et al.*, 2016 ; Martin *et al.*, 2015 ; Hein *et al.*, 2014).

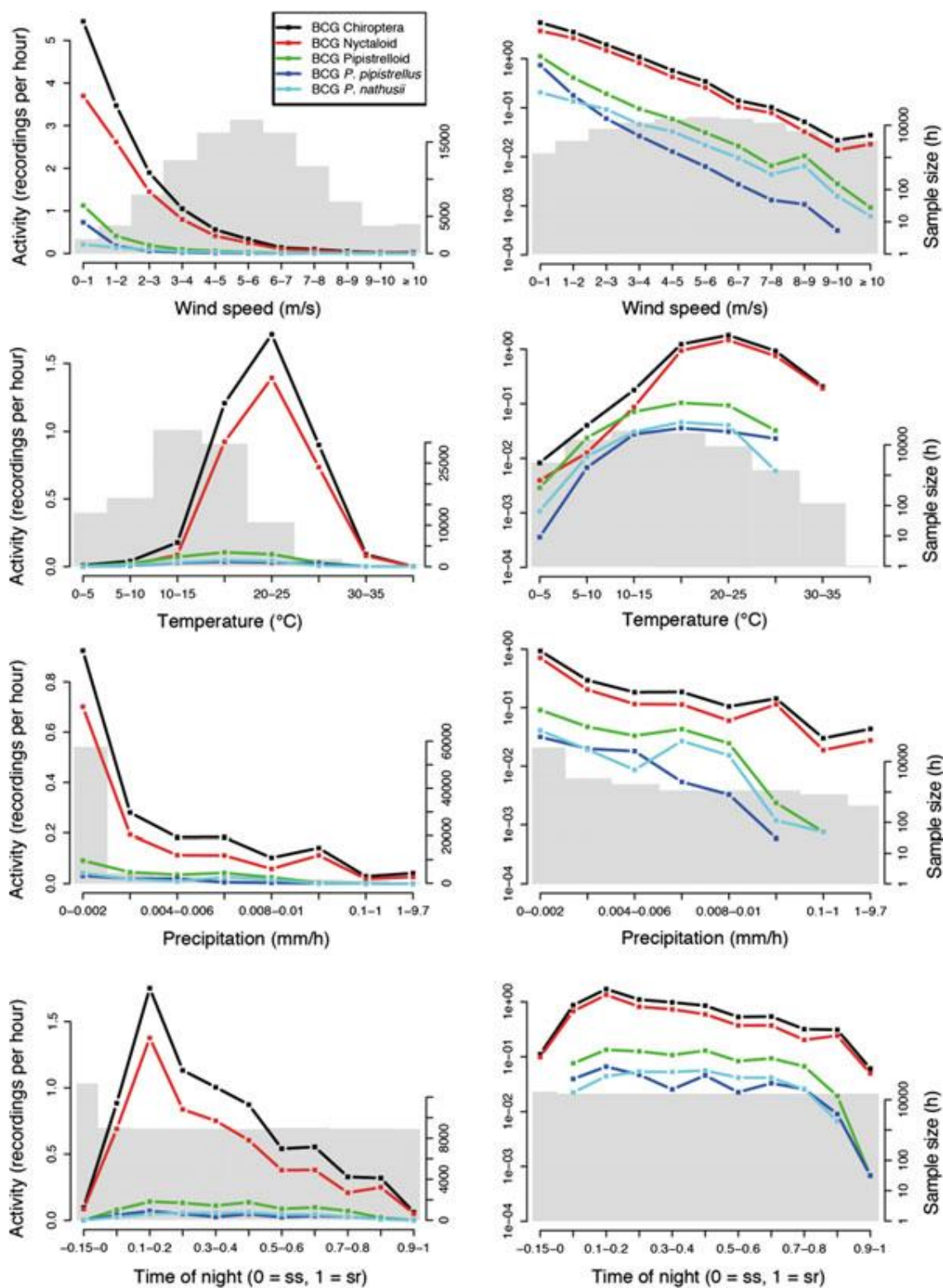


Figure 6 : Effet de différents paramètres sur l'activité des chiroptères mesurée en nacelle d'éolienne (sur 69 éoliennes dans 35 sites dans 5 différentes régions naturelles en Allemagne en 2008) (Behr et al., 2017)

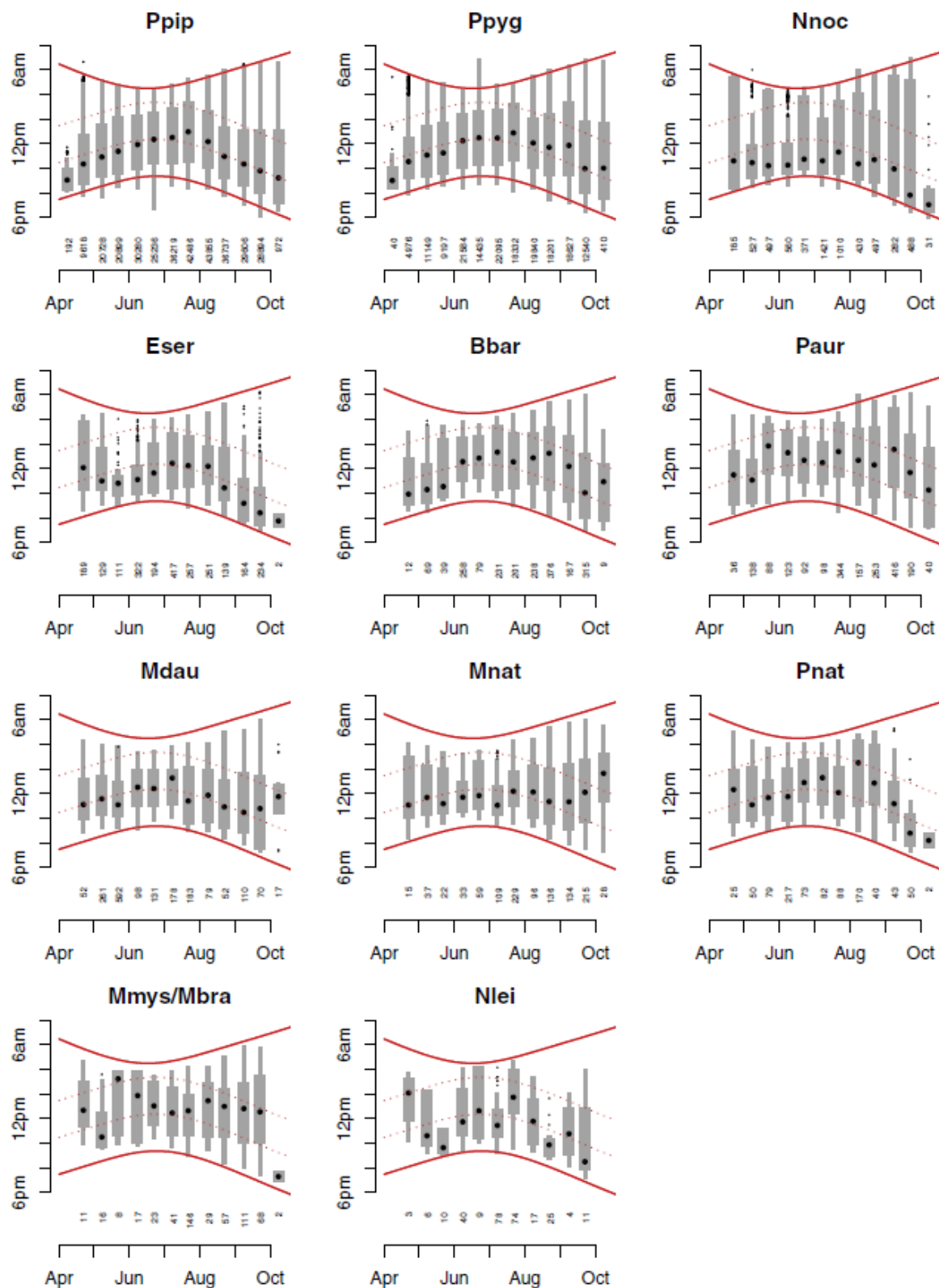


Figure 7 : Modèles d'activité nocturne de plusieurs espèces de chiroptères tout au long de la saison par rapport au coucher du soleil (Newson et al., 2015)

Le type d'habitats

Les habitats présents au niveau des aménagements des parcs éoliens et dans les secteurs environnants influencent le risque de mortalité chez les chiroptères (Brinkmann *et al.*, 2011 ; Hensen 2004 ; Grindal & Brigham 1998).

Dans un premier temps, une mortalité par destruction d'habitats, et plus particulièrement dans le cas d'abattage d'arbres à cavités pouvant héberger des gîtes de chiroptères arboricoles est à relever. Ce premier risque de mortalité est à considérer durant la phase de travaux des aménagements du parc éolien et devient inexistant une fois les éoliennes mises en exploitation.

Dans un second temps, les habitats présents à proximité des éoliennes influencent les cas de mortalité des chauves-souris. Rydell *et al.*, en 2010 observent une mortalité de 0 à 3 chiroptères/éolienne/an en milieu ouvert, de 2 à 5 chiroptères/éolienne/an en milieu plus hétérogène, et de 5 à 20 chiroptères/éolienne/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 (Ahlen *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). Ainsi, l'étude de Kelm *et al.*, en 2014, présente une activité chiroptérologique concentrée dans les 50 premiers mètres à la haie (85 % des contacts enregistrés) qui devient anecdotique à partir de 200 m, ainsi que des espèces plus proches des haies (murins sp., Pipistrelle commune, Barbastelle d'Europe, Sérotine commune) que d'autres (Noctule commune, Pipistrelle de Nathusius).

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. 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 ; SFEPM 2016).

- **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 montrer des victimes après la construction des éoliennes. Cela pourrait être lié à un changement de comportement après l'implantation des éoliennes, et 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 ont été construites.

Le modèle d'éolienne

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

- **La taille du rotor.** Plus les rotors sont grands plus la mortalité des chiroptères augmente (Arnett *et al.*, 2008). En effet, la longueur des pales est le facteur qui influence le plus le risque de collision avec les chiroptères devant la hauteur de nacelle (Mathews *et al.*, 2016, Rydell *et al.*, 2010a).
- **La garde au sol.** Plus la garde au sol est basse, plus le risque de collision est accru pour les chiroptères. Ainsi, les gardes au sol inférieures à 30 m présentent de fort risque de mortalité pour les chiroptères notamment sur des espèces jusqu'alors peu concernées par ce type d'impact, de par leur hauteur de vol entre autres facteurs (Roemer *et al.*, 2017 ; Heitz *et al.*, 2017 ; Hein *et al.*, 2016).
- **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).

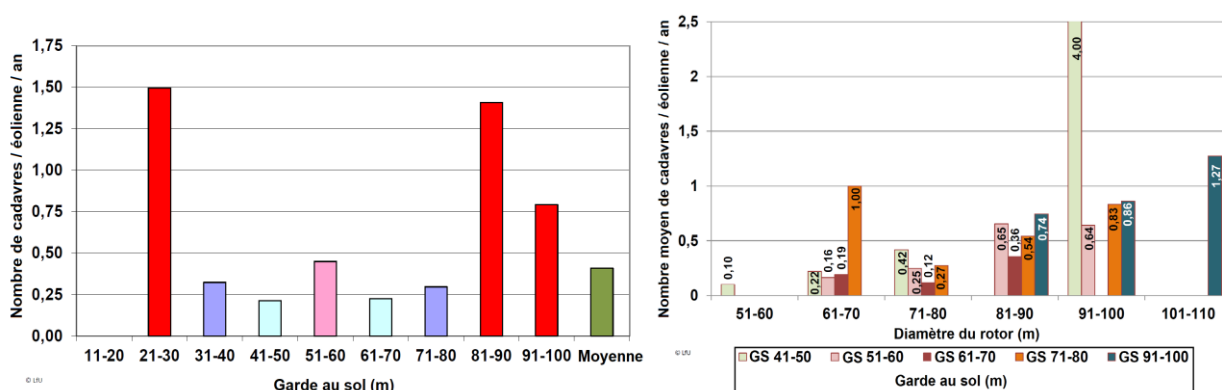


Figure 8 : Nombre de mortalités de chauves-souris par éolienne et par an en fonction de la garde au sol et du diamètre de rotor (Traduit de Dürr 2019, SFEPM 2020)

Ainsi, en 2020, la SFEPM préconise :

- De proscrire les hauteurs de garde inférieures à 30 m.
- De limiter la taille des rotors à moins de 90 m ou si les rotors sont supérieurs à 90 m de proscrire les gardes au sol inférieures à 50 m.

Les phénomènes d'attractions

Comme nous l'avons abordé précédemment, les éoliennes peuvent elles-mêmes jouer un rôle localement attractif pour les chiroptères occasionnant des événements de mortalité (Cryan *et al.*, 2014a).

Les aérogénérateurs peuvent être confondus avec des arbres pouvant potentiellement comporter des **gîtes** ; tous les auteurs s'accordent sur ce sujet (Cryan & Brown 2007 ; Cryan *et al.*, 2014 ; Hull & Cawthen 2013 ; Kunz *et al.*, 2007).

Un autre phénomène est **l'attraction des insectes** par les éoliennes. Une partie des espèces de chiroptères sont assez opportunistes pour la nourriture en exploitant des ressources faciles telles que des insectes actifs nocturnes autour des éoliennes, ou espèces diurnes se reposant sur les machines (Bennett *et al.*, 2017 ; Foo *et al.*, 2017 ; Rydell *et al.*, 2016 ; Cryan *et al.*, 2014). La production de chaleur de certains types d'éoliennes pourrait concentrer les insectes, et donc augmenter le risque de mortalité des chiroptères par collision (Rydell *et al.*, 2010b ; Horn *et al.*, 2008 ; 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 et 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. La couleur des éoliennes et certains effets acoustiques sont aussi suspectés d'attirer les insectes volants et les chauves-souris dans la zone à risque (Long *et al.*, 2011 ; Kunz *et al.*, 2007). Ces phénomènes d'attractions des chiroptères sont confirmés par des études récentes portant sur des analyses des contenus stomacaux de chauves-souris mettant en évidence une correspondance entre les insectes présents à la surface des mâts et dans l'atmosphère autour des éoliennes (Foo *et al.*, 2017 ; Rydell *et al.*, 2016).

Les éoliennes peuvent également être des sources **d'écoulement d'eau** à l'extérieur de l'éolienne durant des nuits sans pluie (hypothèse de phénomènes de condensation) sur des épisodes courts mais intenses, pouvant provoquer un attrait des chiroptères qui reste à confirmer (Roch *et al.*, 2018).

À noter cependant que les comportements d'approches sont nettement plus nombreux lorsque l'éolienne est à l'arrêt, et ce dans des conditions environnementales proches, signifiant que les deux concepts de répulsion et d'attraction coexistent (Cryan *et al.*, 2014a).

Conséquences de la mortalité sur les populations de chiroptères

Comme expliqué précédemment, la notion de population chez les chiroptères est complexe à estimer. Cependant, il apparaît important de prendre en compte l'étude de Frick *et al.*, menée en 2017. Cette étude montre que les taux actuels de mortalité due aux éoliennes apparaissent suffisamment élevés pour modifier considérablement la probabilité de stabilité de la population. Le risque d'extinction dans une gamme de scénarios démographiques plausibles pour des chauves-souris cendrées aux États-Unis serait plus fort, ces chiroptères sont proches des noctules européennes. La mortalité due aux éoliennes pourrait ainsi entraîner une réduction de 50 % de la taille de la population en seulement 50 ans, même dans un scénario optimiste d'une population de chauves-souris cendrées aussi importante que 10 millions de chauves-souris et avec un taux de croissance annuel moyen de 1 % par an, qui soutiendrait une croissance démographique stable. Cette étude souligne également que pour les chiroptères migrants, la mortalité liée aux éoliennes est susceptible d'impacter la viabilité des populations sur des scénarios démographiques probables. Elle suggère qu'à une échelle locale, l'implantation d'éoliennes pourrait suffire à faire chuter les effectifs d'une population jusqu'à l'extinction sur un pas de temps relativement court des cent prochaines années. Le graphique suivant représente ainsi les contours isolignes des déclin de population projetés après 50 ans de croissance, simulés avec une mortalité proportionnelle des chauves-souris cendrées, causés par les éoliennes, selon des combinaisons de tailles de populations initiales possibles (N_i) et de taux de croissance de population (λ). Les isolignes affichent les combinaisons de N_i , et où la population médiane de 10 000 simulations après 50 ans de croissance simulée était stable (ligne noire) ou a diminué de 25 %, 50 %, 75 %, 90 % et 95 %. La ligne pointillée montre l'isoligne de la stabilité de la population sans mortalité due aux éoliennes.

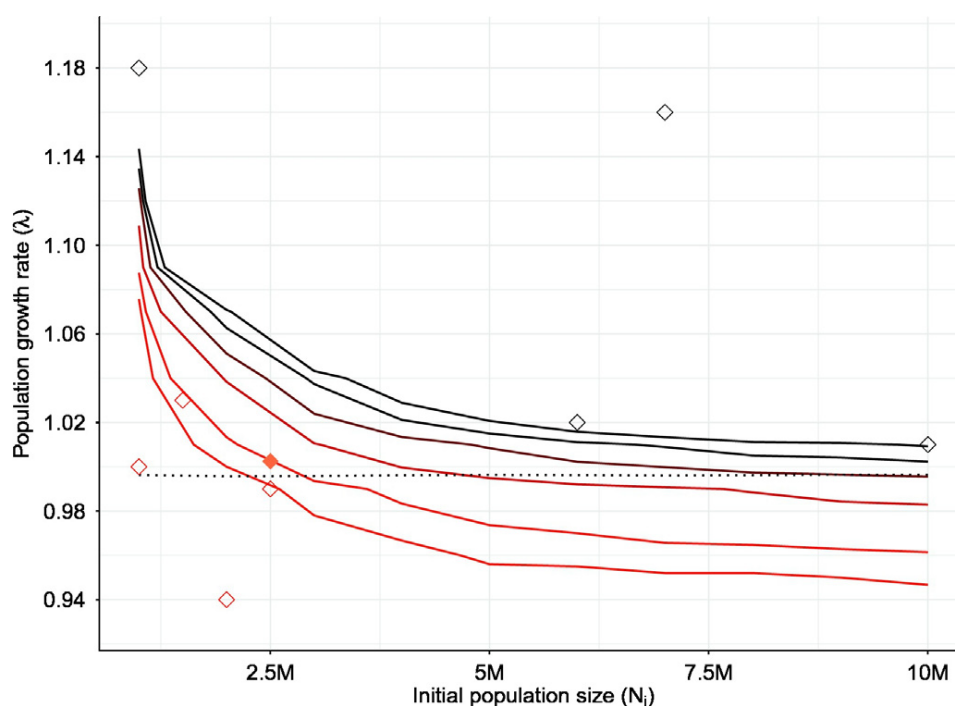


Figure 9 : Contours isolignes des déclin de population projetés après 50 ans de croissance simulée avec une mortalité proportionnelle des chauves-souris cendrées causées par les éoliennes selon des combinaisons de tailles de population initiales possibles (N_i) et de taux de croissance de population (λ) (Frick *et al.*, 2017)

Ainsi, la question du taux de mortalité acceptable se pose. Quelques études ont essayé de répondre à cette question via des méthodes de calcul estimant un nombre de cadavre par éolienne et par an, variant entre un et deux pour les chiroptères (Behr *et al.*, 2017 ; Brinkmann *et al.*, 2011).

Plusieurs études alertent sur le fait que, pour faire progresser la conservation des chauves-souris migratrices, il est essentiel de comprendre leurs modèles de migration. L'identification des schémas de déplacement permettrait alors de planifier l'emplacement des parcs éoliens pour atténuer les impacts sur les populations de chauves-souris. Cette information pourrait également être utilisée pour établir des normes pour une réduction « intelligente » (Jamin *et al.* 2020 ; Hayes *et al.*, 2019b ; Cryan *et al.*, 2014b ; Kunz *et al.*, 2007b).

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 agissants 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. Le suivi mis en œuvre est en conformité avec le protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (2018).

L'intensité du suivi à mettre en œuvre est défini selon plusieurs critères (espèces observées, statuts de conservation, statuts réglementaires, tailles et dynamiques de population, sensibilité, note de risques, etc.).

Avifaune

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 (European Birds of Conservation Concern – Populations, trends and national responsibilities, BirdLife, 2017).

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 inclut 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 fiable, la vulnérabilité ne peut être définie avec précision d'où l'indice de risque utilisé.

Pour le parc éolien de Bourbriac Nord (2023), le rapport de suivi environnemental remis à l'inspection des installations classées sera composé des suivis suivants :

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

Le parc éolien de Bourbriac Nord a fait l'objet d'un suivi environnemental identique en 2022.

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 (richesse 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.

D'après l'étude d'impact (AEPE Gingko, 2017) de la ferme éolienne de Bourbriac, les espèces présentant l'indice de vulnérabilité le plus important sur le cycle biologique actif concernent **la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius** avec un indice de vulnérabilité à la mortalité éolienne considéré comme fort.

2.2.2.1.1 Pression d'inventaire

La pression d'inventaire est fonction des espèces présentes identifiées dans le cadre de l'étude d'impact. Pour le parc de Bourbriac, les modalités suivantes ont été prévues pour le suivi automatique en nacelle.

L'étude conclut, pour les **effets résiduels**, à un **risque négligeable de collision des espèces présentes** grâce à l'installation de machines hautes et à la mise en place d'un bridage sur les machines dès la première année. Un cadavre de chauve-souris (Pipistrelle commune) a été retrouvé lors de la première année de suivi en 2022.

De fait, le protocole présenté ci-après répond aux modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du 24 juillet 2019.

2.2.2.1.2 Protocole d'inventaire sur site

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 10 : 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.

L'éolienne E3 a été choisie pour placer le dispositif d'enregistrement, car elle est la plus proche de milieux favorables pour les chauves-souris, c'est donc l'éolienne la plus susceptible de mesurer l'activité des espèces présente sur place.

2.2.2.1.3 Méthode d'analyse des résultats

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 11 : Indices de confiance établis par SonoChiro® et risques d'erreurs associés

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.

Estimation de l'activité chiroptérologique

La quantification de l'activité et de la diversité chiroptérologiques est basée sur des échelles d'activité mises en place par ENCIS Environnement. Afin de rester en adéquation avec les échelles

d'activité déjà existantes sur d'autres protocoles acoustiques au niveau national, notamment Bas *et al.* 2020 et Hacquart 2015, la méthode retenue pour la mise en place de ces échelles est celle des quantiles. Ainsi, ces échelles ont été définies sur la base de plus d'une centaine d'inventaires de terrain ultrasoniques par échantillonnage, de 150 inventaires ultrasoniques automatiques au sol et 60 inventaires ultrasoniques automatiques en hauteur.

Classe	1 <	1 - 3	4 - 25	25 - 65	> 66
Niveau	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort

Tableau 1 : Activité pondérée des chiroptères du nombre de contact moyen par nuit

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.

2.2.3 Calendrier des inventaires

Concernant les écoutes sur nacelle d'éolienne, le dispositif a été mis en place du 28 mars 2023 au 31 octobre 2023.

Inventaires et méthodes employées	Nb. sorties	Dates des campagnes	Horaires des inventaires	Conditions météorologiques d'observation			Personne ayant réalisé les inventaires
				Couverture du ciel	Température	Vent	
Chiroptères							
Enregistrements automatiques en nacelle (Batmode S)	217 nuits	Du 28 mars au 31 octobre 2023	D'une heure avant le coucher à une après le lever du soleil	-	-	-	Clément MADEC Thomas GIRARD

Tableau 2 : Dates et conditions météorologiques des inventaires du milieu naturel

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 » (2018), ainsi que sur les « suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères », document actualisé en 2016 par la SFEPM.

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 réelle est ensuite estimée, 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 estimations effectuées.

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). Toutefois, par précaution et pour évaluer les éventuels impacts du parc sur l'ensemble de la période d'activité principale des chiroptères en Bretagne (de mi-avril jusqu'à fin octobre), le suivi de mortalité a été effectué durant les semaines 16 à 43. Par ailleurs, l'arrêté de permis de construire du 24 juillet 2019 est en accord avec ces recommandations et précise que le suivi durera trois ans dès la première année de fonctionnement du parc, avec une sortie par semaine (semaine 16 à 43). De plus, le nombre de passage par semaine sera adapté en fonction des résultats des tests de persistance.

Au total sur l'année 2023, 28 prospections ont été réalisées dans le cadre du suivi de la mortalité, à raison d'une prospection par semaine, entre les semaines 16 et 43. Le calendrier complet des sorties est présenté en annexe.

Ce suivi permettra notamment de vérifier l'efficacité de la mesure de programmation préventive mise en œuvre sur les trois éoliennes.

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, chacune des trois éoliennes a été prospectée lors de ce suivi.

2.3.2.3 Surface et méthode d'échantillonnage

La surface échantillon à prospector correspond à un carré de 100 m de côté (ou deux fois la longueur des pales pour les éoliennes présentant des pales de longueur supérieure à 50 m) ou un cercle de rayon égal à la longueur des pales avec un minimum de 50 m.

Dans le cadre de ce suivi, pour chaque éolienne, un carré de 120 mètres de côté a ainsi été défini comme surface échantillon. La surface théorique d'échantillonnage couvre ainsi 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.

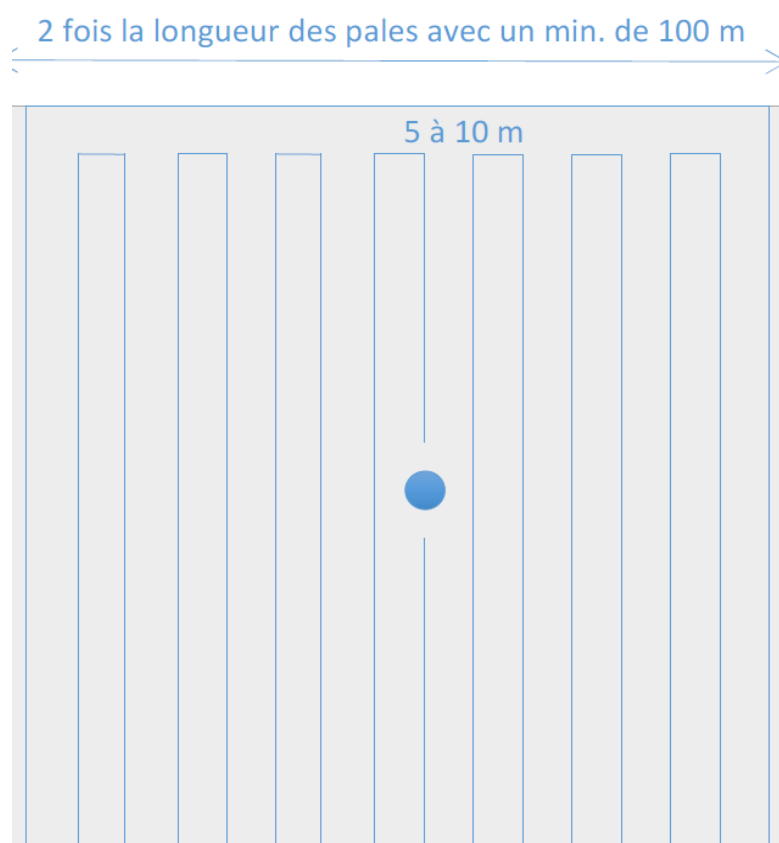


Figure 12 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne

Au cours de chaque prospection du suivi mortalité une fiche de données est complétée par le chercheur (cf. Annexes). 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 (cf. Annexes). Cette fiche permet la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatées.

2.3.2.4 Découverte de cadavres

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 doit systématiquement faire l'objet d'une fiche détaillée. Cela permet ainsi le recensement standardisé des caractéristiques de l'espèce et des conditions de mortalité constatée.

Chaque cadavre découvert est localisé par GPS, photographié, déterminé (lorsque l'état du cadavre le permet), puis fait l'objet d'une fiche détaillée définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (cf. annexes : **fiche de saisie standardisée**). Seules des mesures simples et nécessaires à l'identification des espèces (principalement chiroptères) sont réalisées sur le terrain. Les spécimens sont laissés en l'état à l'endroit de la découverte sans qu'aucun enlèvement, destruction ou perturbation ne soit réalisé (opérations nécessitant une demande de dérogation spécifique).

2.3.3 Déclaration d'incident faune volante

Cadre réglementaire : Article R.512-69 du Code de l'environnement :

« L'exploitant d'une installation soumise à autorisation, à enregistrement ou à déclaration est tenu de déclarer, dans les meilleurs délais, à l'inspection des installations classées les accidents ou incidents survenus du fait du fonctionnement de cette installation qui sont de nature à porter atteinte aux intérêts mentionnés à l'article L. 511-1.

Un rapport d'accident ou, sur demande de l'inspection des installations classées, un rapport d'incident est transmis par l'exploitant au préfet et à l'inspection des installations classées. Il précise, notamment, les circonstances et les causes de l'accident ou de l'incident, les substances dangereuses en cause, s'il y a lieu, les effets sur les personnes et l'environnement, les mesures d'urgence prises, les mesures prises ou envisagées pour éviter un accident ou un incident similaire et pour en pallier les effets à moyen ou à long terme. Si une enquête plus approfondie révèle des éléments nouveaux modifiant ou complétant ces informations ou les conclusions qui en ont été tirées, l'exploitant est tenu de mettre à jour les informations fournies et de transmettre ces mises à jour au préfet ainsi qu'à l'inspection des installations classées. »

Ainsi, en cas de découverte d'un individu appartenant à une espèce menacée (catégorie UICN « VU », « EN », « CR » ou « RE »), ou en cas de découverte d'une mortalité massive, une **fiche de déclaration d'incident faune volante** est réalisée (version juillet 2022, FEE-DGPR-BARPI). Les informations relatives à la découverte du cadavre et les premiers éléments disponibles sont renseignés (contexte, mesure corrective, etc.). La fiche est ensuite transmise à l'exploitant, qui la complète (éléments techniques spécifiques au parc éolien notamment) et la transmet à l'administration (DREAL, DRIEAT et DEAL).

2.3.4 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.

2.3.5 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 quantifier la persistance des cadavres sur le site.

2.3.5.1 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)

2.3.5.2 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	06/06/2023	12	6	18
Test 2	12/09/2023	8	6	14
Total		20	12	32

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

2.3.5.3 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+15 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 d'Huso**, qui sont détaillés dans la partie traitant des méthodes d'estimation de la mortalité (Protocoles « Jones » et « Huso »).

2.3.5.4 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

2.3.5.5 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 d'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 d'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 SFEPM qui préconise l'utilisation d'au moins trois des estimateurs suivants : Huso, Jones, Erickson, Korner-Nievergelt, Limpens, Bastos.

2.3.5.5.1 Protocole « Erickson »

En 2000, Erickson propose une formule intégrant 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

2.3.5.5.2 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 :

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

2.3.5.6 Postulat de chaque méthode d'estimation

Méthodes	Aire d'étude	Intervalle entre deux recherches	Persistence	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

2.4 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées

2.4.1 Limites des méthodes employées

Pour réaliser le suivi des milieux naturels, 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

Les inventaires réalisés in situ (acoustiques, prospections des gîtes) sont ponctuels dans l'espace et dans le temps. La quantification et la qualification du cortège et de l'activité chiroptérologique de la zone restent suffisantes au regard des enjeux et objectifs rattachés à cette étude.

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* et *Myotis*. Dans ce cas, seul le genre est déterminé.

Les Murins émettent des fréquences modulées abruptes de très faible portée, dont l'enregistrement est presque impossible à plus de 4 ou 5 mètres de l'animal. Malgré l'utilisation de matériels perfectionnés, la distance de détection de ces espèces est limitée par la faible portée de leurs signaux.

Les émissions sonores des individus appartenant au genre *Rhinolophus* sont de faible intensité et sont indétectables à plus de 10 m de distance. Dans ce cas, seul le genre est déterminé.

Enfin, l'utilisation d'un matériel électronique peut induire des risques de problèmes techniques (pannes) temporaires.

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

Les difficultés qui peuvent être rencontrées pour le suivi des chiroptères sont principalement d'ordre technique.

En l'occurrence, plusieurs pannes ont empêché aux opérateurs d'avoir accès aux données à distance, ce qui a conduit à une intervention en nacelle en juin 2023 pour vérifier que le dispositif soit toujours fonctionnel. Après vérification, bien que la connexion à distance soit inaccessible, le dispositif d'enregistrement fonctionnait correctement et récoltait bien les sons de chiroptères. Cela n'a donc pas entraîné de perte de données. Un autre problème possible est l'enregistrement par les dispositifs BATmode S de sons qui ne proviennent pas de chiroptères. Ces sons « parasites » peuvent être dû à des bruits de l'environnement nocturnes et notamment des éoliennes. Peu de sons parasites ont été enregistrés au cours de cet inventaire.

Ces difficultés ne modifient pas les conclusions globales des analyses sur le comportement, la diversité et la quantité des chiroptères présents en vol à hauteur de nacelle sur le site de Bourbriac.

2.4.2.2 Suivi de la mortalité

La topographie du parc, présentant de nombreux boisements et des prairies pâturées, a empêché la prospection de la totalité du quadrat théorique de prospection.

De plus, par manque de visibilité et afin de limiter les dégâts aux cultures occasionnés par le passage de l'observateur, les parcelles cultivées n'ont pas été prospectées au-delà d'une hauteur de 30 cm pour le blé et la phacélie, et au-delà de 40 cm pour le maïs. Ainsi la surface prospectée s'est trouvée réduite aux seules plateformes et à des portions de voies d'accès lorsque la hauteur des couverts n'a plus permis de pénétrer sur les parcelles.

Par ailleurs, l'éolienne E2 n'a pu être prospectée lors de la sortie du 9 août, pour cause de travaux agricoles en cours sur les parcelles.

À chaque sortie, les surfaces n'ayant pu être prospectées sont recensées. Ces valeurs sont prises en compte dans les calculs d'estimation de la mortalité (correction surfacique).



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 (AEPE Gingko, 2017) de la ferme éolienne de Bourbriac, l'ensemble du cycle annuel des chauves-souris a été étudié.

Les protocoles utilisés ont permis d'établir une liste de **16 espèces**, avec des enjeux notamment pour la Pipistrelle commune, espèce la plus contactée sur le site. 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 comportemental 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 réalisée par AEPE Gingko en 2017 sont présentées ci-dessous :

LES ENJEUX DE CONSERVATION DES HABITATS

« Les vieilles haies et les vieux boisements situés au sein du périmètre d'étude immédiat sont favorables à l'accueil des espèces forestières comme la Barbastelle d'Europe (espèce régulièrement contactée sur le site). En effet, certains individus gîtent probablement de manière ponctuelle au sein de fissures de ligneux présents sur le site. Étant donnée la sensibilité des espèces gîtant, l'enjeu de conservation de ses habitats peut être qualifié de fort. Néanmoins, les jeunes ligneux et les arbustes ne sont pas favorables à l'accueil des chiroptères. Seuls les haies et boisements constitués pour partie de vieux ligneux présentent un enjeu fort.

La conservation des grands corridors de déplacements potentiels des chiroptères est à considérer avec un enjeu moyen. La Pipistrelle de Nathusius, la Noctule de Leisler (espèces migratrices) et de nombreuses espèces sédentaires peuvent potentiellement les emprunter, plus particulièrement en période de migration vers les gîtes de mise-bas ou de swarming. La conservation des corridors secondaires (réseaux de haies et de boisements moins connectés), constitue un enjeu faible pour le déplacement des espèces.

Les milieux ouverts favorables à la chasse des chauves-souris, assez répandus localement présentent un enjeu de conservation faible. » (AEPE Gingko, 2017).

LES ENJEUX DE VULNERABILITE A LA MORTALITE EOLIENNE

« Les deux espèces les plus sensibles à la mortalité éolienne contactées sur le site sont la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Nathusius. Une attention particulière devra donc être portée quant aux risques de collision pour ces deux espèces. Nonobstant, la Pipistrelle commune est l'espèce la plus abondante sur le site (plus de 60% des contacts), le risque de mortalité est d'autant plus important. Cette espèce est directement liée à l'effet lisière et utilise le plus souvent la trame verte pour réaliser ses déplacements.

Trois autres espèces ont un indice local de vulnérabilité à la mortalité éolienne qualifié de « moyen » : la Sérotine commune, le Grand Rhinolophe et la Noctule de Leisler. Parmi elles, la Noctule de

Leisler est la seule espèce de haut-vol contactée mais sa présence est sporadique sur le site et l'enjeu lié au risque de collision pour cette espèce n'est pas alarmant. Les autres taxons sont directement liés à la trame verte du site. L'effet lisière est donc là aussi particulièrement important pour ces chauves-souris et l'espace aérien situé au-dessus des haies, des boisements et de leurs lisières de 0 à 50m constitue un secteur où le risque de mortalité est élevé, voire très élevé.

À l'emplacement du corridor boisé traversant le site et de la vallée boisée située en marge au Nord (corridors principaux), le risque de collision est également élevé.

Sur les autres secteurs (espaces ouverts favorables à la chasse, lisières de 50 m et plus), le risque de collision est beaucoup plus limité car la circulation des espèces s'effectue de manière sporadique, il n'y a donc pas d'enjeu particulier sur ces secteurs. Le bocage étant encore relativement dense sur ce secteur, la présence de ces espaces est malheureusement très réduite au sein du périmètre d'étude immédiat.

Il est important de rappeler qu'aucun gîte n'est connu à proximité directe du périmètre d'étude immédiat. Leur éloignement suffisant ne leur permet pas d'influencer - du moins de manière marquante - l'activité des chiroptères sur le site. Les corridors principaux peuvent cependant en période de migration constituer des zones plus empruntées et par conséquent plus exposées au risque de mortalité.

Le risque de mortalité causé par des éoliennes au sein du périmètre reste cependant à relativiser. En effet, malgré la présence de milieux favorables localement, les écoutes passives indiquent que l'activité chiroptérologique enregistrée sur le site est peu élevée (en moyenne 18 contacts/heure par point) et les zones les plus fréquentées sont situées en dehors du site (vallon boisé au nord/est). De plus, les espèces les plus abondantes ne sont pas spécialement sensibles au risque de mortalité (Barbastelle d'Europe, murins, etc.), hormis la Pipistrelle commune, taxon le plus commun en France.

Ainsi, le risque le plus élevé concerne uniquement ces espaces de chasse et de circulation quotidienne directement liés à la trame verte et plus particulièrement la Pipistrelle commune, car les espèces pratiquant des déplacements de haut-vol beaucoup plus aléatoires - soumis à un risque de mortalité plus important - ne sont présentes que de manière très sporadique sur le site. Et ces dernières sont davantage susceptibles de circuler ou de chasser au sein du vallon boisé situé à l'extérieur du périmètre immédiat.

De fait, les enjeux liés au risque de mortalité des chiroptères face à l'éolien ne sont pas incompatibles avec un projet d'installation d'aérogénérateurs dès lors que des mesures adaptées sont prises en conséquence. » (AEPE Gingko, 2017).

SYNTHESE DES ENJEUX SUR LES MILIEUX NATURELS

	<i>Enjeu identifié à l'état initial</i>	<i>Espèces ou habitats patrimoniaux concernés</i>	<i>Niveau de l'enjeu</i>
Chiroptères	<i>Conservation des zones de gîtes arboricoles potentiels</i>	<i>Barbastelle d'Europe, Pipistrelle de Nathusius, Sérotine commune, Murins, Oreillards...</i>	Fort
	<i>Conservation des corridors principaux</i>	<i>Toutes espèces</i>	Moyen
	<i>Conservation des corridors secondaires</i>	<i>Toutes espèces</i>	Faible
	<i>Conservation des milieux ouverts favorables à la chasse</i>	<i>Toutes espèces</i>	Faible
	<i>Recul aux haies et boisement d'au moins 10 m</i>	<i>Toutes espèces</i>	Fort
	<i>Recul aux haies et boisement d'au moins 50 m</i>	<i>Toutes espèces</i>	Moyen
	<i>Recul aux haies et boisement d'au moins 100 m</i>	<i>Toutes espèces</i>	Faible
	<i>Enjeux de vulnérabilité à la mortalité éolienne</i>	<i>Pipistrelle de Nathusius, Pipistrelle commune</i>	Fort
		<i>Sérotine commune, Grand Rhinolophe, Noctule de Leisler</i>	Moyen
		<i>Pipistrelle de Kuhl, Barbastelle d'Europe, Grand Murin, Murin à Oreilles échancrées, Murin de Bechstein, Murin sp.</i>	Faible

Tableau 5 : Synthèse des enjeux sur les chiroptères de l'étude d'impact de AEPE Gingko (2017)

D'après l'étude d'impact de 2017, les impacts en phase d'exploitation du parc éolien de Bourbriac sur les chiroptères sont considérés comme négligeables. Le présent suivi ICPE doit permettre d'affiner ces résultats, une corrélation entre les écoutes en nacelle et le suivi de la mortalité au sol sera réalisée.

3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en 2023

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 des nacelles des éoliennes. Ces inventaires sont réalisés en continu durant les périodes les plus importantes du cycle biologique des chiroptères, dans le cadre de ce projet du 28 mars au 31 octobre 2023.

Le dispositif est donc resté installé durant 217 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 Richesse 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	
<i>Eptesicus</i>	Sérotine commune	0	17	132	149
<i>Nyctalus</i>	Noctule de Leisler	0	0	40	40
<i>Pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	12	625	3 126	3 763
	Pipistrelle de Kuhl	0	8	165	173
	Pipistrelle de Nathusius	0	35	102	137
<i>Myotis</i>	Murin d'Alcathoé	0	0	1	1
	Murin à moustaches	0	0	2	2
Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce					
Chiroptères sp.		0	6	5	11
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius		1	20	170	191
Total	7 espèces	13	712	3 742	4 467

Tableau 6 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne

La richesse 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, Sérotine

commune et pipistrelles) qui totalisent presque toute l'activité, les espèces plus forestières comme la Barbastelle d'Europe n'étant pas ou peu présentes.

La grande majorité de l'activité est attribuable à la Pipistrelle commune. La Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune sont aussi observées régulièrement, tandis que les contact de Noctule de Leisler sont plutôt rare.

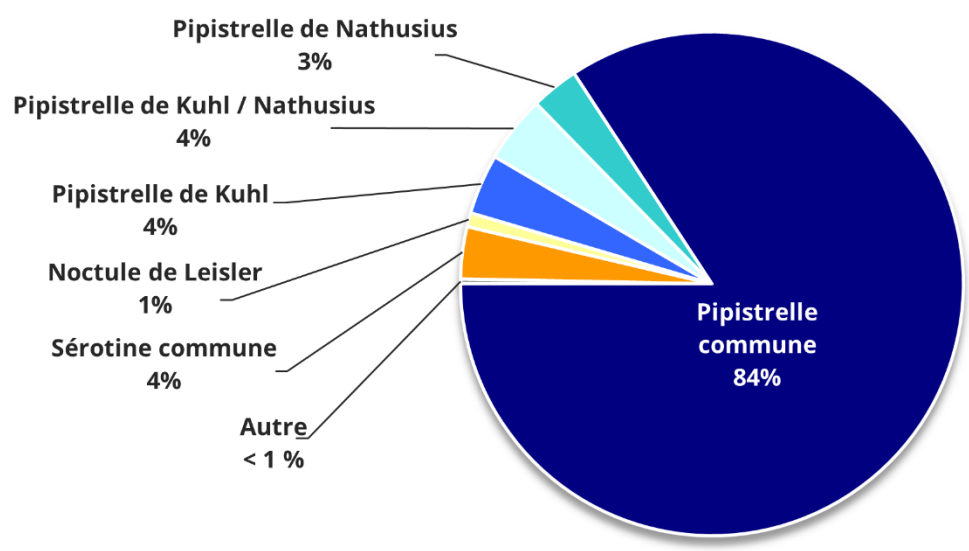


Figure 13 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude (n=4 467)

3.2.1.1.2 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 présentant un contact chiroptérologique.

	Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	Cycle complet
Nombre de contacts	13	712	3 742	4 467
Nombre de nuits d'enregistrements	65	76	76	217
Moyenne du nombre de contacts par nuit	0	9	49	21
Niveau d'activité (contact/nuit)	Très faible	Modéré	Fort	Modéré

Tableau 7 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques

On constate que la période de transits automnaux et swarming est la phase avec le plus d’activité, loin devant les autres. Elle concentre 84 % des contacts totaux, soit 49 contacts par nuit en moyenne. La période de mise-bas et d’élevage des jeunes arrive ensuite avec 9 contacts par nuit. Enfin, la phase des transits printaniers et gestation a enregistré très peu d’activité avec seulement 13 contacts enregistrés sur l’ensemble de la période.

3.2.1.1.3 Résultats obtenus en fonction du mois d’inventaire

La comparaison d’activité mensuelle illustre que la phase de transit automnaux est celle avec le plus d’activité. En septembre, l’activité enregistrée est considérée comme très forte, avec une moyenne de 85 contacts par nuit. En octobre, celle-ci bien que moindre reste considérée comme forte tandis qu’elle est modérée sur la période estivale, de juin à août et elle très faible au printemps d’avril à mai.

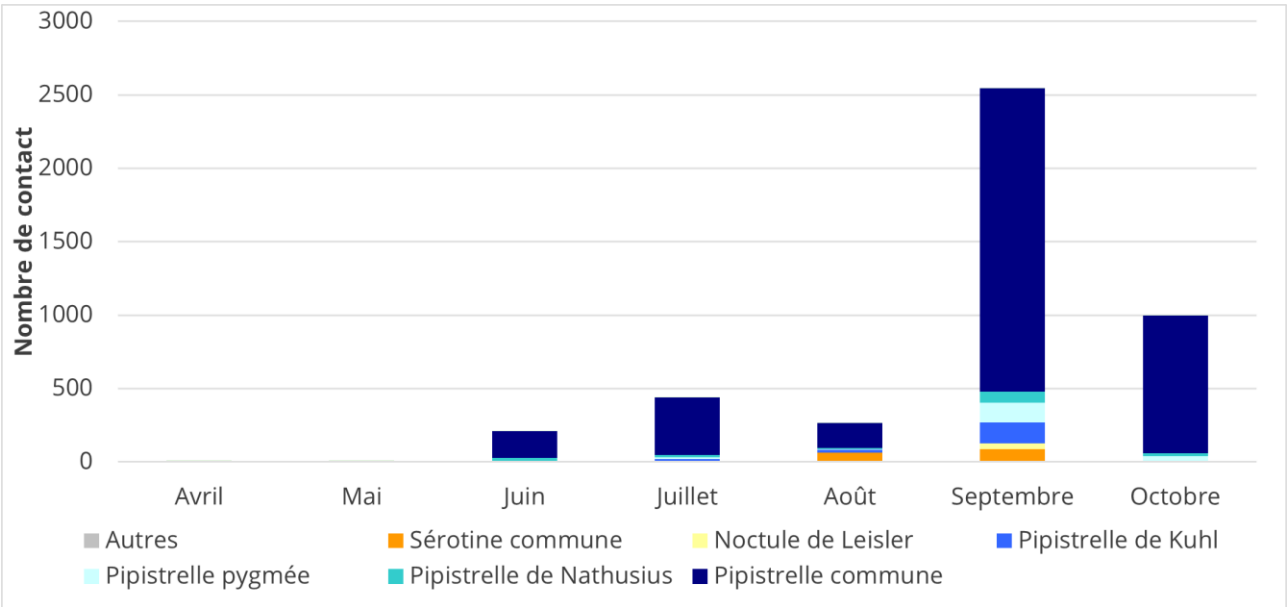


Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d’enregistrement (n=4 467)

	Avril	Mai	juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.
Nombre de contacts	7	6	209	440	264	2 546	995
Nombre de nuits d'enregistrements	30	31	30	31	31	30	31
Moyenne du nombre de contacts par nuit	1<	1<	7	14	9	85	32

Tableau 8 : Répartition du nombre de contacts en fonction des mois d’inventaires

3.2.1.1.4 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 1 022 contacts. **Cette variabilité journalière reste particulièrement complexe à anticiper, dépendant de multiples facteurs à l'exemple des conditions météorologiques ou de la présence de ressource alimentaire, etc.** Il est dans l'état des connaissances actuelles très difficile de comprendre ces variations mais une hypothèse de migration peut être formulée sur ce site. En effet, des pics d'activités très forts et concentrés sur certaines nuits peuvent survenir brusquement,

Durant la majorité des nuits, aucun contact n'a été enregistré, cette observation est particulièrement vraie au printemps. Certains pics sont ponctuellement observés fin juin et début juillet, avec 222 contacts le 8 juillet. L'essentiel de l'activité enregistrée sur le site est lié au fort pic d'activité début septembre du 5 au 11 septembre, ainsi qu'à celui du 4 au 9 octobre. Ces regaines d'activité durant la période automnales peuvent être causées par des phénomènes migratoires.

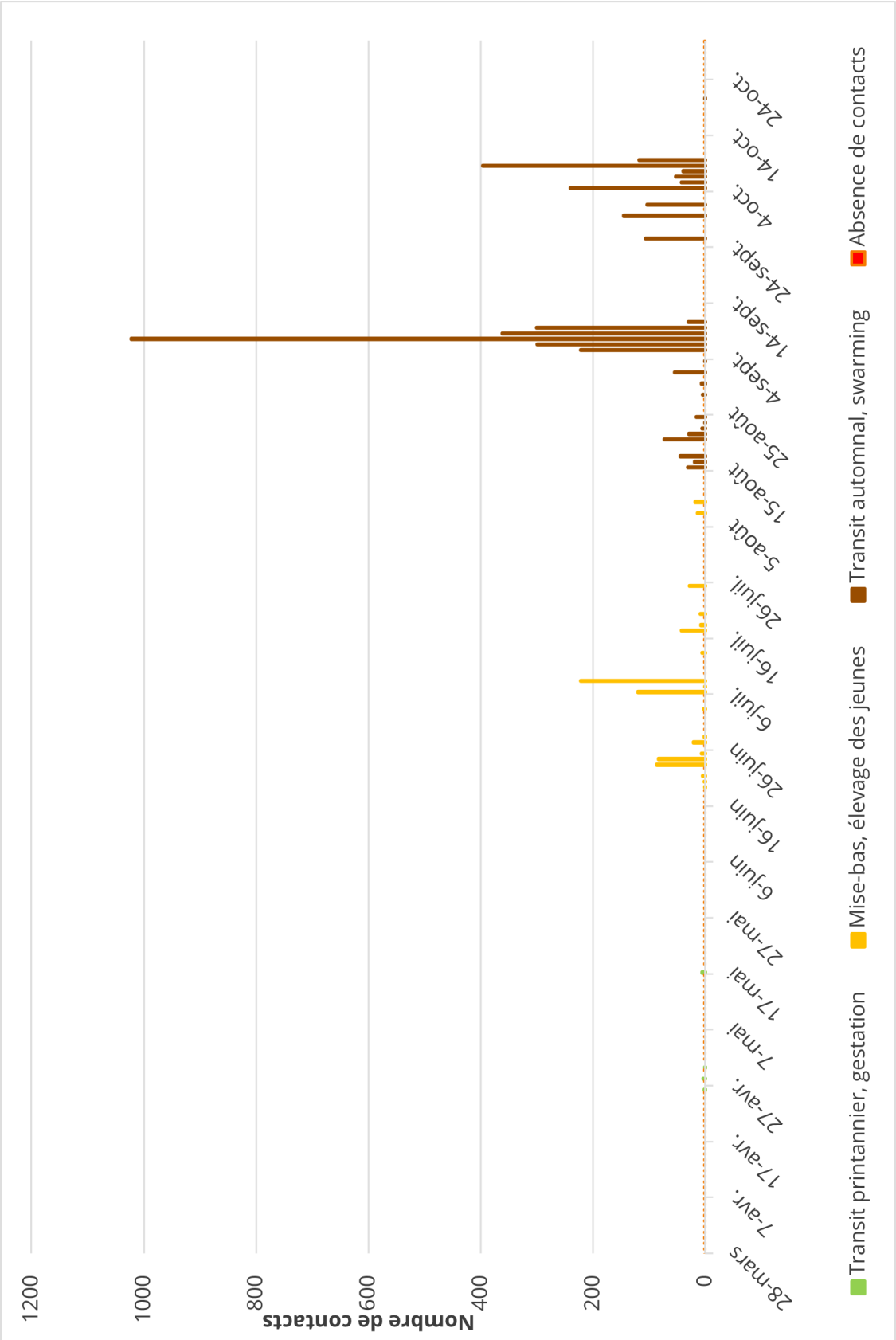


Figure 15 : Répartition du nombre de contacts par jours durant l'ensemble de la période d'inventaire

3.2.1.2 Activité chiroptérologique en fonction des facteurs astronomiques et météorologiques

3.2.1.2.1 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.

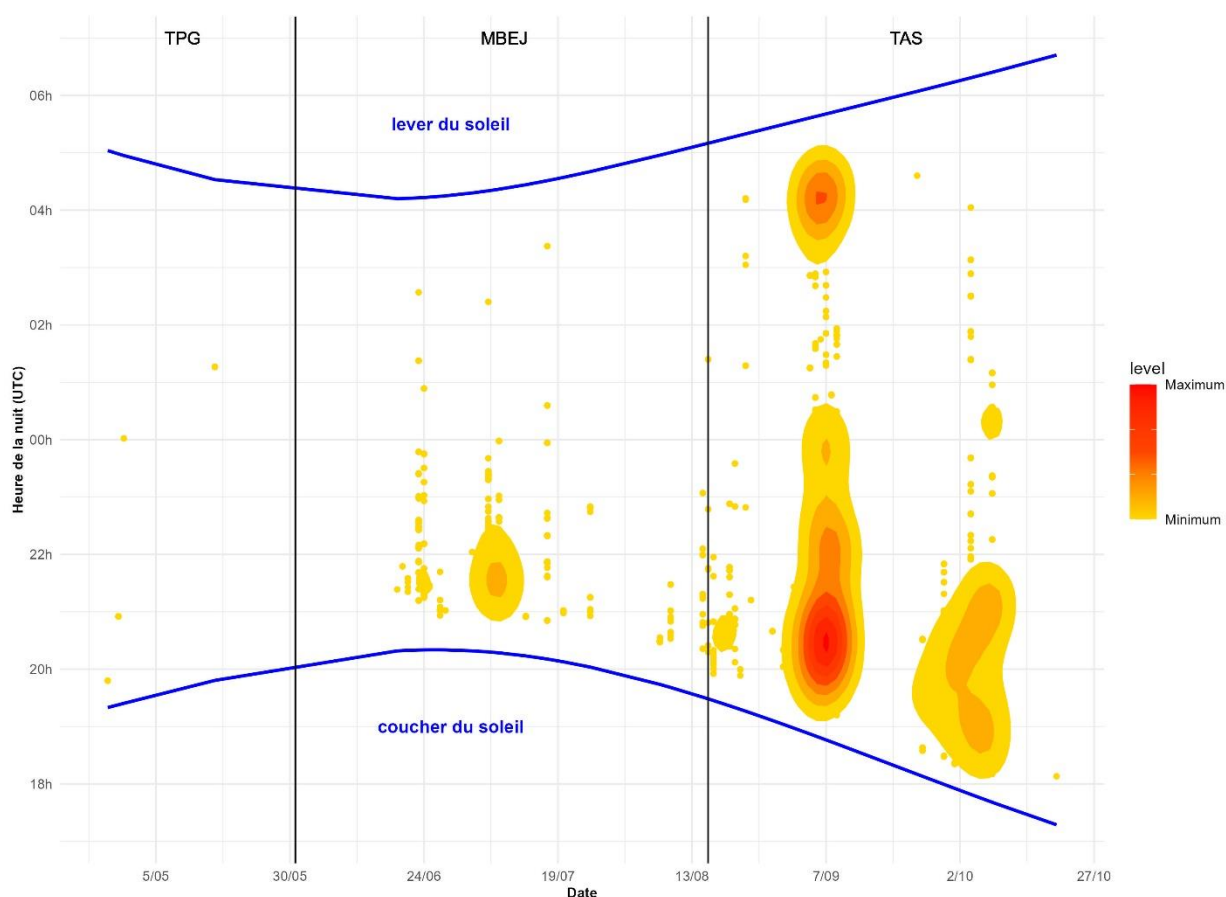


Figure 16 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

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. Selon les espèces et les contextes, il peut néanmoins y avoir plusieurs pics d'activité durant la nuit, avec régulièrement un pic après et un pic avant le lever du soleil. 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).

Dans le cadre de cette étude, durant la période de juin à octobre l'activité est surtout observée en début de nuit avec un pic après le coucher du soleil. Durant la période de forte activité en septembre cependant, l'activité est dite bimodale et on observe clairement deux pics d'activités, un après le coucher du soleil qui s'étend jusqu'en milieu de nuit et un second avant le lever du soleil. En octobre le pic de début de nuit est plus étendu que pendant l'été puisqu'il s'étend pendant les quatre heures suivant le coucher du soleil.

3.2.1.2.2 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 & Barclay 2011, etc.), 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 & 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 & 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.

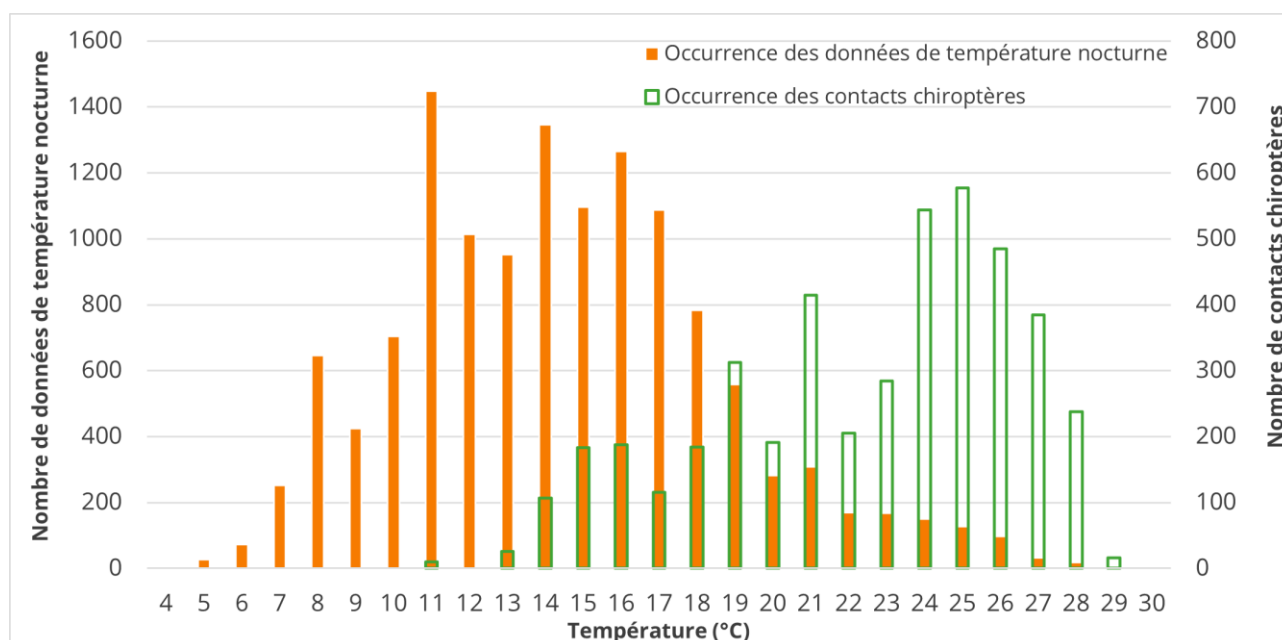


Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la température (double échelle)

Les inventaires réalisés sur le site montrent ainsi que les chiroptères sont actifs entre 11 et 28 °C, avec **une activité qui devient notable à partir de 14 °C**. Ce résultat est en décalage avec les données de température qui s'étendent de 5 à 29 °C avec une concentration des données entre 8 et 19 °C.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

Le graphique ci-dessous illustre la même tendance qu'observé plus tôt, c'est-à-dire que l'activité des chiroptère démarre vraiment à partir de 14°C sur la période analysé. Selon les mois, les plages de température auxquelles des chiroptères sont observés ne sont pas les même, ainsi l'activité démarre à des températures plus élevées en septembre (15°C) ou en juillet (16°C) tandis qu'elle est plutôt de 13 °C en octobre. Les températures auxquelles l'activité est observée ne sont pas absolues et peuvent varier d'une année sur l'autre selon différent facteurs comme les conditions climatiques ou la disponibilité des proies.

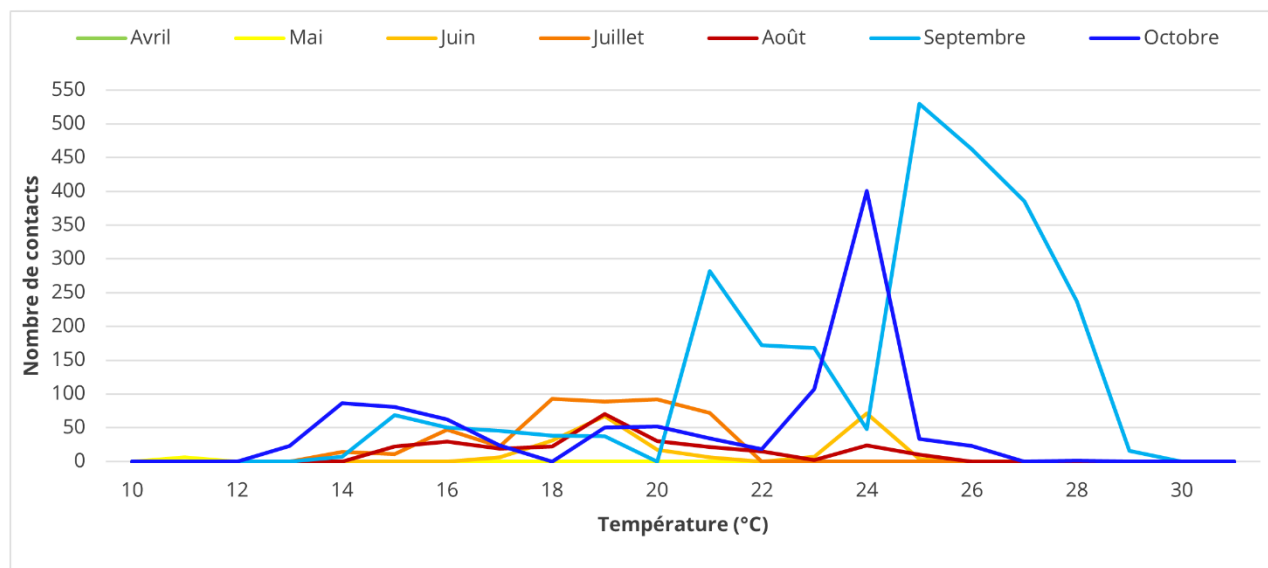


Figure 18 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température

3.2.1.2.3 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.

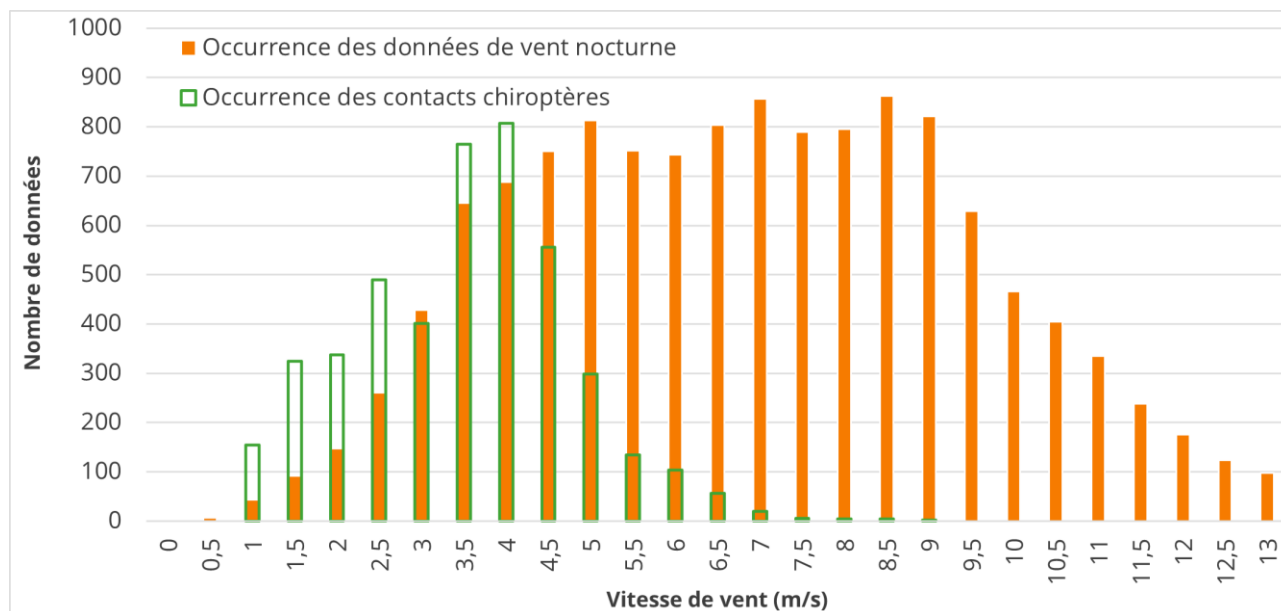


Figure 19 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

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 s'étend entre des valeurs de vent comprises entre 1 et 9 m/s à hauteur de nacelle avec une importance accrue entre 1 et 6,5 m/s. Au-delà de ce seuil, l'activité est 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 diminue fortement à partir de 5 m/s et devient négligeable au-dessus de 6,5 m/s. Durant la plupart des mois, l'activité est quasi nulle à 6 m/s, c'est principalement durant le mois de septembre que de nombreux contacts ont été observés à cette vitesse et au-delà.

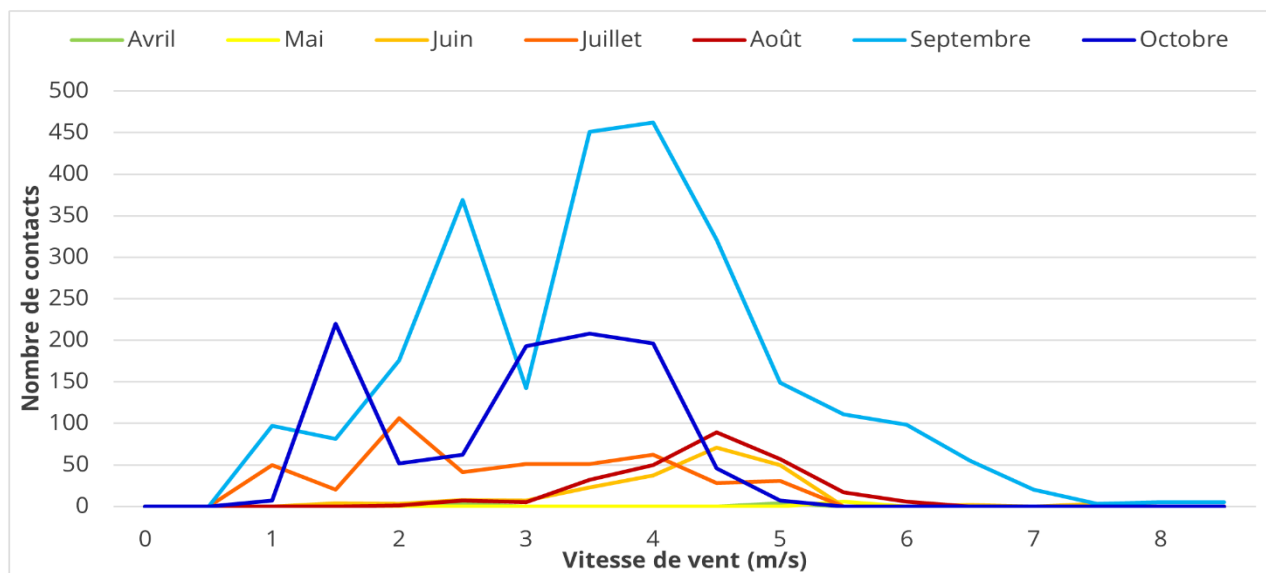


Figure 20 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent

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 richesse spécifique est de sept espèces confirmées, avec la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, la Sérotine commune et anecdotiquement le Murin à moustaches et le Murin d'Alcathoé ;*
- on retrouve au sein des espèces inventoriées, essentiellement des espèces pouvant évoluer en hauteur, en cohérence avec les connaissances bibliographiques. À noter la forte proportion de Pipistrelle commune ;*
- l'activité chiroptérologique est plus importante en septembre et octobre et modérée en juin et juillet. La période automnale correspond à une phase de transits entre les gîtes estivaux et les gîtes hivernaux. Ainsi, des phénomènes migratoires sont plausibles ;*
- l'activité chiroptérologique en hauteur est plutôt concentré en début de nuit hormis sur le mois de septembre. Durant cette période, deux pics d'activité sont observés, un premier après le coucher du soleil s'étendant jusqu'en milieu de nuit et un second avant son lever ;*
- l'activité chiroptérologique en hauteur est marquée surtout à partir de 14 °C ;*
- l'activité chiroptérologique en hauteur est principalement concentrée entre des vitesses de vent de 1 et 6,5 m/s. L'activité présente après ce seuil est plus sporadique, on note cependant des passages de Pipistrelle commune jusqu'à 9 m/s ;*
- l'enjeu principal sur le site concerne la périodes de transits entre les gîtes estivaux et hivernaux en automne, traduisant potentiellement un phénomène migratoire. Le nombre important de contact de Pipistrelle de Nathusius présente aussi un enjeux puisque cette espèce migratrice est menacée et très sensible à l'éolien.*

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

3.3.1 Richesse 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 (2012 ¹)	Suivi ICPE (2017)	Suivi ICPE (2018)
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastellus barbastellus</i>	X		
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	X		
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	X		
Murin d'Alcathoé	<i>Myotis Alcathoe</i>			X
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	X		
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	X		
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	X		
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	X		
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	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 hipposideros</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 commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X	X	X
Total des espèces	17	16	5	7

Tableau 9 : Résultats de la richesse spécifique en fonction des études menées sur le site

L'étude d'impact de 2012, incluant les résultats des inventaires chiroptérologiques, a permis de recenser 16 espèces certaines au sol, en combinant des écoutes actives et passive. Les écoutes en nacelle lors des suivi ICPE de 2022 et 2023 ont confirmées la présence de cinq de ces espèces et ont même permis de détecter une espèce absente des inventaires jusqu'ici (Murin d'Alcathoé, un contact).

Les protocoles d'écoutes sont différents entre l'étude d'impact et les suivis en nacelles, ils sont donc complémentaires mais non comparables. Les espèces dîtes de haut-vols (les pipistrelles, sérotines et noctules) sont bien plus représentés en hauteur, tandis que les espèces forestières (murins, barbastelles) y sont absents (seulement 3 contacts de murins en deux années de suivis) et ces dernières espèces sont donc moins sensibles aux collisions.

¹ Biotope, 2010

3.3.2 Cumul des deux années de suivi ICPE

Durant la première année de suivi (2022) 1 475 contacts ont été enregistré, soit, environ trois fois moins que pendant la seconde année (4 467). Les espèces contactées sont les même et dans des proportions similaire dans les deux cas, le cumul des deux année de suivi ICPE donne donc des résultats proche de ceux énoncés ci-dessus.

Répartition par cortège

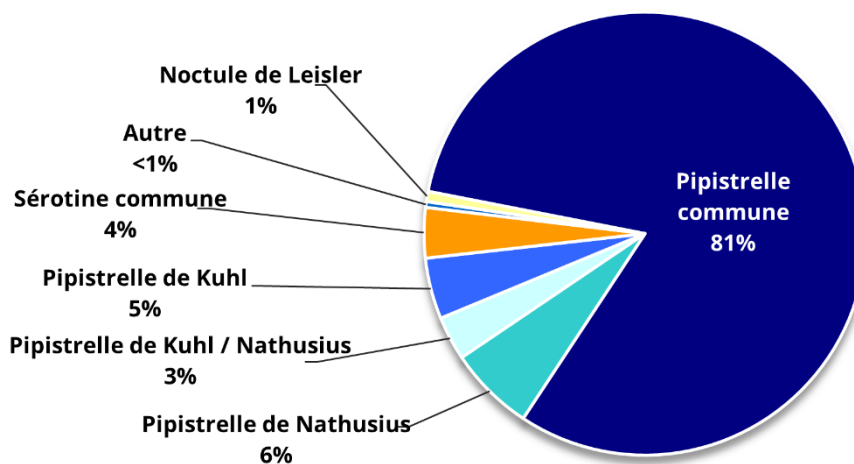


Figure 21 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur les deux années d'études (n= 5942)

Sur deux années de suivi le cortège qui domine est le genre *Pipistrellus*, particulièrement de la *Pipistrelle commune*.

Activité par nuit

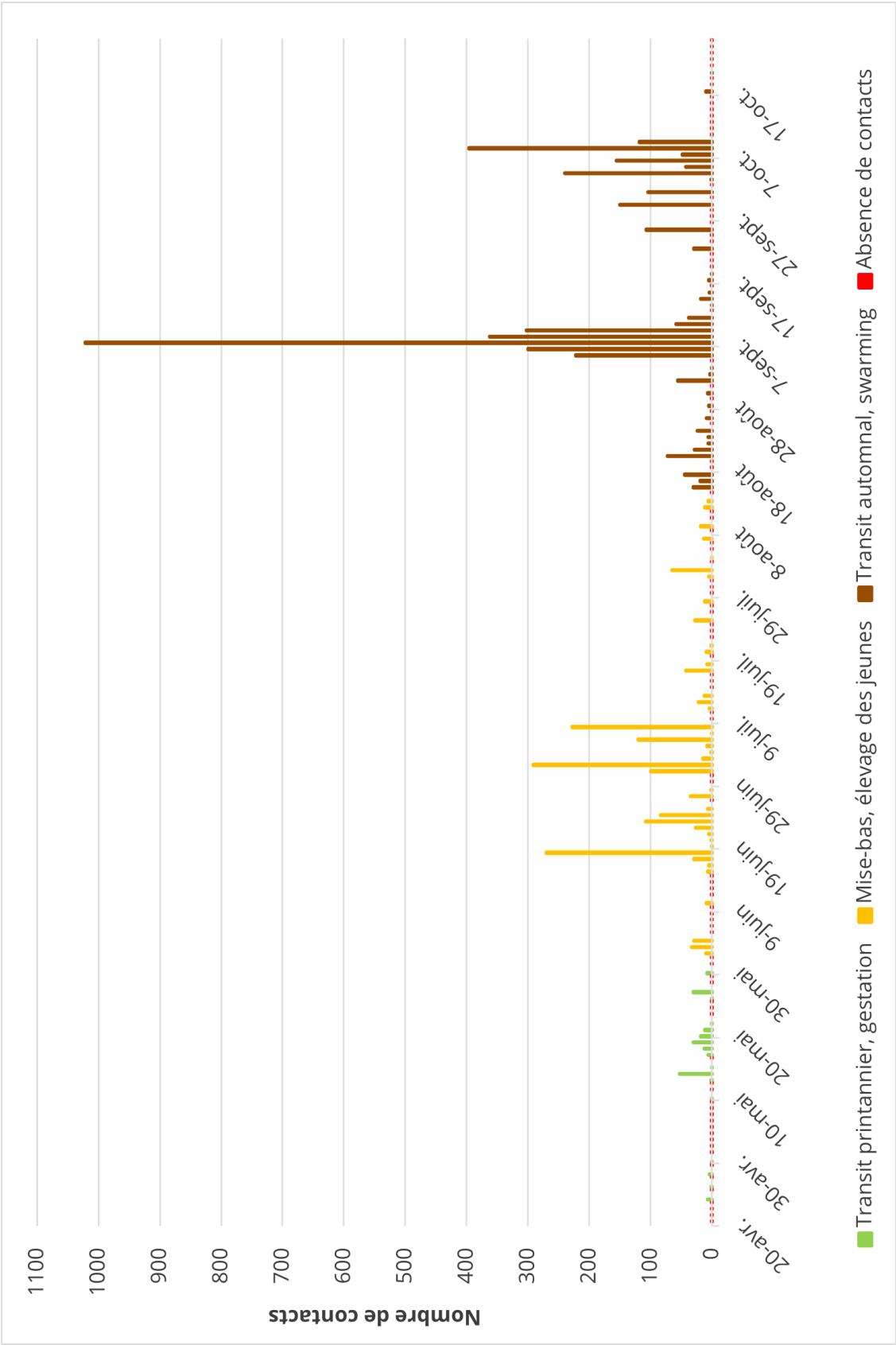


Figure 22 : Répartition du nombre de contacts par jours sur les deux périodes d'études

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 juin, juillet, septembre et octobre.

Activité par mois

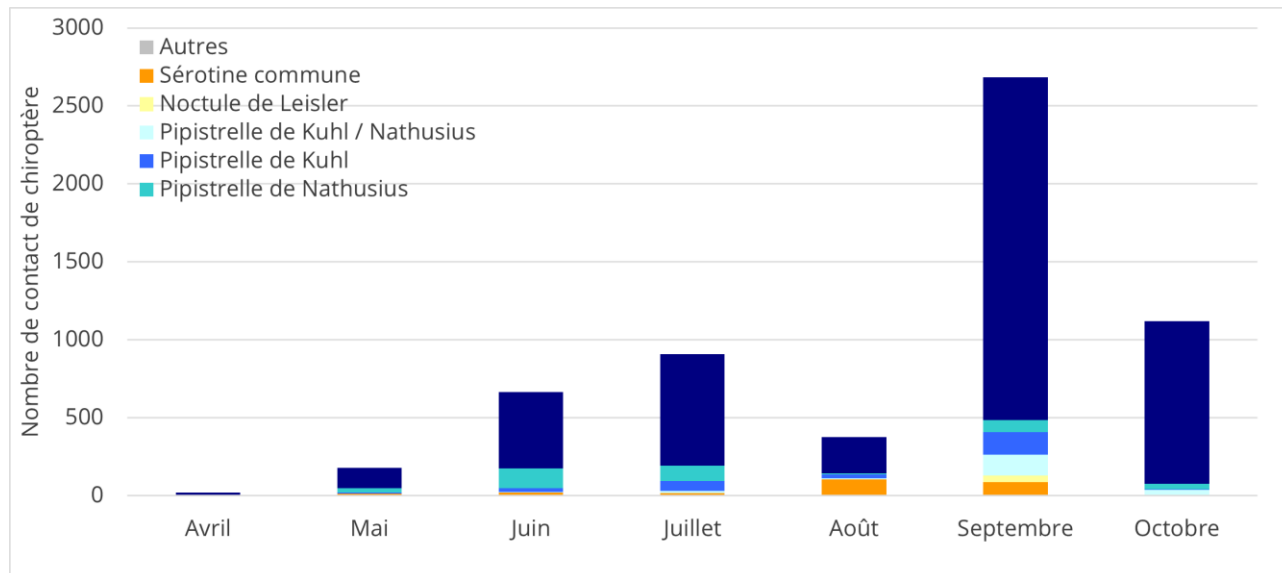


Figure 23 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement sur les deux périodes d'études

Les mois qui concentrent le plus d'activité et d'enjeu sont ceux de septembre, d'octobre, de juin et de juillet sur les deux années de suivi.

Activité circadienne

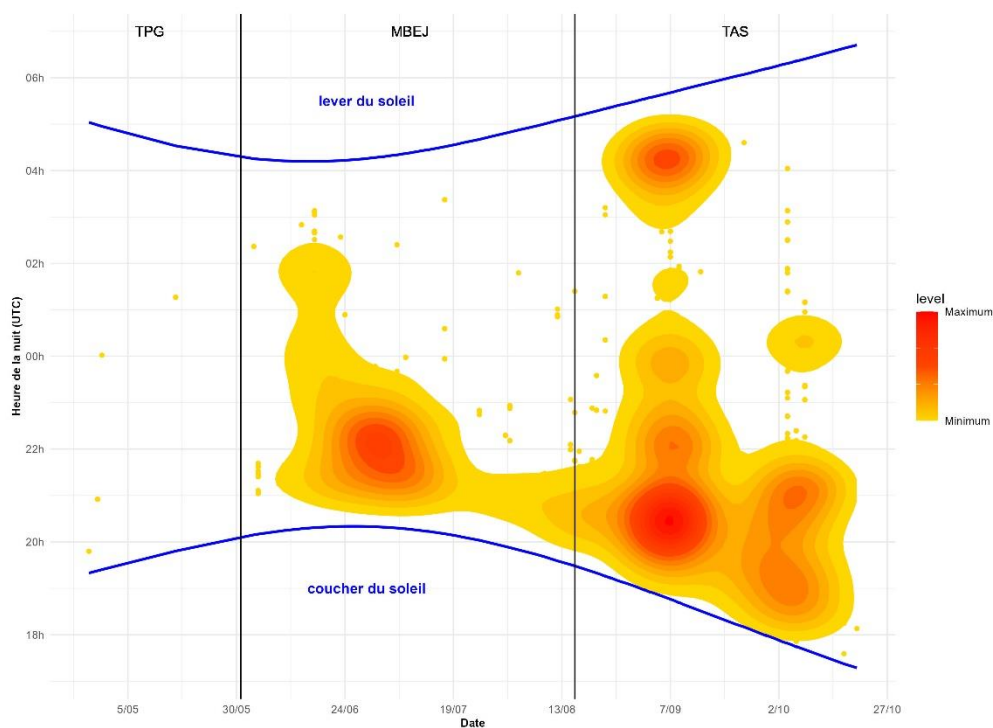


Figure 24 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

L'activité sur le site est surtout concentrée en début de nuit en juin, juillet et octobre. En septembre, l'activité des chiroptères est plus étalée sur l'ensemble de la nuit avec un second pic observé avant le lever du soleil.

Activité en fonction de la température

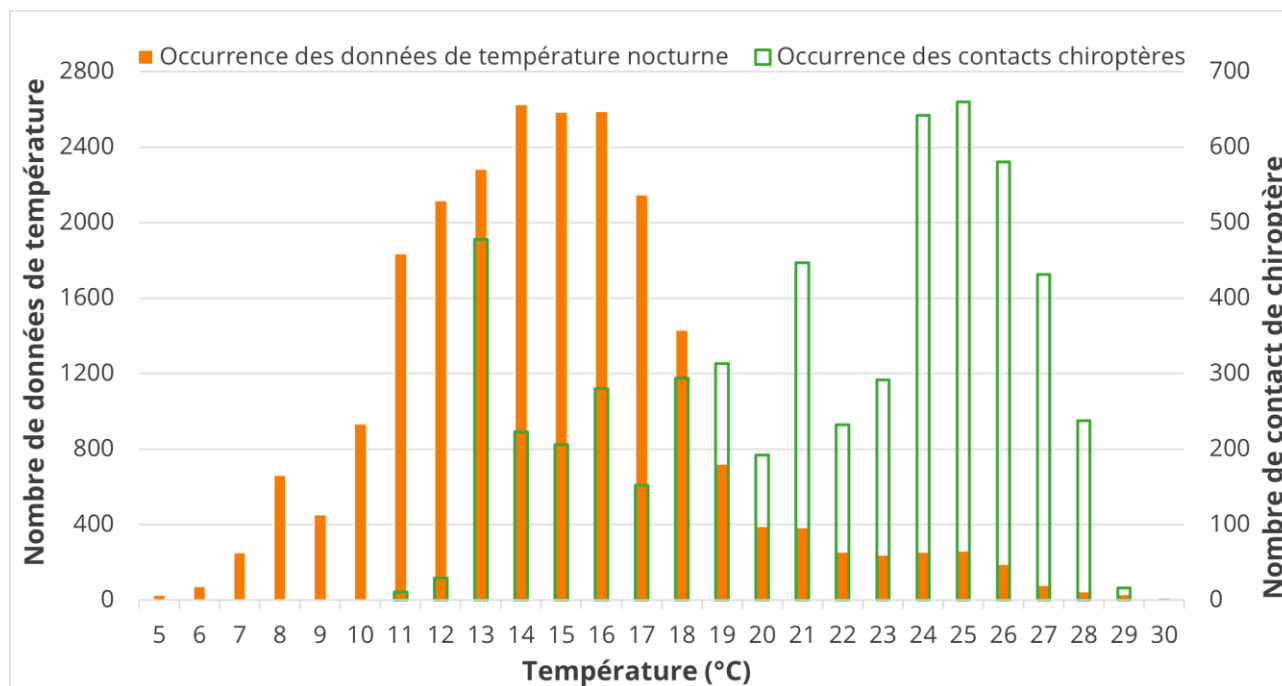


Figure 25 : Activité des chiroptères en fonction de la température

Sur les deux années de suivi les seuils à retenir sont un démarrage possible de l'activité des chiroptères dès 11 °C pour les saisons froides, et une activité qui devient importante à partir de 13 °C pour le reste de la période.

Activité en fonction du vent

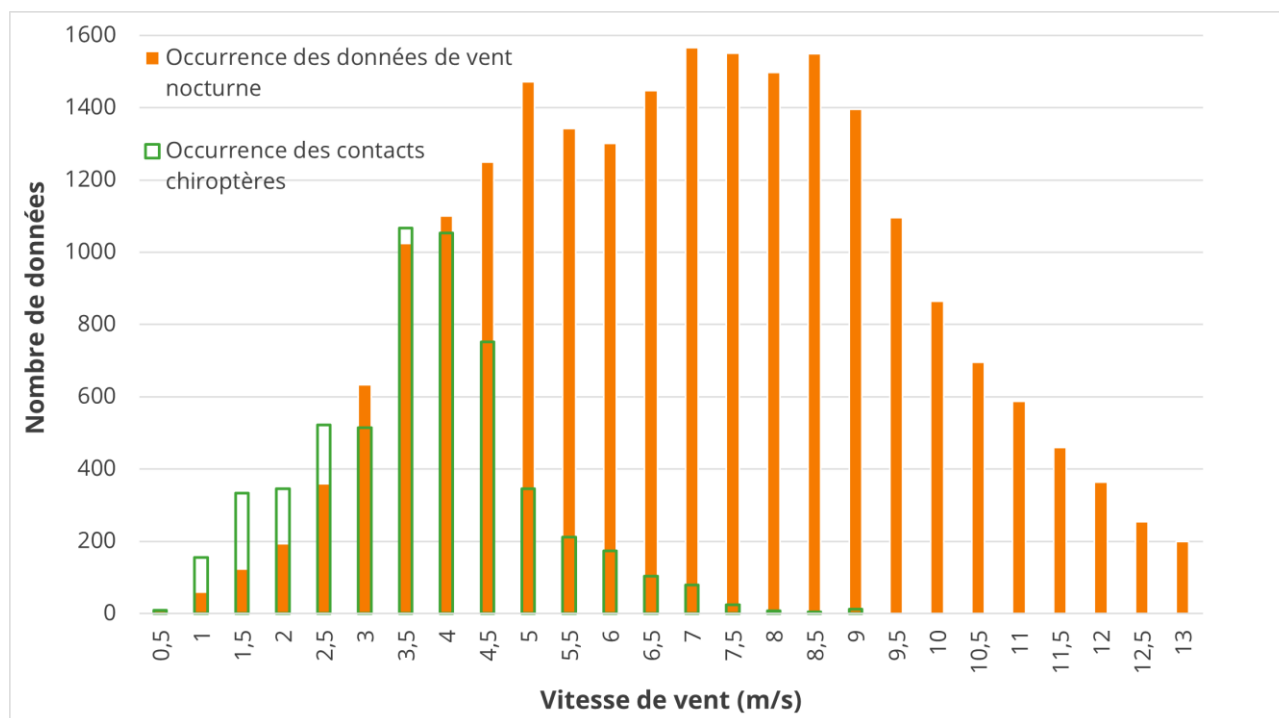


Figure 26 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

L'essentiel de l'activité des chiroptères sur les deux années de suivi s'étale de 0,5 m/s jusqu'à 6 m/s (95 % des contacts). Des contacts ont été observés jusqu'à 9 m/s.

3.4 Principaux éléments à retenir du suivi ICPE


Le cortège d'espèce recensé sur le site est important avec 17 espèces de chiroptère recensé entre l'étude d'impact et les suivies ICPE. Ces derniers concernent uniquement l'étude des chauves-souris en hauteur et ont permis de recenser cinq espèces fréquemment rencontrées dont deux migratrices (Pipistrelle de Nathusius et Noctule de Leisler), très sensible à l'éolien.

L'année 2023 vient confirmer la répartition par cortège et la fréquentation du site : forte présence de Pipistrelle commune, groupe d'espèces essentiellement de haut-vol (sensibles à l'éolien), et activité globale non négligeable (4 467 contacts).

L'activité est plus forte en automne, particulièrement au mois septembre, elle est non négligeable en été (de mi-juin à mi-juillet). Ces périodes d'activité peuvent mettre en avant un phénomène de migration automnale (septembre et octobre) et un phénomène d'élevage de jeune en été.

Si l'on se concentre sur le cumul des deux années de suivi en nacelle on note une augmentation de l'activité avec 1 475 contacts en 2022 et 4 467 en 2023. Il faut cependant relativiser : d'une année sur l'autre en fonction des conditions météorologiques et d'un panel d'autres facteurs non mesurables (proies, migrations, naissances...) le comportement des chiroptères peut être très différent.

En conclusion : le site de Bourbriac (22) présente une activité chiroptérologique notable, qui est plutôt concentrée en automne. Le plan de bridage préventif adopté en 2022 en concertation avec l'exploitant reste nécessaire. Au vue de la mortalité sur les Pipistrelles communes (6 cadavres), il sera adapté avec les résultats 2023.



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.

La durée moyenne de l'intervalle est : $I = 7$ 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	Corentin GOISLOT	06/06/2023	18	13
T2	Corentin GOISLOT	12/09/2023	14	13
Total			32	26

Tableau 10 : Résultats des tests d'efficacité

Le coefficient d'efficacité du chercheur est : $d = 0,81$

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+15
T1	06/06/2023	18	17	9	3	2	2
T2	12/09/2023	14	14	5	0	0	0
Total		32	31	14	3	2	2

Tableau 11 : Résultats des tests de persistance

La durée moyenne de persistance des cadavres est : $t = 4,05$

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.

	Surface prospectée / éolienne (m ²)			
	1	2	3	Total
Moyenne sur l'ensemble du suivi	6 024	4 926	3 560	14 510
Proportion (%)	41,83	34,21	24,72	3 359

Tableau 12 : Synthèse des surfaces prospectées

La proportion moyenne de surface prospectée sur l'ensemble du suivi est de 0,34 (soit 34 %).
Le coefficient de correction surfacique moyen sur l'ensemble du parc et des prospections est de :
 $A = 2,98$.

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 13 : 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 des espèces au risque de collision

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.

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 Annexes), 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, 2023).

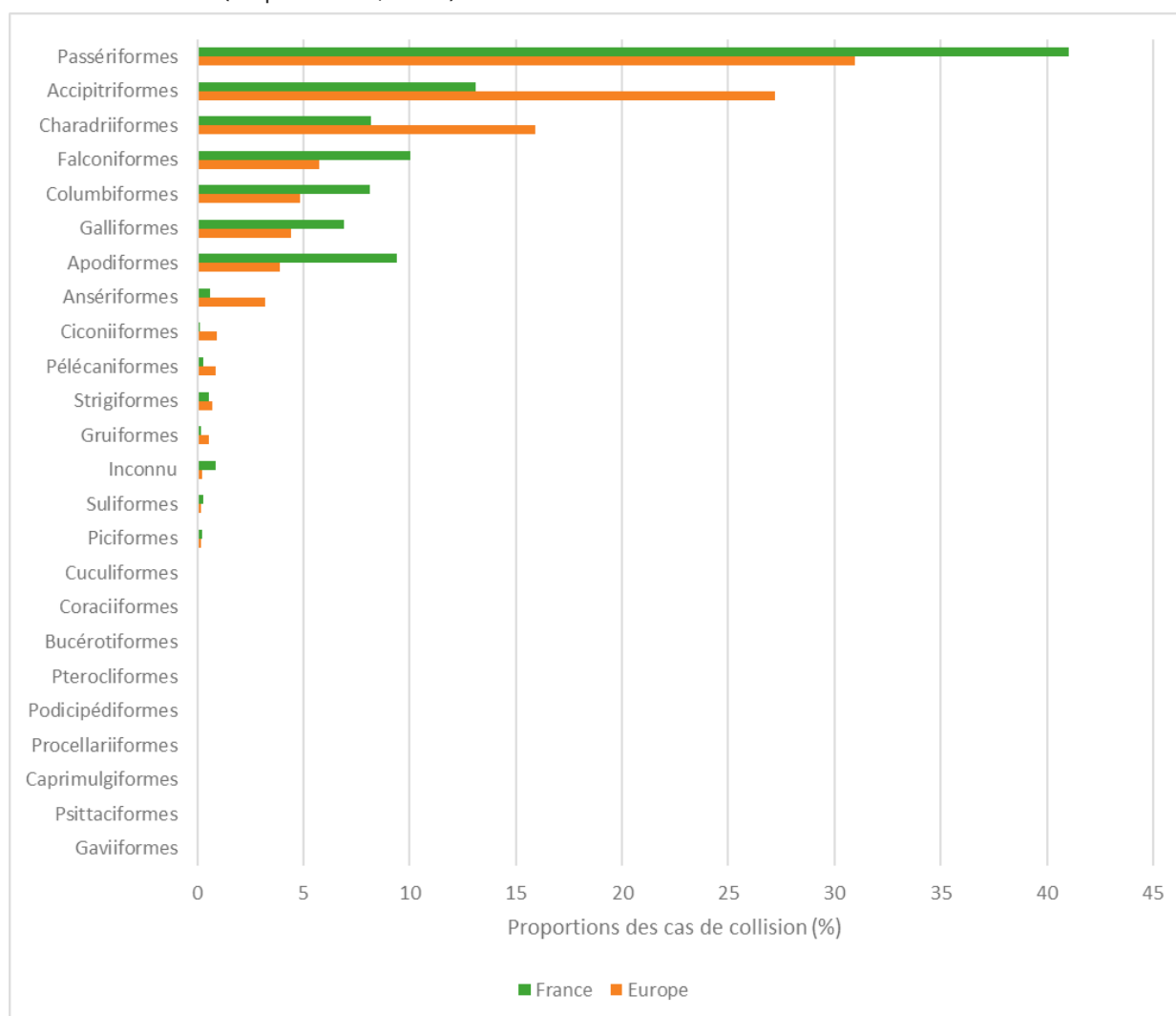


Figure 27 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2023)

4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'état initial, réalisé en 2015-2016 par le bureau d'étude AEPE-Gingko, a révélé la présence de sept espèces patrimoniales (tableau suivant) dont quatre espèces nicheuses particulièrement sensibles localement et possédant un statut de conservation important :

- le Bruant jaune ;
- l'Engoulevent d'Europe ;
- le Pouillot fitis ;
- le Roitelet à triple bandeau.

Espèce patrimoniale concernée	Période concernée	Indice de patrimonialité				Sensibilité à l'éolien	Vulnérabilité à la mortalité éolienne
		Protection nationale	Directive Oiseaux	Listes rouges*	Note	Note	
		Non protégée=0 ; Protégée=1	Annexe I=1	LC,DD,NA,NE=0 ; NT=1 ; VU=2 ; EN/CR=3			
Epervier d'Europe	Hivernage	Oui	Annexe I	NA	2	2	Très faible
Alouette lulu	Hivernage	Oui	Annexe I	NA	2	1	Très faible
Busard St-Martin	Migration	Oui	Annexe I	NA	2	2	Très faible
Bruant jaune	Nidification	Oui	/	VU/NT	2,5	0	Très faible
Engoulevent d'Europe	Nidification	Oui	Annexe I	LC	2	0	Très faible
Pouillot fitis	Nidification	Oui	/	NT/EN	3	0	Très faible
Roitelet à triple bandeau	Nidification	Oui	/	LC	1	0	Très faible
*Listes rouges : moyenne entre la Liste rouge nationale et la Liste rouge régionale ou document équivalent. S'il n'y a pas de Liste rouge régionale, seule la Liste rouge nationale est considérée.							

Tableau 14 : Espèces patrimoniales, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2015-2016 (AEPE-Gingko)

Les inventaires ont également révélé la présence de sept espèces non patrimoniales mais sensibles au risque de collision dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (tableau suivante).

Nom latin	Nom français	Sensibilité à l'éolien
<i>Buteo buteo</i>	Buse variable	2
<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle	3
<i>Larus argentatus</i>	Goéland argenté	3
<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine	1
<i>Apus apus</i>	Martinet noir	1
<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	1
<i>Pluvialis apricaria</i>	Pluvier doré	1

Tableau 15 : Espèces non patrimoniales sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2015-2016 (AEPE-Gingko)

4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2023

4.2.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Bourbriac Nord, quatre cadavres d'oiseaux appartenant à quatre espèces ont été retrouvés (tableau suivant) lors du protocole du suivi de la mortalité. La mortalité brute est de 1,33 individu par éolienne durant la période de suivi s'étalant de mi-avril à fin octobre, soit 28 prospections, à raison d'une prospection par semaine.

Les espèces retrouvées sont la Grive draine, l'Épervier d'Europe et le Faisan de Colchide, à raison d'un individu pour chaque espèce. Par ailleurs, une plumée de passereau a été recensée. Celle-ci n'a pas pu être identifiée jusqu'à l'espèce mais sera comptabilisée dans l'analyse des données comparative et prise en compte pour les conclusions.

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

Date	Espèce	Éolienne	Statut biologique	Sexe	Âge	Source
17/05/2023	Passereau indéterminé	E2	Indéterminé	Inconnu	Inconnu	Protocole
24/05/2023	Grive draine	E3	Reproducteur	Inconnu	Inconnu	
29/06/2023	Épervier d'Europe	E2	Reproducteur	Mâle	Immature	
04/10/2023	Faisan de Colchide	E1	Reproducteur	Mâle	Adulte	

Tableau 16 : Oiseaux découverts lors du suivi mortalité

Avec quatre cadavres d'oiseaux recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Bourbriac Nord est de 1,33 individu par éolienne sur la période de suivi s'étalant de mi-avril à fin 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 CEFE Montpellier, <https://shiny.cefe.cnrs.fr/eolapp>). L'intervalle de confiance à 95 % est également mentionné.

Méthodes	Mortalité estimée (mortalité globale)	Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
Erickson	26,72	15,82 – 45,96
Huso	31,76	19,08 – 53,70
Jones	36,56	21,72 – 62,67
Lorsque la borne inférieure de l'intervalle de confiance est inférieure à la mortalité brute, cette dernière est remplacée par la valeur de mortalité brute.		

Tableau 17 : 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 27 à 37 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 16 et 63 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

La précision des estimations est jugée faible (intervalles de confiance). Cependant, au moins 16 cadavres sont estimés sur la période de suivi, quel que soit l'estimateur.

Les paramètres correcteurs peuvent avoir un impact fort sur les estimations et les intervalles de confiances. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives, comme la persistance des cadavres, qui reflète une forte prédation sur le parc ($t = 4,05$ jours). En outre, la correction surfacique est assez élevée ($A = 2,98$), étant donné le grand nombre de zones n'ayant pu être prospectées, dû notamment à la présence de haies et bosquets, de cultures, de prairies pâturées, de travaux agricoles ou de maintenance. Ceci indique pourquoi la précision des estimations est si peu élevée.

Dans les paragraphes suivant (résultats saisonniers et spatialisés), compte tenu du faible nombre de données et/ou de l'absence d'hypothèse biologique expliquant les variations constatées et/ou de la non-homogénéité du suivi (nombre de sortie, périodes couvertes, etc.), le calcul d'une mortalité estimée est susceptible de ne pas être pertinent ou réalisable. Le cas échéant, seule la mortalité brute est analysée.

4.2.3.3 Analyse par groupes taxonomiques

Les quatre cadavres d'oiseaux trouvés appartiennent à l'ordre des Passériformes (deux individus), et des Accipitriformes (un individu) et des Galliformes (un individu). Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique. Les Passériformes et les Accipitriformes font effectivement partie des groupes les plus impactés en France et en Europe (cf. 4.2.1.2 Bilans national et européen de la mortalité de l'avifaune). Les Galliformes sont cependant plus rarement découverts.

Sur le parc de Bourbriac Nord, en 2023, les cadavres retrouvés appartiennent majoritairement au groupe des Passériformes, suivi par les Accipitriformes et les Galliformes.

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 mai, juin et octobre (figure suivante).

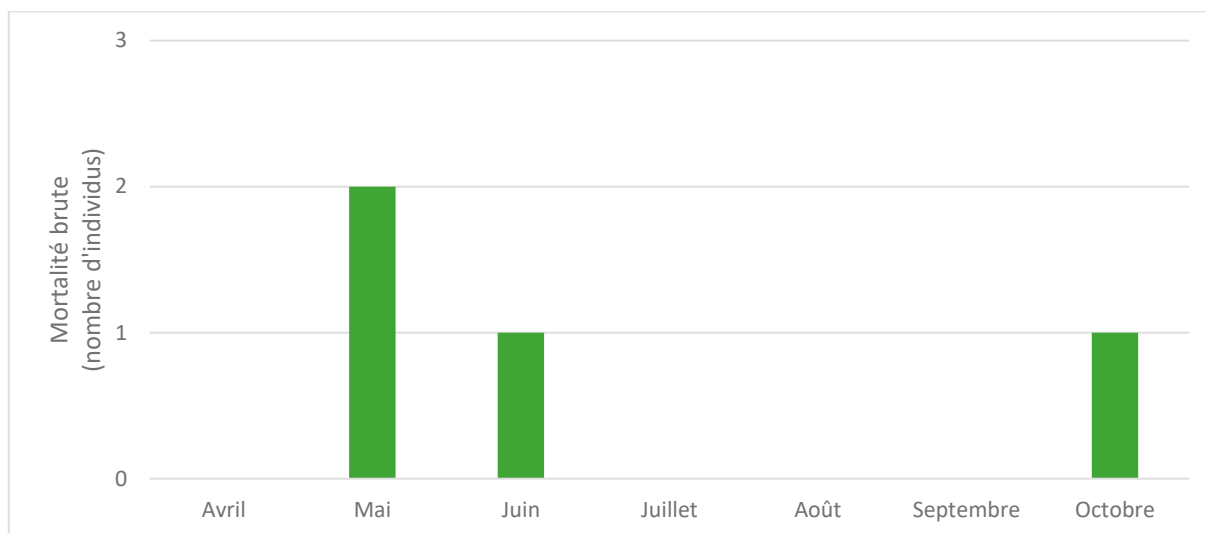


Figure 28 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

D'après les espèces retrouvées et la phénologie de leurs phases biologiques, les cas de mortalité sont attribués à des individus reproducteurs : Grive draine, Épervier d'Europe, Faisan de Colchide (bien que la plumée ait été découverte en période théorique de migration postnuptiale, la population ne migre pas, il s'agit d'un individu local qui a donc été considéré comme reproducteur) et la plumée de passereau a été découverte en période de nidification. Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée durant les périodes de migrations prénuptiale et postnuptiale. A noter, les suivis n'ont démarré qu'à partir du 19 avril et se sont terminés le 25 octobre, il n'est pas impossible que des individus migrateurs aient été tués mais dont la mortalité n'a pas été recensée.

La mortalité fluctue entre un et deux individus sur les mois concernés. Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes. Par ailleurs, les périodes de migration n'ont pas été intégralement couvertes par le suivi (de façon générale, la période de migration prénuptiale débute en février, et celle de la migration postnuptiale se termine en novembre). De plus, étant donnés les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes soient concernées par des cas de mortalité. À noter, la période hivernale n'a pas été concernée par ce suivi.

La mortalité des oiseaux sur le parc de Bourbriac Nord semble concentrée sur la période de nidification. Il est possible que les oiseaux reproducteurs soient effectivement les plus impactés.

4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.2.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, toutes les éoliennes ont été concernées par des cas de mortalité (carte suivante). Deux cadavres d'oiseaux ont été retrouvés sous l'éolienne E2, un sous l'éolienne E3 et un sous l'éolienne E1.



Carte 3 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne

Selon les résultats, l'éolienne E2 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, les données ne permettent pas de conclure sur ce point.

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, plusieurs causes récurrentes peuvent être à l'origine de la mortalité sur le parc de Bourbriac Nord :

La distribution saisonnière des cas de mortalité révèle une mortalité brute plus forte lors de la saison de reproduction. En outre, et étant donnée leur phénologie, les individus retrouvés durant cette période semblent effectivement avoir été tués lors de leur nidification. Compte tenu de ces éléments, le parc éolien de Bourbriac Nord pourrait impacter particulièrement les oiseaux en reproduction. Toutefois, des suivis complémentaires seraient nécessaires pour vérifier cette hypothèse.

Un individu de Grive draine et d'Épervier d'Europe, espèces de milieux boisés, ont été retrouvés respectivement sous les éoliennes E3 et E2. Par ailleurs, au sein du parc, ces éoliennes sont bordées de boisements, ce qui peut expliquer cette mortalité. Les éoliennes E2 et E3 semblent ainsi présenter un risque accru sur les espèces forestières.

Par ailleurs, au regard du bocage assez dense présent localement, les trois éoliennes survolent toutes des haies ou des bosquets. La proximité de ce réseau de haies et de boisements pourrait être en lien avec la mortalité observée sur le parc (E1 = 25 m ; E2 = 30 m ; E3 = 10 m).

Les causes principales de la mortalité sur le parc semblent être liées à :

- un nombre d'individus et une activité plus importante en période de reproduction,
- l'implantation du parc, dans un milieu bocager et forestier, qui correspond aux habitats fréquentés par les espèces découvertes.
- l'emplacement des éoliennes E2 et E3, en bordure de boisements, pouvant engendrer un risque accru sur l'avifaune, les milieux boisés étant généralement riches et densément peuplés en oiseaux.
- le survol des éléments arborés par les éoliennes, pouvant augmenter le risque de collision.

4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune

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

Espèce	Statut de protection		Statut de conservation national (UICN)							Déterminant ZNIEFF	Sensibilité (collision)	Effectifs
	Directive Oiseaux	Oiseaux protégés (France)	Europe	France			Bretagne					
			Europe	R	H	M	R	H	M			
Grive draine	Annexe II/2	-	LC	LC	NA	NA	LC		DD	Non	0	1
Épervier d'Europe	-	Article 3 et 6	LC	LC	NA	NA	LC		DD	Non	2	1
Faisan de Colchide	Annexe II/1, III/1	-	LC	LC	-	-	DD		-	Non	1	1

LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi-menacée / VU : Vulnérable / EN : En danger / CR : En danger critique / DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable. R : Reproduction / H : Hivernage / M : Migration.

: éléments de patrimonialité.

Tableau 18 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

4.2.7.1 Espèces patrimoniales

Parmi **les quatre espèces** concernées par des cas de mortalité, **aucune** n'est considérée comme patrimoniale.

4.2.7.2 Autres espèces

Les espèces concernées par des cas de mortalité (**Grive draine** : 1 individu, **Épervier d'Europe** : 1 individu, **Faisan de Colchide** : 1 individu) ne possèdent pas de statuts de conservation défavorables. Compte tenu du faible nombre de cas de collision recensés, l'impact du parc peut être qualifié comme faible et non-significatif sur les populations de ces espèces.

À noter, une plumée de **passereau** n'a pas pu être identifiée jusqu'à l'espèce. Il est donc impossible d'affirmer que l'espèce concernée présente ou non un statut de conservation défavorable.

Parmi les espèces à enjeu, ciblées lors de l'étude d'impact, un cas de mortalité a été avéré en 2023 pour l'Épervier d'Europe.

À partir des cas de mortalité avérés (mortalité brute), des statuts de conservation et des dynamiques de populations des espèces concernées, le parc de Bourbriac Nord ne représente pas d'impact significatif sur une espèce particulière en 2023.

Toutefois, la mortalité réelle est estimée à au moins 16 cadavres sur la période de suivi. En conséquence, il est préconisé de réaliser un nouveau suivi mortalité en 2024.

Par ailleurs, il conviendra de surveiller l'apparition de nouveaux cas de mortalité pour l'Épervier d'Europe.

4.2.8 Comparaisons des données de 2023 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 Bourbriac Nord est basée sur les sorties effectuées en 2022 et 2023.

Le plan d'échantillonnage est similaire mais les paramètres sont différents pour ces suivis (cf. tableau ci-dessous).

Année	Nombre d'éoliennes suivies	Période suivie	Protocole	Surface prospectée moyenne	Persistance moyenne	Efficacité du chercheur	Intervalle moyen	Nombre de sorties
2022	Toutes	Mi-avril à fin octobre	Standardisé (2018)	0,46	4,28	0,89	7,00	28
2023				0,34	4,05	0,81	7,00	28

Sur ce parc, deux oiseaux ont été retrouvés en 2022 et quatre en 2023 soit six individus au total (tableau suivant). La mortalité brute en 2023 a doublé en comparaison de celle de 2022.

L'espèce la plus impactée sur les deux années de suivi est la Corneille noire avec deux individus retrouvés en 2022. Quatre nouvelles espèces ont été retrouvées en 2023 : un passereau non identifié, la Grive draine, l'Épervier d'Europe et le Faisan de Colchide, à raison d'un individu par espèce.

Espèce	Année	
	2022	2023
Corneille noire	2	0
Passereau indéterminé	0	1
Grive draine	0	1
Épervier d'Europe	0	1
Faisan de Colchide	0	1

Tableau 19 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2022 et 2023

Bien que les valeurs des paramètres soient plus faibles en 2023, la mortalité observée est plus forte en 2023. Toutefois, les données récoltées sur les deux années suivies ne peuvent pas permettre de dégager une tendance nette concernant l'évolution de la mortalité et un éventuel impact sur une espèce particulière.

4.2.8.1.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur les périodes de suivi des années 2022 et 2023, selon les différentes méthodes retenues.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2022	2023
Erickson	8,17 (3,01 – 21,57)	26,72 (15,82 – 45,96)
Huso	10,17 (3,80 – 26,68)	31,76 (19,08 – 53,70)
Jones	11,35 (4,21 – 29,75)	36,56 (21,72 – 62,67)

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Lorsque la borne inférieure de l'intervalle de confiance indique 0, cette dernière est remplacée par la valeur de mortalité brute.

Tableau 20 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2022 et 2023

Résultats 2022 : selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 9 à 12 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 4 et 30 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

Résultats 2023 : selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 27 à 37 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 16 et 63 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

La mortalité estimée sur le parc éolien de Bourbriac Nord semble plus importante en 2023 (faible recouvrement des intervalles de confiance).

4.2.8.2 Comparaison des résultats saisonniers

4.2.8.2.1 Mortalité brute

En 2022, seule la phase biologique de nidification était concernée par des cas de mortalité avec deux individus juvéniles. En 2023, la mortalité brute a doublé avec quatre individus reproducteurs retrouvés. Aucun cas de mortalité n’a été recensé lors des migrations prénuptiale et postnuptiale, mais ces périodes n’ont pas été intégralement couvertes par le suivi.

Année	Migrateurs prénuptiaux	Reproducteurs	Migrateurs postnuptiaux
2022	0	2	0
2023	0	4	0

Tableau 21 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la phase biologique en 2022 et 2023

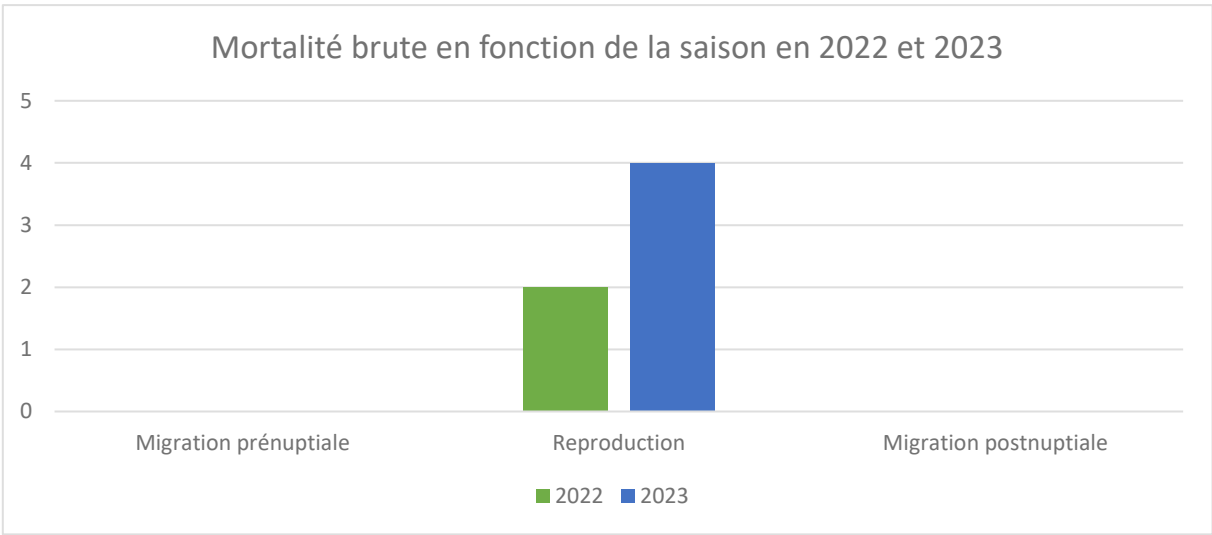


Figure 29 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2022 et 2023

Compte tenu des résultats obtenus sur les deux années consécutives, il est possible que la période de reproduction soit la plus mortifère. Cette interprétation doit être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données acquises.

4.2.8.3 Comparaison des résultats spatialisés

4.2.8.3.1 Mortalité brute

Des cadavres d’oiseaux ont été retrouvés sous une seule éolienne en 2022 et sous les trois éoliennes en 2023 (tableau suivant). En 2022, la mortalité observée était plutôt hétérogène sur le parc avec deux cas recensés sous l’éolienne E1. En 2023, la mortalité brute a augmenté et la répartition des cadavres est plus homogène sur le parc.

Année	E1	E2	E3
2022	2	0	0
2023	1	2	1

Tableau 22 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023

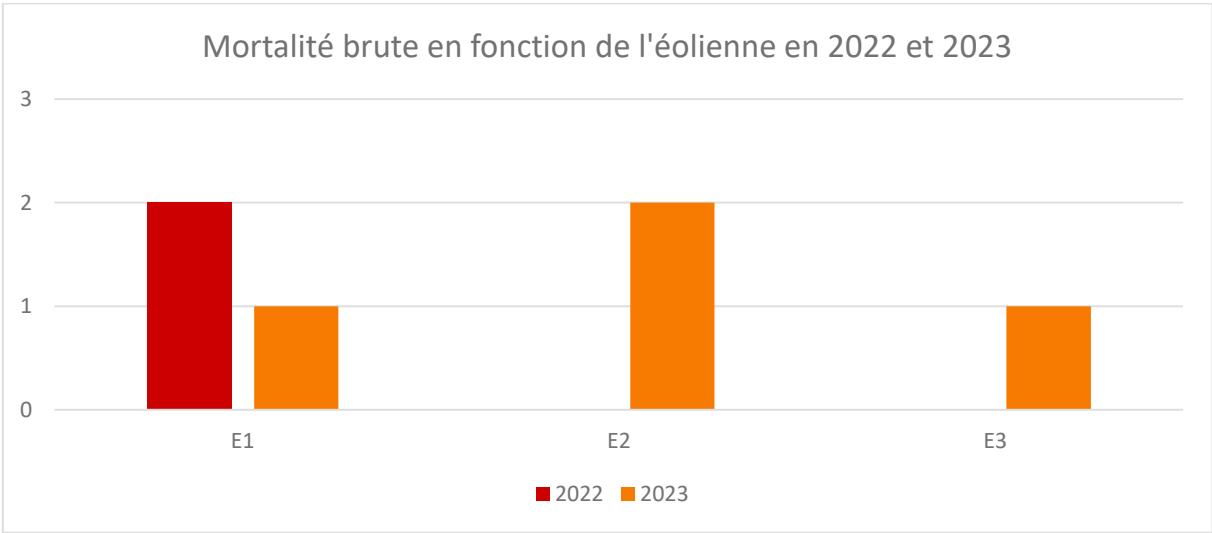


Figure 30 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023

Les résultats obtenus sur les deux années suivies suggèrent une certaine homogénéité spatiale de la mortalité au sein de parc. En effet, aucune éolienne ne semble plus mortifère qu’une autre.

4.2.9 Synthèse

- **La mortalité brute relevée sur l'ensemble du suivi (de mi-avril à fin octobre 2023) est de quatre individus (un passereau non identifié, une Grive draine, un Épervier d'Europe et un Faisan de Colchide).**
- **Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 27 à 37 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 16 et 63, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).**
- **La mortalité de l'avifaune sur le parc de Bourbriac Nord semble plus concentrée sur la période de reproduction, et pourrait être liée à :**
 - l'occurrence ponctuelle de facteurs à risques : phénologie, comportement (la forte activité et l'augmentation de prises de risque des oiseaux durant la phase de reproduction) ;
 - la présence de milieux favorables à l'avifaune à proximité des éoliennes (éléments arborés).
- **Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Bourbriac Nord ne présente pas, en 2023, d'impact significatif sur une espèce particulière.**
- **Toutefois, parmi les espèces à enjeu, ciblées lors de l'étude d'impact, l'Épervier d'Europe a été recensé durant ce suivi, dont il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité durant les prochaines années de suivi.**
- **La mortalité estimée est d'au moins 16 individus sur la période de suivi. Ainsi, de nouveaux suivis seront nécessaires afin de surveiller l'évolution de la mortalité et d'améliorer la précision des estimations. Au regard des intervalles de confiance, la mortalité réelle pourrait en effet être élevée.**

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**					% de mortalité européenne connue	Note de risque***
						0	1	2	3	4		
		Directive Habitats	Monde	Europe	France	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	
		Directive Habitats	Monde	Europe	France	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 échancrées	<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	>500			
Murin d'Escalera	Myotis escaleraei	NE	NE	/	VU = 4	X					0	2*	
Grande Noctule	Nyctalus lasiopterus	Annexe IV	NT	DD	VU = 4			X			0,4	3*	
Oreillard montagnard	Plecotus macrobullaris	Annexe IV	LC	NT	VU = 4	X					0	2	
Sérotine bicolore	Vespertilio murinus	Annexe IV	LC	LC	DD = 1				X		2	2	
Murin des marais**	Myotis dasycneme	Annexe II & IV	NT	NT	EN=5		X				0,02	3*	
<div>DD : Données insuffisantes</div> <div>LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible)</div> <div>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)</div> <div>VU : Vulnérable</div> <div>EN : En danger</div> <div>CR : En danger critique d'extinction</div> <div>NA : Non applicable (espèce non soumise à évaluation car introduite dans la période récente ou présente en métropole de manière occasionnelle ou marginale)</div> <div>* Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection</div> <div>** 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 di 9 juillet 1999)</div>													<div>* : surclassement possible localement pour les espèces forestières si implantation en forêt, et les espèces fortement grégaires (proximité d'importantes nurseries ou de sites d'hibernation majeurs)</div> <div>**Mortalité de DURR par éoliennes 2021 (Europe) : informations reçues au 07/05/2021</div> <div>***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</div>

Tableau 23 : 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

4 594 cas de collision avec les éoliennes ont été recensés en France au 9 août 2023 (Dürr, 2023). L'espèce la plus fortement impactée (environ 42 %) 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 9 % respectivement). Enfin, dans des proportions encore plus faibles, la Noctule commune (environ 6 %), la Noctule de Leisler (environ 5 %), et la Pipistrelle pygmée (environ 4 %) sont identifiées. Il est précisé qu'environ 10 % 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.

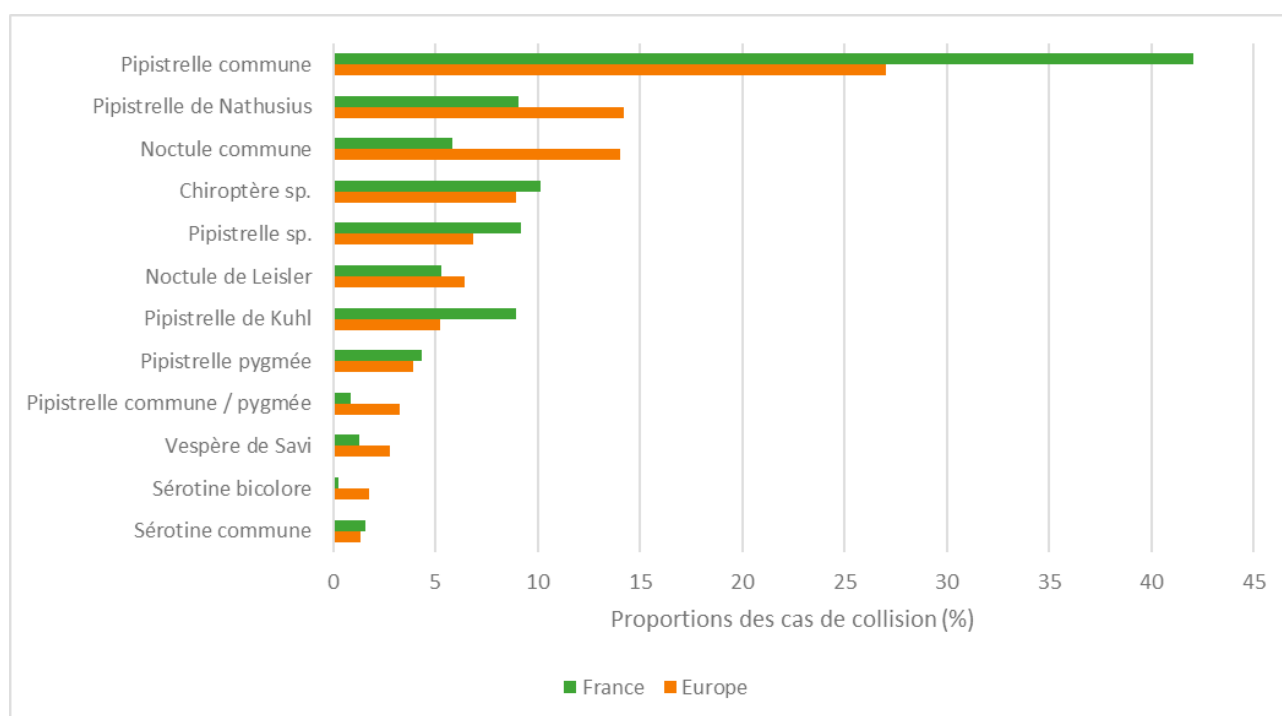


Figure 31 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2023)

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

Les inventaires, réalisés en 2016-2017 par le bureau d'étude AEPE-Gingko, ont révélé la présence de cinq espèces à enjeu et sensibles au risque de collisions dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (tableau suivante) :

- la Pipistrelle commune ;
- la Pipistrelle de Nathusius ;
- la Sérotine commune ;
- le Grand Rhinolophe ;
- la Noctule de Leisler.

Espèce patrimoniale concernée	Indice de patrimonialité				Sensibilité à l'éolien	Indice de la vulnérabilité à la mortalité éolienne (collision ou barotraumatisme)
	Protection nationale (arr. 23/04/07)	Directive Habitats- Faune-Flore	Listes rouges*	Note	Note	
	Non protégée=0 ; Protégée=1	Annexe II&IV=1 Annexe IV=0	LC, NA, NE=0 ; NT/DD=1 ; VU=2 ; EN/CR=3			
Pipistrelle commune	Oui	Ann IV	NT/LC	1,5	4	Fort
Pipistrelle de Nathusius	Oui	Ann IV	NT/NT	2	4	Fort
Sérotine commune	Oui	Ann IV	NT/LC	1,5	3	Moyen
Grand Rhinolophe	Oui	Ann II & IV	LC/EN	3,5	1	Moyen
Noctule de Leisler	Oui	Ann IV	NT/NT	2	3	Moyen
Pipistrelle de Kuhl	Oui	Ann IV	LC/LC	1	3	Faible
Barbastelle d'Europe	Oui	Ann II & IV	LC/NT	1,5	1	Faible
Grand Murin	Oui	Ann II & IV	LC/NT	2,5	1	Faible
Murin à Oreilles échancrées	Oui	Ann II & IV	LC/NT	2,5	1	Faible
Murin de Bechstein	Oui	Ann II & IV	NT/NT	3	1	Faible
Murin sp.	Oui	Ann II & IV	NT/NT	3	1	Faible
Murin de Natterer	Oui	Ann II & IV	LC/NT	2,5	0	Très faible
Murin à moustaches	Oui	Ann IV	LC/LC	1	1	Très faible
Murin de Daubenton	Oui	Ann IV	LC/LC	1	1	Très faible
Oreillard gris	Oui	Ann IV	LC/LC	1	1	Très faible
Oreillard roux	Oui	Ann IV	LC/LC	1	1	Très faible
Petit Rhinolophe	Oui	Ann II & IV	LC/LC	2	0	Très faible
*Listes rouges : moyenne entre la Liste rouge nationale et la Liste rouge régionale ou document équivalent. S'il n'y a pas de Liste rouge régionale, seule la Liste rouge nationale est considérée.						

Tableau 24 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016-2017 (AEPE-Gingko)

4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2023

4.3.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Bourbriac Nord, six cadavres de chiroptères ont été retrouvés (tableau suivant) lors du protocole de suivi de mortalité. La mortalité brute est de 2 individus par éolienne durant la période de suivi s'étalant de mi-avril à fin octobre, soit 28 prospections, à raison d'une prospection par semaine. L'unique espèce retrouvée est la Pipistrelle commune (six cadavres).

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

Date	Espèce	Éolienne	Statut biologique	Sexe	Âge	Source
06/09/2023	Pipistrelle commune	E1	Transits automnaux et swarming	Femelle	Adulte	Protocole
06/09/2023	Pipistrelle commune	E1	Transits automnaux et swarming	Mâle	Adulte	
06/09/2023	Pipistrelle commune	E2	Transits automnaux et swarming	Femelle	Adulte	
06/09/2023	Pipistrelle commune	E3	Transits automnaux et swarming	Mâle	Juvenile	
06/09/2023	Pipistrelle commune	E3	Transits automnaux et swarming	Femelle	Adulte	
06/09/2023	Pipistrelle commune	E3	Transits automnaux et swarming	Femelle	Adulte	

Tableau 25 : Chiroptères découverts lors du suivi mortalité

Avec six cadavres de chiroptères recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Bourbriac Nord est de deux individus par éolienne sur la période de suivi s'étalant de mi-mai à fin octobre 2023.

4.3.3.2 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.cefe.cnrs.fr/eolapp>). L'intervalle de confiance à 95 % est également mentionné.

Méthodes	Mortalité estimée (mortalité globale)	Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
Erickson	37,96	6 – 143,62
Huso	45,78	6 – 166,46
Jones	52,1	6 – 196,76
Lorsque la borne inférieure de l'intervalle de confiance est inférieure à la mortalité brute, cette dernière est remplacée par la valeur de mortalité brute.		

Tableau 26 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées

Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 38 à 53 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 6 et 197 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 sur les estimations et les intervalles de confiances. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives, comme la persistance des cadavres, qui reflète une forte prédation sur le parc ($t = 4,05$ jours). En outre, la correction surfacique est assez élevée ($A = 2,98$), étant donné le grand nombre de zones n'ayant pu être prospectées, dû notamment à la présence de haies et bosquets, de cultures, de prairies pâturées, de travaux agricoles et de maintenance. Ceci indique pourquoi la précision des estimations est si peu élevée.

Dans les paragraphes suivant (résultats saisonniers et spatialisés), compte tenu du faible nombre de données et/ou de l'absence d'hypothèse biologique expliquant les variations constatées et/ou de la non-homogénéité du suivi (nombre de sortie, périodes couvertes, etc.), le calcul d'une mortalité estimée est susceptible de ne pas être pertinent ou réalisable. Le cas échéant, seule la mortalité brute est analysée.

4.3.3.3 Analyse taxonomique

Les six cadavres de chiroptères trouvés correspondent à six Pipistrelles communes. Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique. La Pipistrelle commune est l'espèce la plus impactée en France et en Europe (cf. 4.3.1.2 Bilan national et européen de la mortalité des chiroptères).

Les Pipistrelles communes découvertes sur le parc de Bourbriac Nord représentent l'espèce la plus fréquemment concernées par des cas de mortalité en France et en Europe.

4.3.4 Résultats saisonniers

4.3.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, les cadavres de chiroptères ont été retrouvés uniquement durant le mois de septembre (figure suivante).



Figure 32 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

Compte tenu des caractéristiques des individus retrouvés (espèce, date, critères morphologiques), la période concernée correspond à celle du transit automnal et du swarming. Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée durant les périodes de transit printanier, de mise-bas et d'élevage des jeunes. A noter, les suivis n'ont démarré qu'à partir du 19 avril, il n'est pas impossible que des individus en transit printanier aient été tués mais dont la mortalité n'a pas été recensée.

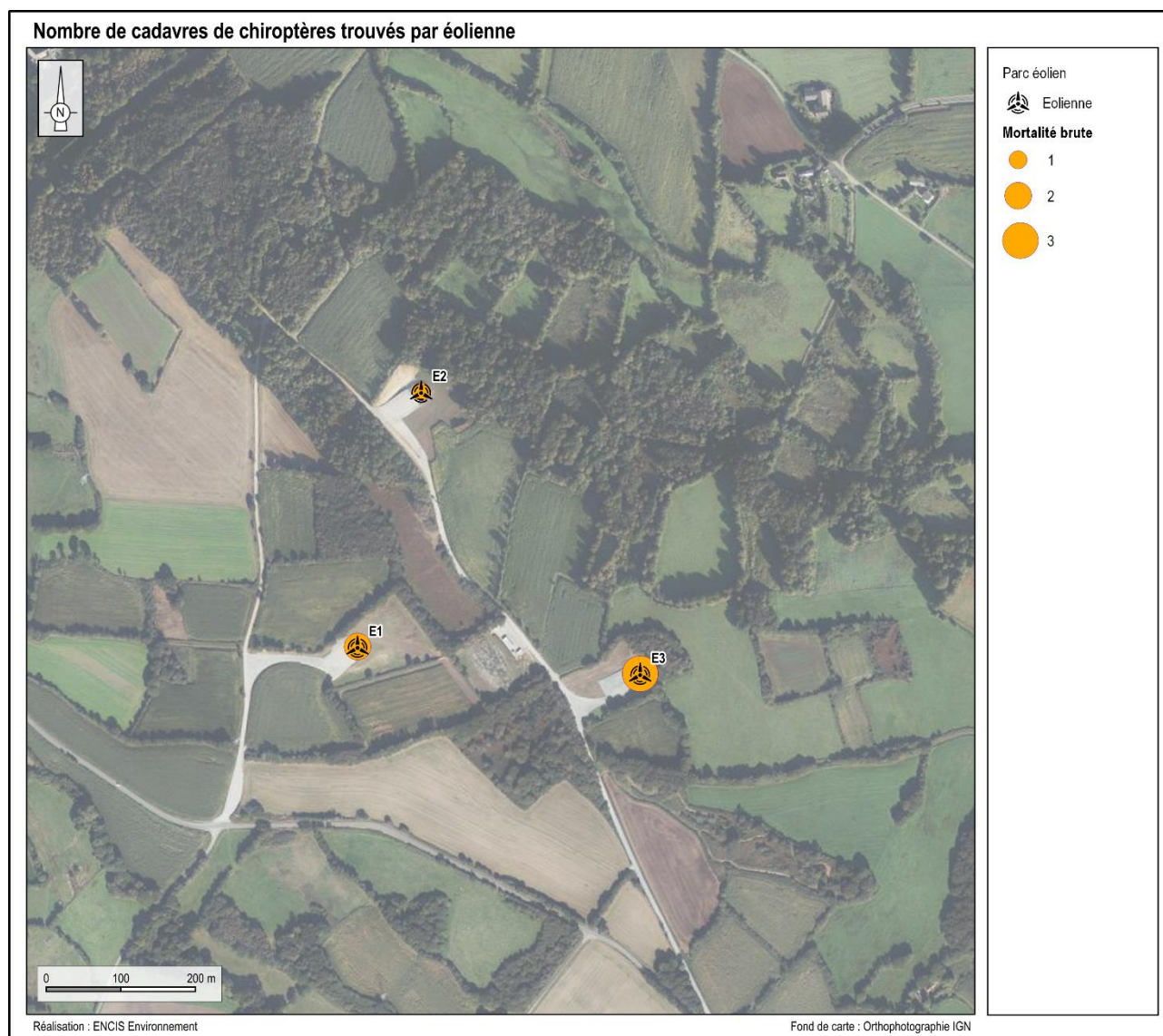
Les six individus ont été retrouvés le même jour, le 6 septembre, ce qui a fait l'objet d'une déclaration d'incident « faune volante » pour mortalité massive. La mortalité semble concentrée sur la période de transit automnal et de swarming. Cependant, les périodes de transits n'ont pas été intégralement couvertes par le suivi (de façon générale, la période de transit printanier début en mars, et celle de transit automnal se termine en novembre). De plus, étant donnés les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes soient concernées par des cas de mortalité.

La mortalité des chiroptères sur le parc de Bourbriac Nord semble concentrée sur la période de transit automnal et de swarming en 2023.

4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.3.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, toutes les éoliennes ont été concernées par des cas de mortalité (carte suivante). Deux cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous l'éolienne E1, un sous l'éolienne E2 et trois sous l'éolienne E3 (carte suivante).



Carte 4 : Répartition des cadavres de chiroptères trouvés par éolienne

D'après ces résultats, l'éolienne E3 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, les données ne permettent pas de conclure sur ce point.

4.3.6 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des 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.

D'après les caractéristiques des individus retrouvés, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, plusieurs causes récurrentes peuvent être à l'origine de la mortalité sur le parc de Bourbriac Nord :

La distribution saisonnière des cas de mortalité révèle une mortalité plus forte lors de la saison de transit automnal. En outre, et étant donnée leur phénologie, les six individus de Pipistrelle commune retrouvés durant cette période semblent effectivement avoir été tués lors d'un contexte de rassemblements postnuptiaux. Un site de regroupement automnal pour la Pipistrelle commune est situé à Quintin à environ 20 km de Bourbriac. Les sites de swarming pouvant drainer de nombreux individus à des kilomètres à la ronde, il est possible que certains individus présents au sein du parc éolien utilisent ce lieu de swarming. Compte tenu de ces éléments, le parc éolien de Bourbriac Nord pourrait effectivement représenter un risque pour les chiroptères en migration. La mortalité brute sur cette période restant modérée, la mortalité réelle pourrait toutefois être très élevée.

Les lisières de boisements et de haies autour des éoliennes E1 et E2, ainsi que les prairies entourées de boisements autour de l'éolienne E3, sont des habitats favorables les plus utilisés par les chiroptères pour chasser et se déplacer. Le niveau élevé de connectivité des lisières de haies et de boisements constitue des secteurs intéressants très utilisés par les chauves-souris. La vallée boisée située au nord et la bande boisée traversant le parc semblent constituer des secteurs de circulation et de chasse privilégiés par les chiroptères. La Pipistrelle commune pourrait potentiellement emprunter ces grands corridors en période de migration vers leur gîte de swarming.

Par ailleurs, au regard du bocage assez dense présent localement, les trois éoliennes survolent toutes des haies ou des boisements constituant les corridors pour les chiroptères. La proximité de ce réseau de haies et de boisements pourrait être en lien avec la mortalité observée sur le parc (E1 = 25 m ; E2 = 30 m ; E3 = 10 m).

Les six individus de Pipistrelle commune ont été retrouvés le même jour, le 6 septembre 2023, ce qui a fait l'objet d'une déclaration d'incident « faune volante » pour mortalité massive. Cette mortalité ponctuelle peut être liée à des conditions climatiques exceptionnelles. En effet, les températures nocturnes très élevées, les vents très faibles et l'absence de précipitations ont été très favorables à l'activité des chiroptères fin août / début septembre en 2023. On note effectivement un nombre de contacts très importants les nuits précédentes la découverte des six individus (495 contacts la nuit du 5 au 6 septembre). Ce pic de mortalité peut ainsi être dû à des émergences d'insectes qui pourraient coïncider avec une recherche active de nourriture par les chiroptères en vue de la constitution des réserves de graisse avant l'hibernation.

Les causes principales de la mortalité sur le parc semblent être liées à :

- une activité importante en période de swarming et de transit automnal et à l'emplacement du parc à sur un secteur de swarming régulier pour la Pipistrelle commune (gîte identifié à 20 km),***
 - l'implantation du parc au sein de grands corridors de déplacements potentiels des chiroptères, pouvant en période de migration constituer des zones empruntées et par conséquent exposées au risque de mortalité,***
 - l'emplacement des éoliennes E1 et E2, en lisière de haies et de boisements, pouvant engendrer un risque accru sur les chiroptères. Les milieux boisés et les alignements arborés et arbustifs sont généralement riches et densément fréquentés par les chiroptères,***
 - l'emplacement de l'éolienne E3, dans une prairie bordée de boisements, pouvant également engendrer un risque accru sur les chiroptères. Ce milieu ouvert est favorable à la chasse des chauves-souris,***
 - le survol des éléments arborés par les éoliennes, pouvant augmenter le risque de collision.***
- Par ailleurs, la mortalité sur le parc de Bourbriac Nord semble saisonnière (lors du transit automnal) mais peut être aussi liée à des conditions climatiques exceptionnelles (mortalité ponctuelle).***

4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation des espèces ayant été directement impactées par le parc de Bourbriac Nord, ainsi que leur note de risque éolien.

Espèce	Statut de protection		Statut de conservation (UICN)			Note de risque éolien	Effectifs
	Directive Habitat-Faune-Flore	Mammifères protégés France	Europe	France	Bretagne		
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC	3,5	6
LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi menacée / VU : Vulnérable / EN : en danger / DD : Données insuffisantes / NA : Non applicable / NE : Non évalué. : éléments de patrimonialité.							

Tableau 27 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard des statuts de conservation et de la note de risque face aux éoliennes, la Pipistrelle commune est à considérer avec vigilance sur le parc de Bourbriac Nord.

La Pipistrelle commune peut évoluer à plus de 20 mètres de haut en forêt ou à proximité d'une lisière ou haie (Arthur et Lemaire, 2015, p. 400). Elle est plus généralement très opportuniste et peut adapter son mode de chasse selon l'environnement. Malgré un mode de chasse généralement proche du feuillage, elle fait partie des espèces présentant les plus forts taux de mortalité face aux éoliennes. En effet, elle représente 42 % des cadavres retrouvés en France entre 2003 et 2023. De plus, même s'il s'agit de l'espèce la plus commune, les suivis montrent un lent effritement des populations et elle pourrait perdre sur le long terme sa place d'espèce la plus abondante en Europe (Arthur et Lemaire, 2015, p. 403). Lors du dernier Plan National d'Actions chiroptère 2009-2013, cette tendance d'évolution des populations à la baisse a été constatée (PNA Chiroptères – Bilan technique final, 2014). Au niveau national, un déclin est constaté, avec une perte estimée en France métropolitaine de 9 % de la population entre 2006 et 2019 (Bas *et al.*, 2020). La Pipistrelle commune est classée « Quasi menacée » au niveau national et « Préoccupation mineure » au niveau régional. Sa note de risque à l'éolien est de 3,5.

Sur le site, c'est l'espèce la plus contactée en nacelle avec 3 763 contacts. Elle est présente toute la saison. Par ailleurs, un gîte de regroupement automnal est situé à Quintin à environ 20 km de Bourbriac.

Un risque de collision « assez élevé » a été identifié lors de l'étude d'impact (AEPE-Gingko, 2017). **Six cas de mortalité ont été recensés en 2023.** Un seul individu présentait une fracture de l'avant-bras laissant supposer une collision, les cinq autres ayant probablement été victimes de barotraumatisme. **Compte-tenu des éléments décrits précédemment (statuts de conservation et dynamique de population), l'impact du parc sur la Pipistrelle commune est jugé modéré et significatif en 2023. Une attention particulière devra être portée à cette espèce lors des prochains suivis.** Un ajustement de la mesure de programmation préventive est également proposé afin de réduire la mortalité.

Parmi les espèces à enjeu et/ou présentant un risque élevé, ciblées lors de l'étude d'impact, la Pipistrelle commune a été recensée durant de ce suivi.

À partir des cas de mortalité avérés (mortalité brute), des statuts de conservation et des dynamiques de populations des espèces concernées, le parc de Bourbriac Nord représente un impact significatif sur la Pipistrelle commune en 2023.

Par ailleurs, l'estimation de la mortalité réelle présente une forte incertitude.

En conséquence, il est préconisé d'ajuster la mesure de programmation préventive. Il sera ainsi nécessaire de réaliser un nouveau suivi mortalité en 2024 et de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur la Pipistrelle commune.

4.3.8 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2022

4.3.8.1 Comparaison des résultats globaux

4.3.8.1.1 Mortalité brute

La comparaison de la mortalité sur le parc de Bourbriac Nord est basée sur les sorties effectuées en 2022 et 2023. Le plan d'échantillonnage est similaire mais les paramètres sont différents pour ces suivis (cf. tableau ci-dessous).

Année	Nombre d'éoliennes suivies	Période suivie	Protocole	Surface prospectée moyenne	Persistance moyenne	Efficacité du chercheur	Intervalle moyen	Nombre de sorties
2022	Toutes	Mi-avril à fin octobre	Standardisé (2018)	0,46	4,28	0,89	7,00	28
2023				0,34	4,05	0,81		

Sur ce parc, un seul chiroptère a été retrouvé en 2022 et six en 2023 soit sept individus au total. La mortalité brute en 2023 a fortement augmenté en comparaison de celle de 2022. La seule espèce retrouvée sur les deux années de suivi est la Pipistrelle commune (tableau suivant).

Espèce	Année	
	2022	2023
Pipistrelle commune	1	6

Tableau 28 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2022 et 2023

Bien que les valeurs des paramètres soient plus faibles en 2023, la mortalité observée est plus forte en 2023. La Pipistrelle commune est la seule espèce recensée sur le parc de Bourbriac Nord, avec sept individus retrouvés sur les deux années suivies.

4.3.8.1.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant compile les résultats de la mortalité estimée pour l'ensemble du parc éolien sur les périodes de suivi des années 2022 et 2023, selon les différentes méthodes retenues.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2022	2023
Erickson	4,05 (1 - 29,04)	37,96 (6 - 143,62)
Huso	5,05 (1 - 36,45)	45,78 (6 - 166,46)
Jones	5,63 (1 - 40,47)	52,10 (6 - 196,76)
Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 % Lorsque la borne inférieure de l'intervalle de confiance indique 0, cette dernière est remplacée par la valeur de mortalité brute.		

Tableau 29 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2022 et 2023

Résultats 2022 : selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 5 à 6 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 1 et 41 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

Résultats 2023 : selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 38 à 53 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 6 et 197 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

La mortalité estimée sur le parc éolien de Bourbriac Nord semble plus importante en 2023. Cependant, compte tenu des intervalles de confiance (recouvrement), il n'est pas possible de conclure sur l'évolution de la mortalité réelle.

4.3.8.2 Comparaison des résultats saisonniers

4.3.8.2.1 Mortalité brute

Un cadavre de chiroptère avait été retrouvé lors de la période de mise-bas et d'élevage des jeunes en 2022, et six cadavres ont été retrouvés lors de la phase du transit automnal et de swarming en 2023 (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été recensé lors de la phase de transit printanier, mais cette période n'a pas été intégralement couverte par le suivi.

Année	Transit printanier	Mise-bas	Transit automnal
2022	0	1	0
2023	0	0	6

Tableau 30 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2022 et 2023

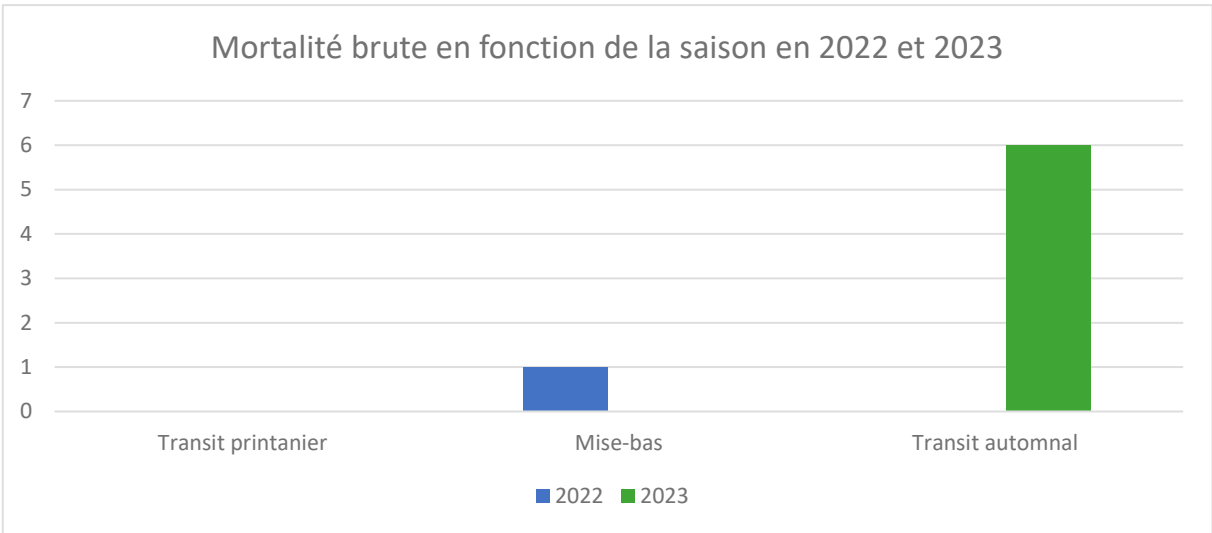


Figure 33 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2022 et 2023

Compte tenu des résultats obtenus sur les deux années consécutives, il est possible que la période de transit automnal et de swarming soit la plus mortifère.
Dans une moindre mesure, la période de mise-bas et d'élevage des jeunes est aussi concernée et la période du transit printanier ne semble pas mortifère.
Ces interprétations doivent être étudiées avec prudence étant donné le faible nombre de données acquises.

4.3.8.3 Comparaison des résultats spatialisés

4.3.8.3.1 Mortalité brute

Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous une seule éolienne en 2022 et sous les trois éoliennes en 2023 (tableau suivant). En 2022, la mortalité observée était plutôt hétérogène sur le parc avec un seul cas recensé sous l'éolienne E1. En 2023, la mortalité brute a augmenté et la répartition des cadavres est plus homogène sur le parc.

Année	E1	E2	E3
2022	0	0	1
2023	2	1	3

Tableau 31 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023

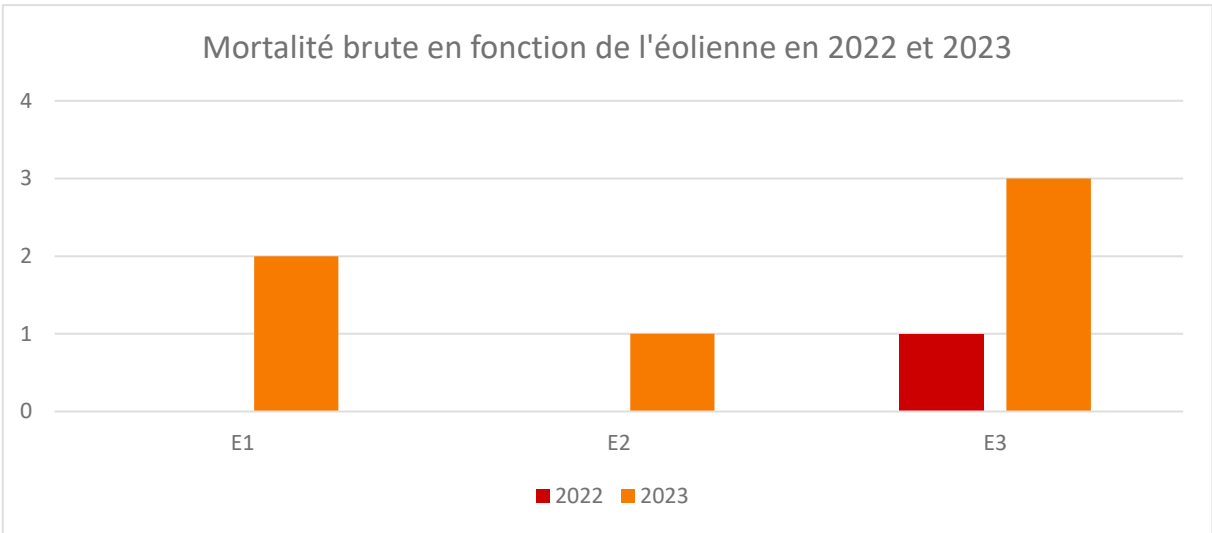


Figure 34 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023

Les résultats obtenus sur les deux années suivies suggèrent une certaine homogénéité spatiale de la mortalité au sein de parc. En effet, aucune éolienne ne semble plus mortifère qu'une autre.

4.3.9 Synthèse

- **La mortalité brute relevée sur l'ensemble du suivi (de mi-avril à fin octobre 2023) est de six individus (six Pipistrelles communes).**
- **Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 38 à 53 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 6 et 197, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).**
- **La mortalité des chiroptères semble concentrée en fin d'été, soit notamment, durant les phases de transit automnal et de swarming, une période de forte activité des chiroptères. Plusieurs hypothèses peuvent être émises concernant les causes de cette mortalité :**
 - l'occurrence ponctuelle de facteurs à risques (phénologie, comportement, conditions météorologiques) ;
 - les trois éoliennes, situées à proximité de haies et de boisements (milieux de fortes activités), pourrait favoriser la mortalité. Le risque de mortalité est amplifié par le survol des éléments boisés par les trois éoliennes et par le terrain appétant pour les chiroptères, notamment sous E3 (prairie pâturée entourée de haies et d'un bosquet intégralement survolé par l'éolienne) ;
 - l'habituelle forte activité des chiroptères durant la fin d'été et l'automne (émancipation des jeunes, rassemblement automnal, accouplements, etc.), recoupant la fin de la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, ainsi que la phase de swarming et de transit automnal ;
 - la localisation du parc au sein de grands corridors boisés (milieux généralement riches et densément fréquentés par les chiroptères) et potentiellement empruntés par la Pipistrelle commune en période de migration pour rejoindre un gîte de swarming (un site identifié à Quintin à 20 km de Bourbriac).
- **Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevées, ciblées lors de l'étude d'impact, la Pipistrelle commune a été recensée durant de ce suivi.**
- **Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Bourbriac Nord présente, en 2023, un impact considéré comme modéré sur la Pipistrelle commune.**
- **Ainsi, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité durant les prochaines années de suivi, notamment sur la Pipistrelle commune.**
- **Un ajustement de la programmation préventive des éoliennes est aussi recommandé afin de limiter l'impact du parc sur les chiroptères, et notamment, sur l'espèce à enjeu précédemment citée.**
- **Ainsi, de nouveaux suivis seront nécessaires afin de surveiller l'évolution de la mortalité et d'améliorer la précision des estimations. Au regard des intervalles de confiance, la mortalité réelle pourrait en effet être très élevée.**



5 Mesures correctrices

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

L'étude d'impact, réalisée par AEPE-Gingko (2017) avait mis en avant un risque de collision assez élevé sur les trois éoliennes, induisant la mise en place d'un bridage d'office dès la première année d'exploitation du parc.

Le suivi d'année 1 (2022) n'avaient pas conclu à un impact significatif sur les populations chiroptérologiques avec cependant la nécessité de maintenir le bridage en place.

Les résultats du suivi d'année 2 (2023) montrent une nette augmentation de la mortalité chiroptérologique et induisent une adaptation de la mesure de réduction.

5.1.1 Programmation préventive

5.1.1.1 Historique des programmations préventives

Les risques de collision étant assez élevés sur les trois éoliennes, un bridage a été mis en place dès la première année d'exploitation du parc pendant les périodes présentant le plus de risque afin de réduire le risque de mortalité sur les trois éoliennes selon les conditions cumulatives présentées dans le tableau suivant.

La deuxième année de fonctionnement, sur la période allant du 1^{er} avril au 31 octobre 2023, en lien avec les analyses des résultats des suivis de mortalité et de comportement acoustique en nacelle (2022), toutes les éoliennes ont été arrêtées selon les mêmes conditions cumulative que l'année précédente.

Période	Dates	Modalité d'arrêt		
		Période d'arrêt	Vitesse inférieure de vent en m/s à hauteur de moyeu	Températures
Transits printaniers	Du 1 ^{er} avril au 31 mai 2022	30 min avant le coucher du soleil et 30 min après le lever du soleil	5,5	Température de l'air supérieure à 10 °C
Mise-bas et élevage des jeunes	Du 1 ^{er} juin au 15 août 2022	30 min avant le coucher du soleil et 30 min après le lever du soleil	5,5	Température de l'air supérieure à 10 °C
Transits automnaux et swarming	Du 16 août au 31 octobre 2022	30 min avant le coucher du soleil et 30 min après le lever du soleil	5,5	Température de l'air supérieure à 10 °C

Tableau 32 : Modalités d'arrêt des éoliennes en 2022 et 2023

Les paramètres cumulés sur la période de programmation prévue ont permis de couvrir 92 % de l'activité chiroptérologique globale sur cette même période.

Ainsi les seuils de déclenchement et d'arrêt des éoliennes lors de l'année 2023 ont permis de couvrir la majorité de l'activité. Un fort épisode de mortalité a néanmoins été observé, cette programmation préventive doit donc être légèrement modifiée afin de mieux couvrir l'activité et de réduire la mortalité, en lissant les paramètres en fonction des conditions relevées sur les deux années de suivi (2022 et 2023).

Afin de maintenir les impacts actuels du parc sur les chiroptères au niveau faible, une nouvelle programmation préventive du fonctionnement des éoliennes en phase estivale et automnale est préconisée

Ainsi, les seuils de déclenchements seront choisis en fonction de l'activité cumulée par nuit mesurée sur le site, des années 2022 et 2023. Les périodes qui comprennent le plus de contacts et une activité chiroptérologique répartie sur l'ensemble de la nuit seront privilégiées pour la mesure d'arrêt machine la plus longue, à savoir de juin à septembre.

5.1.1.2 Proposition d'adaptation de la programmation préventive des éoliennes en fonction de l'activité chiroptérologique

Cette partie détaille les paramètres de la proposition d'adaptation de la mesure de programmation préventive, en relation avec les résultats du suivi de l'année 2 d'exploitation (2023).

Programmation préventive du fonctionnement de toutes les éoliennes en phase estivale et automnale

Type de mesure : Mesure de réduction.

Impact brut : Risque de collision par les chiroptères.

Objectif : Diminuer la mortalité directe sur les chiroptères.

Description de la mesure : Un protocole d'arrêt de toutes les éoliennes du parc sous certaines conditions (humidité, température, vitesse du vent, et saison), sera mis en place du 1^{er} avril au 31 octobre de la troisième année d'exploitation. Cet arrêt des pales, lorsque les conditions sont les plus favorables à l'activité des chiroptères, peut permettre de diminuer très fortement la probabilité de collision avec un impact minimal sur le rendement (Arnett *et al.*, 2009).

5.1.1.2.1 Présentation de l'ajustement de la mesure pour toutes les éoliennes

La définition de ces critères est fondée sur les inventaires réalisés en nacelle, qui viennent corroborer pour la plupart l'analyse bibliographique. On notera que les périodes les plus restrictives pour la rotation des pales correspondent aux transits automnaux. Les inventaires ont effectivement montré une présence plus marquée des chiroptères lors de ces phases biologiques.

De nouvelles mesures peuvent être nécessaires lors des prochains inventaires. Durant les périodes d'avril et mai 2022, il n'y a pas de données météorologique, le nombre de contacts donné par mois correspond donc uniquement aux données de 2023. Cela n'est pas problématique car cette période ne semble pas présenter d'enjeux concernant la mortalité des chiroptères.

Les critères retenus sont présentés dans le tableau suivant. Notons que dans le tableau est affiché le pourcentage de l'activité chiroptérologique couvert par la mesure pour chaque mois d'inventaire et finalement pour l'ensemble de la période étudiée (2022 à 2023).

Rappelons que l'arrêt est effectif lorsque les paramètres ci-après sont concomitants. La mesure est valable du 1er avril au 31 octobre inclus d'une année calendaire.

Périodes		Mois	Contacts par mois	Pourcentage d'activité des chiroptères couvert par les critères suivants	Modalités d'arrêt		Modalités de redémarrage		
					Heures après le coucher du soleil	Vitesse du vent à hauteur de moyeu			
Cycle actif des chiroptères	Phase printanière	Mars	-	-					
		Avril	7	100 %	Toute la nuit (De 30mn avant le coucher du soleil jusqu'à 30mn après le lever du soleil)	Vitesse de vent inférieur à 5,5 m/s		Température de l'air inférieur à 10 °C	
		Mai	6	100 %		Vitesse de vent inférieur à 5,5 m/s			
	Phase estivale	Juin	622	77,2 %		Vitesse de vent inférieur à 5,5 m/s	Pluie	Température de l'air inférieur à 10 °C	
		Juillet	906	95,8 %		Vitesse de vent inférieur à 5,5 m/s			
		Août	375	96,5 %		Vitesse de vent inférieur à 6 m/s			
	Phase automnale	Septembre	2 682	95,8 %		Vitesse de vent inférieur à 6 m/s		Température de l'air inférieur à 10 °C	
		Octobre	1 118	99,9 %		Vitesse de vent inférieur à 6 m/s			
		Novembre	-	-					
	Total sur la période inventoriée (28 mars au 31 octobre)			5 716	94,5 %				

Tableau 33 : Modalités d'arrêt des éoliennes pour l'année 2024

Modalités de suivi de la mesure : Suivi de mortalité et de comportement acoustique en nacelle.
Responsable : Maître d'ouvrage / Écologie.

5.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence sur l'avifaune

Le parc n'ayant pas d'incidence significative aux vues des résultats 2023, aucune mesure spécifique n'est proposée.

5.3 Modalités de suivi préconisées

Suivi de la mortalité

Compte tenu des cas de mortalité recensés lors du suivi environnemental de 2023, et afin de suivre l'efficacité des mesures correctrices proposées, un nouveau suivi de la mortalité est préconisé, selon le protocole publié en mars 2018 (« Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres – Révision 2018 », DGPR, DGALN, MNHN, LPO, SFEPM et FEE).

Afin de pouvoir corrélérer l'activité en altitude au regard des cadavres découverts, les suivis de mortalité et d'activité des chiroptères seront couplés. Ainsi, **un suivi de la mortalité est préconisé sur l'ensemble de la période d'activité principale des chiroptères en Bretagne** (de mi-avril à fin octobre). Pour le parc de Bourbriac Nord, un total de **28 sorties** sera réalisé selon la périodicité présentée dans le tableau suivant.

Semaine n°	1 à 15	16 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Fréquence des sorties	0	1 par semaine			0
Nombre de sorties sur la période	0	4	11	13	0

* Le suivi de mortalité des oiseaux et des chiroptères est mutualisé. Ainsi, tout suivi de mortalité devra conduire à rechercher à la fois les oiseaux et les chiroptères (y compris par exemple en cas de suivi étendu motivé par des enjeux avifaunistiques ou chiroptérologique).

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).....	13
Figure 2 : Tendances des populations pour six espèces de chauves-souris en France entre 2006 et 2018 (Bas et al., 2020)	17
Figure 3 : Diminution de l'activité de la Sérotine commune sur le parc éolien de Midlum (Bach & Rahmel 2004)	19
Figure 4 : Ration du temps passé en hauteur pour chaque espèce de chiroptères (Adapté de Roemer et al., 2017)	21
Figure 5 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne	22
Figure 6 : Effet de différents paramètres sur l'activité des chiroptères mesurée en nacelle d'éolienne (sur 69 éoliennes dans 35 sites dans 5 différentes régions naturelles en Allemagne en 2008) (Behr et al., 2017)	25
Figure 7 : Modèles d'activité nocturne de plusieurs espèces de chiroptères tout au long de la saison par rapport au coucher du soleil (Newson et al., 2015).....	26
Figure 8 : Nombre de mortalités de chauves-souris par éolienne et par an en fonction de la garde au sol et du diamètre de rotor (Traduit de Dürr 2019, SFEPM 2020)	28
Figure 9 : Contours isolignes des déclins de population projetés après 50 ans de croissance simulée avec une mortalité proportionnelle des chauves-souris cendrées causées par les éoliennes selon des combinaisons de tailles de population initiales possibles (N_i) et de taux de croissance de population (λ) (Frick et al., 2017)	30
Figure 10 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.).....	35
Figure 11 : Indices de confiance établis par Sonochiro® et risques d'erreurs associés	36
Figure 12 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne.....	40
Figure 13 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude (n=4 467).....	55
Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement (n=4 467).....	56
Figure 15 : Répartition du nombre de contacts par jours durant l'ensemble de la période d'inventaire	58
Figure 16 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien	59
Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la température (double échelle).....	61
Figure 18 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température	62
Figure 19 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent.....	62
Figure 20 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent	63
Figure 21 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur les deux années d'études (n= 5942)	66

Figure 22 : Répartition du nombre de contacts par jours sur les deux périodes d'études.....	67
Figure 23 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement sur les deux périodes d'études	68
Figure 24 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien	68
Figure 25 : Activité des chiroptères en fonction de la température	69
Figure 26 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent	70
Figure 27 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2023).....	77
Figure 28 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	82
Figure 29 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2022 et 2023	88
Figure 30 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023	89
Figure 31 : 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, 2023).....	96
Figure 32 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	100
Figure 33 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2022 et 2023	107
Figure 34 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023	108

Tableaux

Tableau 1 : Activité pondérée des chiroptères du nombre de contact moyen par nuit	37
Tableau 2 : Dates et conditions météorologiques des inventaires du milieu naturel	37
Tableau 3 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi	43
Tableau 4 : Postulats de chaque méthode d'estimation.....	47
Tableau 5 : Synthèse des enjeux sur les chiroptères de l'étude d'impact de AEPE Gingko (2017)	53
Tableau 6 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne	54
Tableau 7 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques	55
Tableau 8 : Répartition du nombre de contacts en fonction des mois d'inventaires	56
Tableau 9 : Résultats de la richesse spécifique en fonction des études menées sur le site.....	65
Tableau 10 : Résultats des tests d'efficacité	73
Tableau 11 : Résultats des tests de persistance	73
Tableau 12 : Synthèse des surfaces prospectées	74
Tableau 13 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE)	75
Tableau 14 : Espèces patrimoniales, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2015-2016 (AEPE-Gingko).....	78
Tableau 15 : Espèces non patrimoniales sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2015-2016 (AEPE-Gingko).....	79
Tableau 16 : Oiseaux découverts lors du suivi mortalité	80

Tableau 17 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	80
Tableau 18 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	85
Tableau 19 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2022 et 2023	87
Tableau 20 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2022 et 2023	87
Tableau 21 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la phase biologique en 2022 et 2023	88
Tableau 22 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023.....	89
Tableau 23 : Sensibilité et note de risque des chiroptères vis-à-vis des éoliennes	95
Tableau 24 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2016-2017 (AEPE-Ginkgo).....	97
Tableau 25 : Chiroptères découverts lors du suivi mortalité	98
Tableau 26 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	99
Tableau 27 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	104
Tableau 28 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2022 et 2023	105
Tableau 29 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2022 et 2023	106
Tableau 30 : Mortalité brute sur l'ensemble du parc en fonction de la période biologique en 2022 et 2023	107
Tableau 31 : Mortalité brute par éolienne en 2022 et 2023.....	108
Tableau 32 : Modalités d'arrêt des éoliennes en 2022 et 2023	111
Tableau 33 : Modalités d'arrêt des éoliennes pour l'année 2024.....	114

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien de Bourbriac Nord.....	7
Carte 2 : Localisation du parc éolien de Bourbriac Nord sur photographie aérienne	8
Carte 3 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne	83
Carte 4 : Répartition des cadavres de chiroptères trouvés par éolienne	101

Photographie

Photo 1 : Éoliennes E1 (en haut), E2 (au milieu) et E3 (en bas)	9
Photo 2 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales.....	16

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

- 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 Castelnau-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. Gorrens 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, SFEPM, 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).
- Écosphère, 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.
- Gaultier, S.P., Marx, G., Roux, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15363.73765>
- Gelman, A., 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 Landesamtes 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.
- Hötter 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 Campion T. & Dubos T. 2017. Etude 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. Etude 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 Siting 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 Mas 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

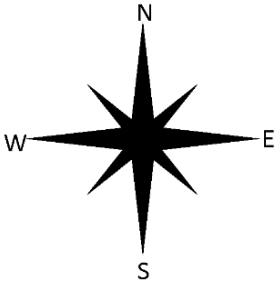
Site :								Observateur :	
Date	Heure		T°C		Couverture nuageuse (%)	Pluie (absente, bruine, averses)	Vent (absent, faible, moyen à fort)	Surface prospectée (approx.)	Cadavre (n° + espèce)
	Début	Fin	Début	Fin					

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

Annexe 4 : Sorties mortalité réalisées en 2023

Chercheurs	Période biologique avifaune (théorique)	Période biologique chiroptère (théorique)	Date	H. début	H. fin	T. début (°C)	T. fin (°C)	CN (%)	Pluie	Vent
Corentin GOISLOT	Migrations prénuptiales (1 ^{er} mars - 30 avril)	Transits printaniers (16 mars - 31 mai)	19/04/2023	13:00	15:00	14	15	25	absente	faible
Corentin GOISLOT			26/04/2023	8:30	10:30	9	11	100	bruine	absent
Corentin GOISLOT	02/05/2023		9:00	11:00	12	14	0	absente	faible	
Corentin GOISLOT	09/05/2023		15:00	17:00	17	14	75	averses	moyen à fort	
Corentin GOISLOT	17/05/2023		11:00	13:30	15	16	75	absente	faible	
Corentin GOISLOT	24/05/2023		10:30	12:30	14	16	20	absente	moyen à fort	
Corentin GOISLOT	31/05/2023		11:00	12:30	12	13	100	absente	moyen à fort	
Corentin GOISLOT	Nidification (1 ^{er} mai - 31 août)		Mise-bas / Elevage des jeunes (1 ^{er} juin - 15 août)	06/06/2023	13:30	15:30	17	19	50	absente
Corentin GOISLOT		15/06/2023		10:30	13:30	21	24	0	absente	faible
Corentin GOISLOT		21/06/2023		10:15	12:15	19	22	75	absente	moyen à fort
Corentin GOISLOT		29/06/2023		10:15	12:45	16	18	75	absente	faible
Corentin GOISLOT		04/07/2023		13:30	15:00	19	19	90	averses	faible
Corentin GOISLOT		11/07/2023		11:00	12:30	19	19	100	bruine	moyen à fort
Corentin GOISLOT		20/07/2023		12:30	13:30	18	19	75	absente	faible
Corentin GOISLOT		26/07/2023		13:00	14:00	20	21	90	absente	moyen à fort
Corentin GOISLOT		01/08/2023		15:45	16:45	18	17	100	bruine	moyen à fort
Corentin GOISLOT		09/08/2023		15:30	16:30	26	26	25	absente	absent
Laëtitia VIBERT		Transits automnaux / Swarming (16 août - 15 novembre)	17/08/2023	12:30	13:45	16	28	90	absente	faible
Corentin GOISLOT			24/08/2023	12:00	13:30	21	22	100	absente	faible
Corentin GOISLOT			31/08/2023	10:15	12:00	17	17	100	absente	moyen à fort
Corentin GOISLOT			06/09/2023	13:00	15:30	28	30	0	absente	absent
Corentin GOISLOT			12/09/2023	10:15	12:15	18	21	100	absente	faible
Corentin GOISLOT			21/09/2023	12:15	14:15	14	16	75	absente	moyen à fort
Corentin GOISLOT			28/09/2023	12:00	13:30	18	22	100	absente	moyen à fort
Corentin GOISLOT			04/10/2023	13:30	15:00	17	18	60	absente	faible
Corentin GOISLOT	10/10/2023		11:45	13:15	18	20	10	absente	faible	
Corentin GOISLOT	20/10/2023		12:30	13:45	15	16	25	absente	moyen à fort	
Corentin GOISLOT	25/10/2023	10:30	12:00	11	12	100	bruine	faible		
T. : Température / CN : couverture nuageuse / H. : Heure.										

T. : Température / CN : couverture nuageuse / H. : Heure.

Annexe 5 : Cas de collision avec des chiroptères recensés en France et en Europe au 9 août 2023 (d'après Dürr, 2023)

Espèces	Europe	France
Pipistrelle commune	3 401	1 931
Pipistrelle de Nathusius	1 792	415
Noctule commune	1 765	269
Chiroptère sp.	1 123	465
Pipistrelle sp.	864	421
Noctule de Leisler	813	243
Pipistrelle de Kuhl	661	411
Pipistrelle pygmée	494	199
Pipistrelle commune / pygmée	412	40
Vespère de Savi	346	59
Sérotine bicolore	218	11
Sérotine commune	165	72
Sérotine Isabelline	120	0
Sérotine commune / Isabelline	115	0
Molosse de Cestoni	85	3
Sérotine de Nilsson	45	0
Grande Noctule	41	10
Noctule sp.	26	5
Minioptère de Schreibers	14	8
Murin de Daubenton	12	2
Oreillard gris	11	2
Murin sp.	10	1
Grand Murin	9	5
Oreillard roux	9	1
Murin à moustaches	8	4
Barbastelle d'Europe	8	6
Petit Murin	7	1
Murin de Natterer	6	3
Murin à oreilles échancrées	5	3
Murin des marais	3	0
Murin de Bechstein	2	2
Murin de Brandt	2	0
Grand Rhinolophe	2	1
Oreillard sp.	1	1
Rhinolophe de Mehely	1	0
Rhinolophe sp.	1	0

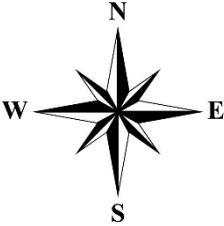
Annexe 6 : Cas de collision avec l'avifaune recensés en France et en Europe au 9 août 2023 (d'après Dürr, 2023)

Ordre	France	Europe
Passériformes	1 900	6 098
Accipitriformes	607	5 360
Charadriiformes	378	3 131
Falconiformes	464	1 129
Columbiformes	376	950
Galliformes	321	869
Apodiformes	436	770
Ansériformes	27	628
Ciconiiformes	5	176
Pélécaniiformes	14	168
Strigiformes	25	138
Gruiformes	7	104
Inconnu	39	50
Piciformes	10	32
Suliformes	13	32
Cuculiformes	0	16
Coraciiformes	4	15
Bucérotiformes	3	12
Ptérocliformes	0	6
Podicipédiformes	2	5
Caprimulgiformes	0	3
Procellariiformes	0	3
Gaviiformes	0	1
Psittaciformes	0	1

Annexe 7 : Surfaces prospectées par éolienne et par sortie lors du suivi de la mortalité

Sortie	Date	Surface prospectée / éolienne (m²)			
		1	2	3	Total
1	19/04/2023	7 504	7 151	6 507	21 162
2	26/04/2023	7 504	7 151	6 507	21 162
3	02/05/2023	7 504	5 197	6 003	18 704
4	09/05/2023	7 504	6 590	6 003	20 097
5	17/05/2023	7 504	6 590	5 540	19 634
6	24/05/2023	7 504	6 590	5 540	19 634
7	31/05/2023	7 504	6 590	5 540	19 634
8	06/06/2023	7 342	5 847	5 540	18 729
9	15/06/2023	6 440	5 847	4 307	16 594
10	21/06/2023	6 440	5 847	4 307	16 594
11	29/06/2023	3 019	5 253	2 998	11 270
12	04/07/2023	3 019	4 306	2 998	10 323
13	11/07/2023	2 505	3 708	2 998	9 211
14	20/07/2023	2 505	2 974	2 420	7 899
15	26/07/2023	2 505	2 974	2 420	7 899
16	01/08/2023	1 803	2 757	2 420	6 980
17	09/08/2023	6 804	0	2 420	9 224
18	17/08/2023	6 804	5 618	1 525	13 947
19	24/08/2023	5 876	5 618	1 525	13 019
20	31/08/2023	6 087	5 777	2 678	14 542
21	06/09/2023	2 176	5 777	2 678	10 631
22	12/09/2023	7 015	5 777	2 678	15 470
23	21/09/2023	7 906	6 143	2 659	16 708
24	28/09/2023	7 906	3 282	2 659	13 847
25	04/10/2023	6 958	3 761	2 659	13 378
26	10/10/2023	10 235	3 761	2 659	16 655
27	20/10/2023	6 394	3 521	1 969	11 884
28	25/10/2023	6 394	3 521	1 525	11 440
Moyenne sur l'ensemble du suivi		6 024	4 926	3 560	14 510
Proportion (%)		41,83	34,21	24,72	33,59

Annexe 8 : Fiches de saisie standardisées de la mortalité du parc éolien de Bourbriac Nord

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 1 – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 1	Date 17/05/2023	Heure 12:20	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48.50268333</p> <p>Longitude : -3.23989833</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E2</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 49</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : labour</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230517_BOURBRIAC_E2_O1			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de l'oiseau (aile déployées) : inconnue</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : plumes de couvertures noires</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Oiseau sp.</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <p>Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input checked="" type="checkbox"/></p>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <p><input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input checked="" type="checkbox"/> Sec</p>			
<p>Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :</p> <p>Collision avec pale puis prédation par un rapace probable (rachis en bon état)</p> <p>COMMENTAIRES :</p> <p>La plumée découverte dans le labour n'a pas permis l'identification de l'espèce.</p>			

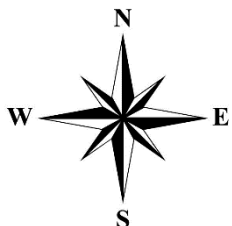
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 1 – PHOTOS



Photographie 1 : Plumée de passereau non identifié retrouvée sous l'éolienne E2 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 2 : Plumée de passereau non identifié retrouvée sous l'éolienne E2 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 2 – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 2	Date 24/05/2023	Heure 11:40	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48.49953667</p> <p>Longitude : -3.23633834</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E3</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 19</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : NW</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : prairie</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230524_BOURBRIAC_E3_O2			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de l'oiseau (aile déployées) : inconnue</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Primaires et secondaires gris-brun, liseré gris-beige sur le vexille externe. Le vexille interne porte une zone blanche nettement définie, allongée sur les primaires, plus arrondies sur les secondaires.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Grive draine</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <p style="text-align: center;">Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input checked="" type="checkbox"/></p>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input type="checkbox"/>Décomposé <input checked="" type="checkbox"/>Sec</p>			
<p>Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :</p> <p>Collision avec pale puis prédation par un rapace probable (rachis en bon état + présence d'une plume de Buse variable)</p> <p>COMMENTAIRES :</p> <p>Plumée comprenant des rémiges primaires, secondaires et des plumes du ventre. Plumée éparpillée sur une grande zone.</p>			

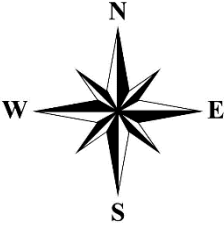
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 2 – PHOTOS



Photographie 3 : Plumée de Grive draine retrouvée sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 4 : Plumée de Grive draine retrouvée sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 3 – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 3	Date 29/06/2023	Heure 12:05	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,5025250</p> <p>Longitude : -3,2402633</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E2</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 22</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : culture de blé</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230629_BOURBRIAC_E2_O3			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de l'oiseau (aile déployées) : envergure = 43 cm / longueur = 27 cm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : petit, ailes larges et assez courte, longue queue. Jeune individu (probablement un mâle) : petit, brun foncé dessus, poitrine et ventre barrés de brun-roussâtre.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Épervier d'Europe</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <p style="text-align: center;">Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/></p>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input checked="" type="checkbox"/>Décomposé <input type="checkbox"/>Sec</p>			
<p>Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :</p> <p>Aucune blessure visible (projection au sol ?)</p> <p>COMMENTAIRES :</p> <p>Trouvé dans un sillon créé par un tracteur dans la culture de blé. Cadavre en cours de décomposition par les vers et les mouches laissant penser à une mort datant de plusieurs jours avant la découverte (détection du cadavre impossible avant le passage du tracteur dans le blé).</p>			

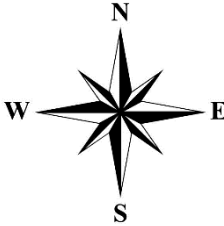
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 3 – PHOTOS



Photographie 5 : Individu d'Épervier d'Europe retrouvé sous l'éolienne E2 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 6 : Individu d'Épervier d'Europe retrouvé sous l'éolienne E2 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 4 – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 4	Date 06/09/2023	Heure 13:10	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,4991467</p> <p>Longitude : -3,2417950</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E1</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 50</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SO</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230906_BOURBRIAC_E1_C4			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de la chauve souris (aile déployées) : Avant-bras = 30,4mm 5ème doigt = 38,5mm 3ème doigt = 50mm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Femelle adulte. Tragus courbé, à pointe arrondie. L'incisive 1 est bicuspidée et légèrement plus longue que l'incisive 2, la prémolaire 3 est peu visible, la canine 1 et la prémolaire 4 ne se touche pas.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> </div> <div> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Fragment <input type="checkbox"/> </div> </div>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input type="checkbox"/>Décomposé <input type="checkbox"/>Sec </div>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Barotraumatisme			
<p>COMMENTAIRES :</p> <p>Épisode de MORTALITÉ MASSIVE (fiche ICPE remplie)</p>			

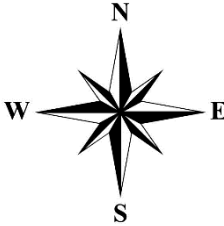
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 4 – PHOTOS



Photographie 7 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E1 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 8 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E1 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 5 – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 5	Date 06/09/2023	Heure 13:15	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,4991083</p> <p>Longitude : -3,2417300</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E1</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 50</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SO</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230906_BOURBRIAC_E1_C5			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de la chauve souris (aile déployées) : Avant-bras = 30,5mm 5ème doigt = 40,5mm 3ème doigt = 54mm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Mâle adulte en reproduction (testicules très gonflés). Tragus courbé, à pointe arrondie. L'incisive 1 est bicuspidée et légèrement plus longue que l'incisive 2, la prémolaire 3 est peu visible, la canine 1 et la prémolaire 4 ne se touche pas.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> </div> <div> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Fragment <input type="checkbox"/> </div> </div>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <input checked="" type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input type="checkbox"/>Décomposé <input type="checkbox"/>Sec </div>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Barotraumatisme			
<p>COMMENTAIRES :</p> <p>Épisode de MORTALITÉ MASSIVE (fiche ICPE remplie)</p>			

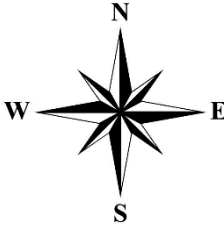
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 5 – PHOTOS



Photographie 9 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E1 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 10 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E1 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 6 – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 6	Date 06/09/2023	Heure 14:30	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,5022383</p> <p>Longitude : -3,2410350</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E2</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 53</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SO</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230906_BOURBRIAC_E1_C6			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de la chauve souris (aile déployées) : Avant-bras = 31,5mm 5ème doigt = 40,5mm 3ème doigt = 55,5mm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Femelle adulte. Tragus courbé, à pointe arrondie. L'incisive 1 est bicuspidée et légèrement plus longue que l'incisive 2, la prémolaire 3 est peu visible, la canine 1 et la prémolaire 4 ne se touche pas.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> </div> <div> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Fragment <input type="checkbox"/> </div> </div>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <input checked="" type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input type="checkbox"/>Décomposé <input type="checkbox"/>Sec </div>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Barotraumatisme			
<p>COMMENTAIRES :</p> <p>Épisode de MORTALITÉ MASSIVE (fiche ICPE remplie)</p>			

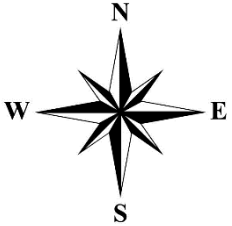
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 6 – PHOTOS



Photographie 11 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E2 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 12 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E2 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 7 – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 7	Date 06/09/2023	Heure 14:50	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,4995450</p> <p>Longitude : -3,2371883</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E3</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 76</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : NO</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Labours</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230906_BOURBRIAC_E1_C7			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de la chauve souris (aile déployées) : Avant-bras = 30,1mm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Mâle juvénile. Tragus courbé, à pointe arrondie. L'incisive 1 est bicuspidée et légèrement plus longue que l'incisive 2, la prémolaire 3 est peu visible, la canine 1 et la prémolaire 4 ne se touche pas.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> </div> <div> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Fragment <input type="checkbox"/> </div> </div>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec </div>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Barotraumatisme			
<p>COMMENTAIRES :</p> <p>Épisode de MORTALITÉ MASSIVE (fiche ICPE remplie)</p>			

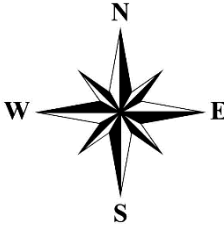
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 7 – PHOTOS



Photographie 13 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 14 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 8 – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 8	Date 06/09/2023	Heure 15:00	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,4995667</p> <p>Longitude : -3,2370050</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E3</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 63</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : NO</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Labours</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230906_BOURBRIAC_E1_C8			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de la chauve souris (aile déployées) : Avant-bras = 32mm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Femelle adulte. Tragus courbé, à pointe arrondie. L'incisive 1 est bicuspidée et légèrement plus longue que l'incisive 2, la prémolaire 3 est peu visible, la canine 1 et la prémolaire 4 ne se touchent pas.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible <input type="checkbox"/> </div> <div> Fragment <input type="checkbox"/> </div> </div>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div><input type="checkbox"/> Frais</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Avancé</div> <div><input type="checkbox"/> Décomposé</div> <div><input type="checkbox"/> Sec</div> </div>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Collision ou barotraumatisme			
<p>COMMENTAIRES :</p> Fracture de l'avant-bras gauche ; épisode de MORTALITÉ MASSIVE (fiche ICPE remplie)			

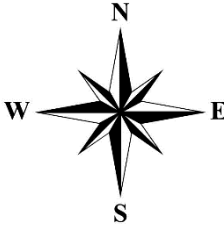
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 8 – PHOTOS



Photographie 15 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 16 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 9 – MORTALITÉ CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 9	Date 06/09/2023	Heure 15:10	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p style="text-align: center;">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,4990418</p> <p>Longitude : -3,2367707</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E3</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 60</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : SO</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme</p> <div style="text-align: right;">  </div>			
N° de photos : 20230906_BOURBRIAC_E1_C9			
<p style="text-align: center;">Description et identification</p> <p>Taille de la chauve souris (aile déployées) : Avant-bras = 31,4mm 5ème doigt = 41,5mm 3ème doigt = 52,5mm</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Femelle adulte. Tragus courbé, à pointe arrondie. L'incisive 1 est bicuspidée et légèrement plus longue que l'incisive 2, la prémolaire 3 est peu visible, la canine 1 et la prémolaire 4 ne se touche pas.</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune</p>			
<p style="text-align: center;">État de l'individu</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> </div> <div> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/> </div> <div> Fragment <input type="checkbox"/> </div> </div>			
<p style="text-align: center;">État du cadavre</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input type="checkbox"/>Décomposé <input type="checkbox"/>Sec </div>			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : Barotraumatisme			
<p>COMMENTAIRES :</p> <p>Épisode de MORTALITÉ MASSIVE (fiche ICPE remplie)</p>			

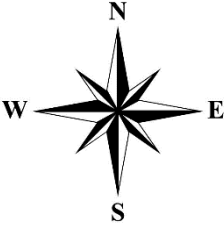
FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 9 – PHOTOS



Photographie 17 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 18 : Individu de Pipistrelle commune retrouvé sous l'éolienne E3 du parc éolien de Bourbriac (22)

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 10 – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : Bourbriac			
Point n° 10	Date 04/10/2023	Heure 13:55	Nom du découvreur Corentin GOISLOT
<p align="center">Localisation</p> <p>Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte</p> <p>Latitude : 48,4997350</p> <p>Longitude : -3,2407083</p> <p>Numéro de l'éolienne la plus proche : E1</p> <p>Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 54</p> <p>Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : NE</p> <p>Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Labour / Phacélie</p> <div align="right">  </div>			
N° de photos : 20231004_BOURBRIAC_E1_O10			
<p align="center">Description et identification</p> <p>Taille de l'oiseau (aile déployées) : inconnue</p> <p>Particularités (couleur, forme quelconque) : Plumes caractéristiques d'un individu mâle</p> <p>Identification (famille, espèce si possible) : Faisan de Colchide</p>			
<p align="center">État de l'individu</p> <p align="center"> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input checked="" type="checkbox"/> </p>			
<p align="center">État du cadavre</p> <p align="center"> <input type="checkbox"/>Frais <input type="checkbox"/>Avancé <input type="checkbox"/>Décomposé <input checked="" type="checkbox"/>Sec </p>			
<p>Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) :</p> <p>Collision avec le mat possible</p> <p>COMMENTAIRES :</p> <p>Plumée comprenant des plumes avec le rachis cassé faisant penser à une prédation par un carnivore</p>			

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 10 – PHOTOS



Photographie 19 : Plumée de Faisan de Colchide retrouvée sous l'éolienne E1 du parc éolien de Bourbriac (22)



Photographie 20 : Plumée de Faisan de Colchide retrouvée sous l'éolienne E1 du parc éolien de Bourbriac (22)

Annexe 9 : Fiche de déclaration d'incident faune volante de la mortalité massive du parc éolien de Bourbriac Nord

Fiche déclaration de mortalité

Données brutes et analyse d'une mortalité liée au fonctionnement
d'un parc éolien

Historique des versions				
Indice	Nature de la version	Éléments transmis	Statut ¹	Date de transmission
1	Données brutes	§ 1 et 2 + plan	<input checked="" type="checkbox"/>	08.09.2023
2	Analyse et mesures correctives	§ 3 à 7	<input checked="" type="checkbox"/>	11.10.2023
3	Consolidation ultérieure	Facultatif	<input type="checkbox"/>	Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

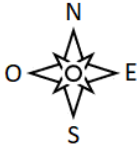
1. Informations administratives

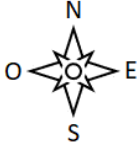

Date de renseignement de la fiche	07.09.2023
Coordonnées de l'exploitant ICPE	<ul style="list-style-type: none"> Nom du parc tel que mentionné sur les arrêtés d'autorisation : Bourbriac N°ICPE OREOL : 0005521130
Gestion technique	Julien Leon P&T Technologie +33 (0)6 26 48 02 16
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> Commune(s) : Bourbriac Département(s) : 22

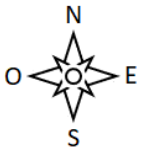
2. Données brutes

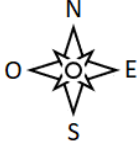

Date de découverte de l'individu	06.09.2023
Contexte de la découverte	Le ou les individus ont été découverts : <input checked="" type="checkbox"/> Au cours d'un suivi environnemental <input type="checkbox"/> Par découverte aléatoire, à préciser Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.
Qualité de la personne ayant découvert	Qualité : <input type="checkbox"/> Promeneur / Riverain <input type="checkbox"/> Exploitant agricole <input type="checkbox"/> Intervenant (exploitant, maintenancier, paysagiste...) <input checked="" type="checkbox"/> Bureau d'étude environnemental

¹ Cocher la case dès que l'étape est réalisée

	<input type="checkbox"/> Autre, préciser : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. Nom de la société le cas échéant : ENCIS Environnement
Informations sur l'individu	<ul style="list-style-type: none"> Nombre d'individus découverts dans le cas d'une même espèce : 6 Type d'espèce identifiée : <input type="checkbox"/> Avifaune <input checked="" type="checkbox"/> Chiroptère Espèce présumée : Nom commun : Pipistrelle commune Nom scientifique : <i>Pipistrellus pipistrellus</i> Liste rouge nationale : NT : Quasi menacée Liste locale ou régionale établie selon la méthodologie UICN : LC : Préoccupation mineure
Contexte de la découverte de l'individu n°1 <i>Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</i>	<ul style="list-style-type: none"> Numéro de l'éolienne (selon plan du site joint) et identifiant OREOL : E1 Estimation de la distance de l'individu par rapport à l'éolienne (en mètres) : 50 m <input type="checkbox"/> Information non disponible Localisation de l'individu par rapport à l'éolienne (Nord / Est / Sud / Ouest, etc.) : SO <input type="checkbox"/> Information non disponible Estimation de la date de la mort de l'individu : découverts le 06.09.2023. Date de mortalité estimée entre 1 et 2 jours. <input type="checkbox"/> Information non disponible 
Informations particulières relatives à l'individu n°1 <i>Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</i>	<ul style="list-style-type: none"> Etat de l'individu découvert : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort sans blessure visible <input type="checkbox"/> Mort avec blessure visible <input type="checkbox"/> Fragment(s) / Ossement(s) <input type="checkbox"/> Information non disponible Si individu mort, état du cadavre découvert : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Information non disponible Individu bagué : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Indéterminé N° bague : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. <input type="checkbox"/> Information non disponible

<p>Contexte de la découverte de l'individu n°2 Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro de l'éolienne (selon plan du site joint) et identifiant OREOL : E1 • Estimation de la distance de l'individu par rapport à l'éolienne (en mètres) : 50 m <input type="checkbox"/> Information non disponible • Localisation de l'individu par rapport à l'éolienne (Nord / Est / Sud / Ouest, etc.) : SO <input type="checkbox"/> Information non disponible • Estimation de la date de la mort de l'individu : découverts le 06.09.2023. Date de mortalité estimée entre 1 et 2 jours. <input type="checkbox"/> Information non disponible 
<p>Informations particulières relatives à l'individu n°2 Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Etat de l'individu découvert : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort sans blessure visible <input type="checkbox"/> Mort avec blessure visible <input type="checkbox"/> Fragment(s) / Ossement(s) <input type="checkbox"/> Information non disponible • Si individu mort, état du cadavre découvert : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Information non disponible • Individu bagué : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Indéterminé • N° bague : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. • <input type="checkbox"/> Information non disponible
<p>Contexte de la découverte de l'individu n°3 Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro de l'éolienne (selon plan du site joint) et identifiant OREOL : E2 • Estimation de la distance de l'individu par rapport à l'éolienne (en mètres) : 53 m <input type="checkbox"/> Information non disponible • Localisation de l'individu par rapport à l'éolienne (Nord / Est / Sud / Ouest, etc.) : SO <input type="checkbox"/> Information non disponible • Estimation de la date de la mort de l'individu : découverts le 06.09.2023. Date de mortalité estimée entre 1 et 2 jours. <input type="checkbox"/> Information non disponible 

<p>Informations particulières relatives à l'individu n°3 <i>Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Etat de l'individu découvert : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort sans blessure visible <input type="checkbox"/> Mort avec blessure visible <input type="checkbox"/> Fragment(s) / Ossement(s) <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Si individu mort, état du cadavre découvert : <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Individu bagué : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Indéterminé N° bague : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i>
<p>Contexte de la découverte de l'individu n°4 <i>Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Numéro de l'éolienne (selon plan du site joint) et identifiant OREOL : E3 Estimation de la distance de l'individu par rapport à l'éolienne (en mètres) : 76 m <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Localisation de l'individu par rapport à l'éolienne (Nord / Est / Sud / Ouest, etc.) : NO <div data-bbox="1257 1176 1401 1332" style="text-align: right;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Estimation de la date de la mort de l'individu : découverts le 06.09.2023. Date de mortalité estimée entre 2 et 3 jours. <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i>
<p>Informations particulières relatives à l'individu n°4 <i>Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Etat de l'individu découvert : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort sans blessure visible <input type="checkbox"/> Mort avec blessure visible <input type="checkbox"/> Fragment(s) / Ossement(s) <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Si individu mort, état du cadavre découvert : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • Individu bagué : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Indéterminé • N° bague : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. • <input type="checkbox"/> Information non disponible
<p>Contexte de la découverte de l'individu n°5 Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro de l'éolienne (selon plan du site joint) et identifiant OREOL : E3 • Estimation de la distance de l'individu par rapport à l'éolienne (en mètres) : 63 m <input type="checkbox"/> Information non disponible • Localisation de l'individu par rapport à l'éolienne (Nord / Est / Sud / Ouest, etc.) : NO <input type="checkbox"/> Information non disponible • Estimation de la date de la mort de l'individu : découverts le 06.09.2023. Date de mortalité estimée entre 2 et 3 jours. <input type="checkbox"/> Information non disponible 
<p>Informations particulières relatives à l'individu n°5 Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Etat de l'individu découvert : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort sans blessure visible <input checked="" type="checkbox"/> Mort avec blessure visible <input type="checkbox"/> Fragment(s) / Ossement(s) <input type="checkbox"/> Information non disponible • Si individu mort, état du cadavre découvert : <input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> Information non disponible • Individu bagué : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Indéterminé • N° bague : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. • <input type="checkbox"/> Information non disponible
<p>Contexte de la découverte de l'individu n°6 Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Numéro de l'éolienne (selon plan du site joint) et identifiant OREOL : E3 • Estimation de la distance de l'individu par rapport à l'éolienne (en mètres) : 60 m <input type="checkbox"/> Information non disponible • Localisation de l'individu par rapport à l'éolienne (Nord / Est / Sud / Ouest, etc.) : SO <input type="checkbox"/> Information non disponible 

	<ul style="list-style-type: none"> Estimation de la date de la mort de l'individu : découverts le 06.09.2023. Date de mortalité estimée entre 1 et 2 jours. <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i>
Informations particulières relatives à l'individu n°6 <i>Dupliquer ce cadre en cas de pluralité d'individus</i>	<ul style="list-style-type: none"> Etat de l'individu découvert : <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort sans blessure visible <input type="checkbox"/> Mort avec blessure visible <input type="checkbox"/> Fragment(s) / Ossement(s) <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Si individu mort, état du cadavre découvert : <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i> Individu bagué : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Indéterminé N° bague : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i>

3. Analyse

Etat initial de l'étude d'impact	<ul style="list-style-type: none"> L'espèce était-elle identifiée dans l'état initial de l'étude d'impact ? <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, préciser : Espèce contactée sur la quasi-totalité des sorties de l'état initial de l'étude d'impact, et sur l'ensemble des enregistrements continus. Cette espèce représente le plus grand nombre de contacts (58.97 % des contacts). L'espèce faisait-elle l'objet de mesures ERC ? <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, les détailler : Installation de machines hautes et recul du mât face aux haies et boisements. Bridage des 3 éoliennes dès la première année d'exploitation du parc pendant les périodes les plus à risques
Fonctionnement de l'éolienne impliquée	<ul style="list-style-type: none"> L'éolienne fait-elle l'objet d'une mesure de <u>régulation statique</u> en lien avec l'individu découvert ? <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, préciser le type de mesure et sa programmation : Bridage chiroptérologique entre le 1^{er} avril et le 31 octobre avec les préconisations de bridage suivantes (E1, E2, E3) : <ul style="list-style-type: none"> vent < 5,5 m/s température ≥ 10°C ½ h avant le coucher du soleil jusque ½ h après le lever du soleil

	<p>La régulation était-elle programmée pour fonctionner au moment de la mortalité ?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i></p> <p>La régulation était-il effectivement en fonctionnement ?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Oui</p> <p><input type="checkbox"/> Non → Décrire le dysfonctionnement : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.</p> <p><input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i></p> <p>La programmation de la mesure de régulation était-elle adaptée ?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Oui → Au vu des premières analyses de l'activité chiroptérologique enregistrée sur E3 sur les nuits du 3 au 6 septembre, le bridage appliqué sur le parc éolien de Bourbriac a permis de couvrir la quasi-totalité des contacts de chiroptères enregistrés. Sur cette période, 98% des enregistrements ont eu lieu pour des vitesses de vent inférieures à 5.5 m/s et 100% pour des températures supérieures à 10°C. Une analyse plus fine sera réalisée à la fin de la période de suivi par le bureau d'étude en charge du suivi environnemental du parc (voir point 5).</p> <p><input type="checkbox"/> Non → Préciser les mesures correctives et améliorations possibles en parties 5 & 6</p> <p>• L'éolienne fait elle l'objet d'une <u>régulation dynamique</u> avec présence d'un Système de Détection Automatisé (SDA) <u>en lien avec l'individu découvert</u> ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui, préciser le type de dispositif et les modalités de paramétrage pour l'espèce concernée : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.</p> <p>Le système était-il programmé pour fonctionner au moment de la mortalité ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i></p> <p>Le système était-il effectivement en état de marche ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui</p> <p><input type="checkbox"/> Non → Décrire le dysfonctionnement : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.</p> <p><input type="checkbox"/> <i>Information non disponible</i></p> <p>La programmation du système était-elle adaptée ?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui</p> <p><input type="checkbox"/> Non → Préciser les mesures correctives et améliorations possibles en parties 5 & 6</p>
<p>Contexte de la mortalité, lorsque celle-ci peut être déterminé</p>	<p>• Contexte :</p> <p><input type="checkbox"/> Travaux agricoles récents</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Période de migration de l'espèce</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Individu ou couple cantonné connu à proximité</p> <p><input type="checkbox"/> Indéterminé</p> <p><input type="checkbox"/> Autre ? Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme (individus 1, 2, 3 et 6), labours (individus 4 et 5) Facteurs complémentaires ayant pu entraîner ou faciliter cette blessure / mortalité (conditions de vent, météorologiques particulières, etc.) : Températures élevées des nuits qui précèdent la découverte des cadavres Hypothèse(s) avancée(s) : <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Jeune en phase d'apprentissage <input checked="" type="checkbox"/> Migrateur <input checked="" type="checkbox"/> Nicheur potentiel <input type="checkbox"/> Hivernant <input type="checkbox"/> Autre hypothèse, préciser : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.
Causes probables de la mortalité	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Collision <input checked="" type="checkbox"/> Barotraumatisme <input type="checkbox"/> Autre ? Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte. <input type="checkbox"/> Inconnue, préciser si des analyses complémentaires ont été réalisées ou sont en cours afin de déterminer les causes de la mortalité ainsi que la nature de ces analyses le cas échéant Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.
Causes profondes de la mortalité	<p><i>Hypothèses qui seront analysées dans le rapport final de suivi : La Pipistrelle commune est une espèce très sensible à l'éolien. La découverte des six individus a été constatée juste après la période théorique de mise-bas / élevage des jeunes, pendant les transits automnaux / swarming. Une colonie doit être présente à proximité du parc. Les températures élevées des nuits qui ont précédé la découverte des cadavres ont pu entraîner une activité plus élevée des chiroptères autour des éoliennes. La proximité immédiate des machines avec des haies et bosquets, dans un environnement semi-ouvert, rendent le risque de collision très élevé par son attractivité comme zone de chasse. Cinq individus sont probablement morts par barotraumatisme (aucune blessure visible) et un par collision (fracture de l'avant-bras gauche).</i></p>

4. Autres commentaires

Lors de la première année de suivi, une seule Pipistrelle commune avait été découverte sous E3 en période de mise-bas / élevage des jeunes (20/06/2022).

Lors de la découverte des six Pipistrelles communes le 06/09/2023, seulement 25% environ de la surface théorique a pu être prospectée (voir carte 1 en partie 7).

5. Mesures et actions correctives proposées par l'exploitant, le cas échéant

Un suivi environnemental est actuellement en cours sur le parc éolien de Bourbriac. L'analyse des données d'écoute en hauteur de l'activité chiroptérologique et les résultats du suivi de mortalité permettront de déterminer si une adaptation de la mesure de bridage sur seuils est nécessaire.

Le cas échéant, l'analyse croisée des données d'activité enregistrée en 2023 et des données SCADA de l'éolienne E3 (heures, vitesse du vent, température) pourra permettre si cela s'avère nécessaire d'ajuster certains paramètres du plan de bridage au cycle biologique des chiroptères et à l'activité chiroptérologique enregistrée sur le parc éolien de Bourbriac en 2023.

6. Enseignements tirés / améliorations réalisées ou envisagées

Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

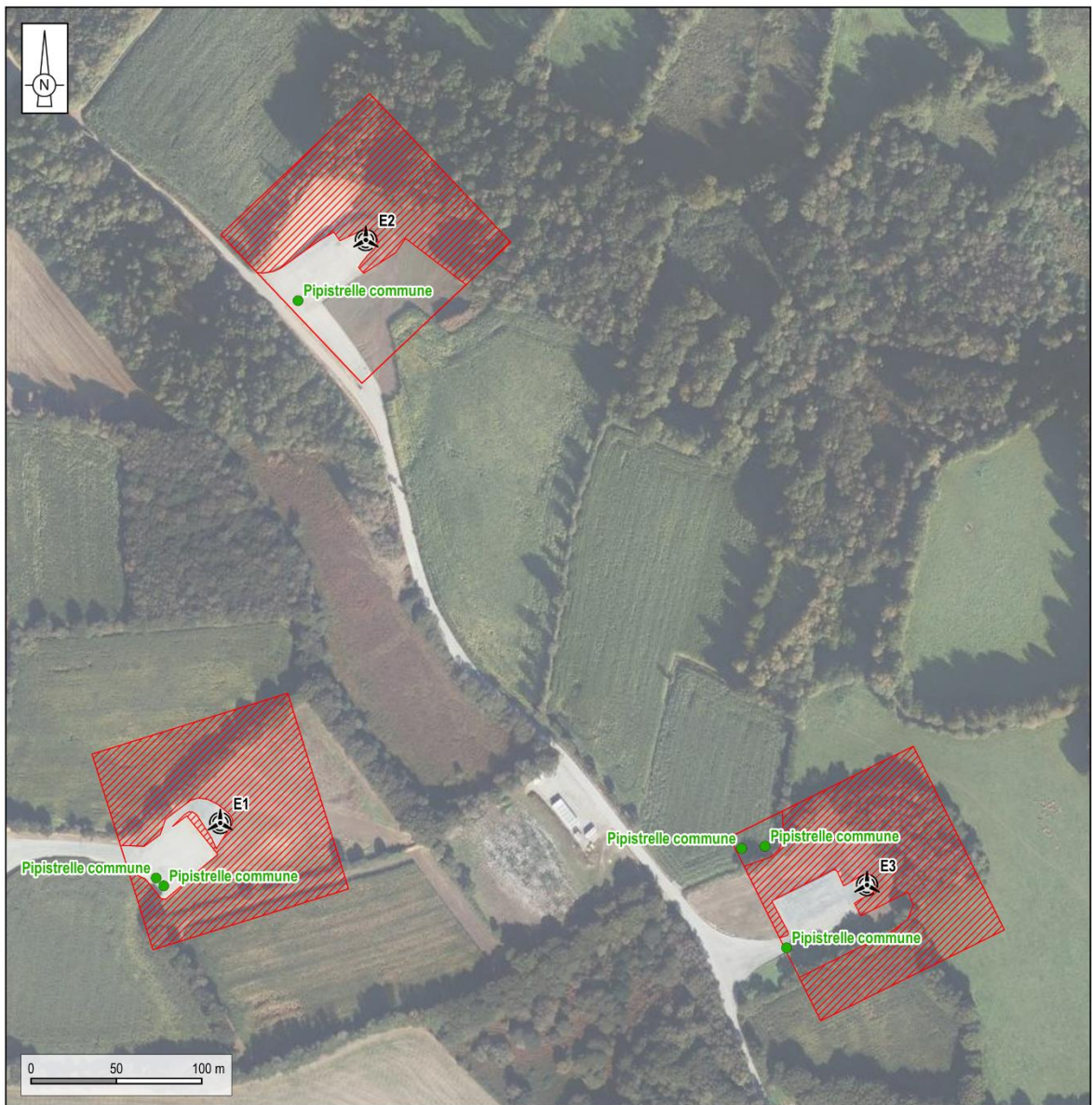
7. Éléments complémentaires transmis

Joindre à cette fiche tout élément complémentaire utile à la compréhension et à l'analyse de la mortalité, notamment :

- ☒ Plan du site éolien reprenant la numérotation des éoliennes du site, avec si possible une croix estimant le lieu de découverte à titre indicatif²
- ☒ Photographies de l'individu et de l'éolienne cible, *si disponibles*
- ☐ Suivis environnementaux et éléments pertinents de l'étude d'impact, *sauf si déjà transmis*
- ☐ Radiographie, *si réalisée*
- ☐ Rapport d'autopsie, *si réalisée*
- ☐ Analyse toxicologique, *si réalisée*
- ☐ Autre, à préciser : Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.

² A transmettre dès la V1 de la présente fiche

Localisation des cadavres retrouvés par éolienne



Parc éolien	Quadrat de prospection	Localisation des cadavres
Eolienne	Surface non prospectable	06/09/2023

Réalisation : ENCIS Environnement

Fond de carte : Orthophotographie IGN

Carte 1 : Localisation des individus retrouvés et surface prospectée le 06 septembre 2023



Individu n°1 (E1)



Individu n°2 (E1)



Individu n°3 (E2)



Individu n°4 (E3)



Individu n°5 (E3)



Individu n°6 (E3)