

## Suivi Environnemental ICPE

PARC ÉOLIEN DU MENEC

COMMUNE DE TREVE & LOUDEAC (22)

SUIVI DE L'ANNEE 2 D'EXPLOITATION (2024)

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, migrants 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 Le Ménéec SAS pour réaliser ce suivi environnemental ICPE dès 2023 (première année de suivi) et en 2024, pour la deuxième année de suivi.

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..... 6

1.4 Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens9

1.5 Les impacts potentiels d'un parc éolien en fonctionnement sur le milieu naturel.. 9

1.5.1 Avifaune ..... 9

1.5.2 Chiroptères..... 13

**2 Méthodes utilisées ..... 21**

2.1 Méthodologie et démarche générale..... 22

2.2 Suivi d'activité des chiroptères ..... 23

2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte..... 23

2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire..... 23

2.3 Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères ..... 26

2.3.1 Principes et objectif..... 26

2.3.2 Protocole utilisé ..... 26

2.3.3 Déclaration d'incident faune volante ..... 27

2.3.4 Détermination du statut biologique ..... 28

2.3.5 Méthodes d'estimation de la mortalité ..... 28

2.4 Calendrier des inventaires ..... 31

2.5 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées ..... 31

2.5.1 Limites des méthodes employées..... 31

2.5.2 Difficultés rencontrées ..... 32

**3 Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères ..... 33**

3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact..... 34

3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en 2024..... 35

3.2.1 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle ..... 35

3.2.2 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle ..... 42

3.3 Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et le suivi environnemental précédent43

3.3.1 Diversité spécifique..... 43

3.3.2 Activité recensée..... 43

3.3.3 Cumul des deux années de suivis environnementaux ..... 44

3.4 Principaux éléments à retenir du suivi environnemental ..... 48

**4 Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères ..... 49**

4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation..... 50

4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle..... 50

4.1.2 Efficacité du chercheur ..... 50

4.1.3 Persistance des cadavres ..... 50

4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique..... 50

4.2 Mortalité de l'avifaune..... 51

4.2.1 Bilans national et européen de la mortalité de l'avifaune ..... 51

4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact..... 52

4.2.3 Mortalité brute de l'avifaune en 2024..... 52

4.2.4 Estimation de la mortalité réelle de l'avifaune en 2024 ..... 54

4.2.5 Causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien .....55

4.2.6 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2024 .....56

4.2.7 Synthèse .....57

**4.3 Mortalité des chiroptères..... 58**

4.3.1 Bilan national et européen de la mortalité des chiroptères .....58

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact .....58

4.3.3 Mortalité brute des chiroptères en 2024 .....59

4.3.4 Estimation de la mortalité réelle des chiroptères en 2024 .....59

4.3.5 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2024 .....59

4.3.6 Synthèse .....60

**5 Mesures correctrices ..... 61**

5.1 Mesures correctrices préconisées pour réduire l'incidence sur les chiroptères .... 62

5.1.1 Programmation préventive.....62

5.2 Mesures correctrices préconisées pour réduire l'incidence sur avifaune ..... 63

5.3 Modalités de suivi préconisées..... 63

**Tables des illustrations..... 64**

**Bibliographie ..... 66**

**Annexes..... 72**




# 1 Cadre général de l'étude



1.1 Maître d’ouvrage – exploitant

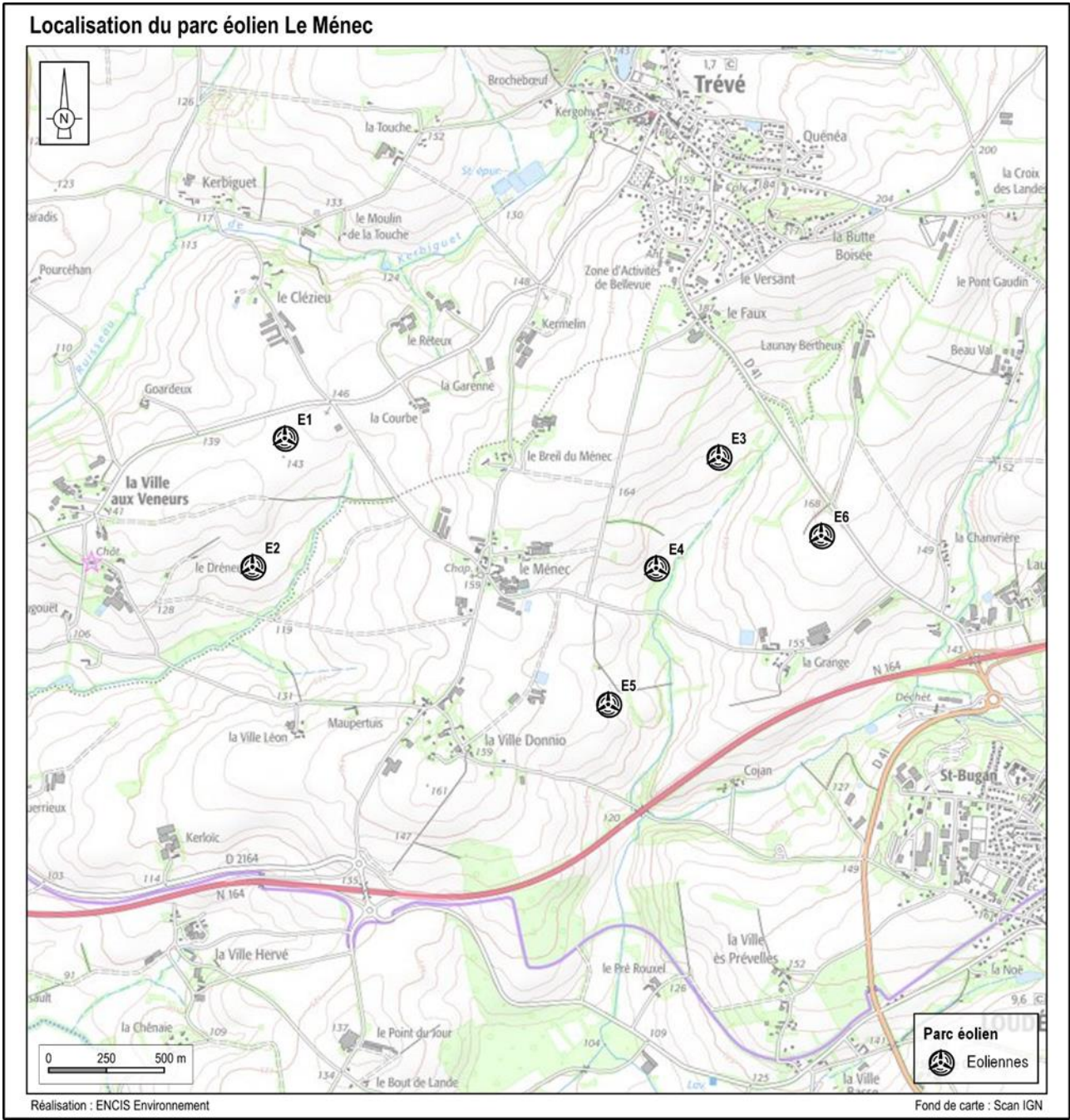
Destinataire	Parc Éolien Le Ménéac SAS
Adresse	Arteparc de Fuveau, Bat A Plan de Fabrique 13710 FUYEAU
Interlocuteur	Julien LEON
Téléphone	+33 2 99 36 77 40

1.2 Auteurs de l'étude

Structure	
Adresse	90 rue Buck Clayton 87 100 LIMOGES Cedex
Téléphone	05 55 36 28 39
Coordination de l'étude	Laëtitia VIBERT, chargée d'étude - ornithologue
Suivi de l'activité des chiroptères	Jahli LUCAS, chargé d'étude - chiroptérologue
Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	Hugo PONTY, technicien d'études - écologue
Correction	Nicolas LAGARDE, Responsable d'étude - ornithologue Marie LABOURÉ, Responsable d'étude - chiroptérologue
Validation	Laëtitia VIBERT, chargée d'étude - ornithologue
Version / date	V1, février 2025

1.3 Présentation du parc éolien étudié

Le parc éolien se situe sur les communes de Trévé (éoliennes E1 et E2) et de Loudéac (éoliennes E3, E4, E5 et E6) dans le département des Côtes-d'Armor (22). Le parc éolien est composé de six éoliennes de type NORDEX N117 d’une puissance nominale de 3,6 MW. Elles sont disposées selon trois lignes orientées nord-est/sud-ouest réparties en deux groupes de deux et quatre éoliennes situés de part et d’autre du hameau Le Ménéac. Cinq éoliennes ont une hauteur de 178,5 mètres en bout de pale (E1, E2, E3, E4 et E5), la sixième de 164,5 mètres (E6) (carte suivante).



Carte 1 : Localisation du parc éolien du Ménéac



Implantées dans un paysage essentiellement agricole et ouvert (bocages dégradés), cinq des six éoliennes et leurs plateformes se situent dans de grandes parcelles de cultures céréalières (E1, E2, E4, E5 et E6), la dernière étant située dans une prairie pâturée (E3). Chacune des deux zones (ouest et est) est marquée par la présence d'un vallon traversé par des cours d'eau secondaires, affluents de l'Oust (carte suivante).



Carte 2 : Localisation du parc éolien du Méné sur photographie aérienne



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





Photo 2 : Éoliennes E4 (en haut), E5 (milieu) et E6 (en bas)



## 1.4 Cadre règlementaire 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

Trois effets des parcs éoliens en fonctionnement sont généralement constatés sur l'avifaune, dans des proportions variables selon l'écologie des espèces, le territoire concerné et les caractéristiques du projet : **la mortalité** (collision avec les pales ou les mâts d'éolienne, projection au sol par les turbulences, barotraumatisme), **la perte d'habitat** (par effarouchement), et **l'effet barrière**.

#### 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 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). À noter que pour certaines espèces d'oiseaux, aucune mesure efficace de revalorisation d'habitat n'est connue, l'évitement doit donc être la priorité (Werner *et al.*, 2018).



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). Farfán *et al.*, (2009), ont par exemple constaté une diminution de la fréquentation des rapaces après la construction d'un parc éolien, mais ce phénomène n'a pas été observé pour les passereaux.

L'analyse des résultats de 127 études portant sur les impacts des éoliennes sur la biodiversité (Hötter *et al.*, 2006) illustre également 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 migrants ou hivernants. Plusieurs auteurs témoignent d'une accoutumance des individus locaux à la présence de ces nouvelles structures (Dulac, 2008 ; Albouy, 2005). Faggio *et al.*, (2003) indiquent une indifférence totale vis-à-vis des éoliennes pour les espèces locales ou nicheuses qui restent en permanence près du sol comme la Fauvette sarde et la Perdrix rouge.

La densité des oiseaux peut également être affectée. Les travaux de Pearce-Higgins *et al.*, (2009), concernant neuf parcs éoliens au Royaume-Uni, suggèrent que les densités d'oiseaux nicheurs peuvent être réduites de 15 à 53 % dans un rayon de 500 mètres autour des éoliennes (espèces les plus touchées : Buse variable, Busard Saint-Martin, Pluvier doré, Bécassine des marais, Courlis cendré et Traquet motteux). Fernández-Bellon *et al.*, (2019), ont également mis en évidence des densités d'oiseaux plus faibles au sein de parcs éoliens, en comparaison de sites témoins.

### **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.). Lors d'une étude par suivi GPS de 143 Courlis cendrés, il a été constaté qu'environ 70 % des individus ont présenté des comportements d'évitement (modifications des trajectoires et hauteurs de vol). Ces comportements d'évitement participent à réduire le risque de collision, mais augmentent la dépense énergétique (Schwemmer *et al.*, 2023).

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).

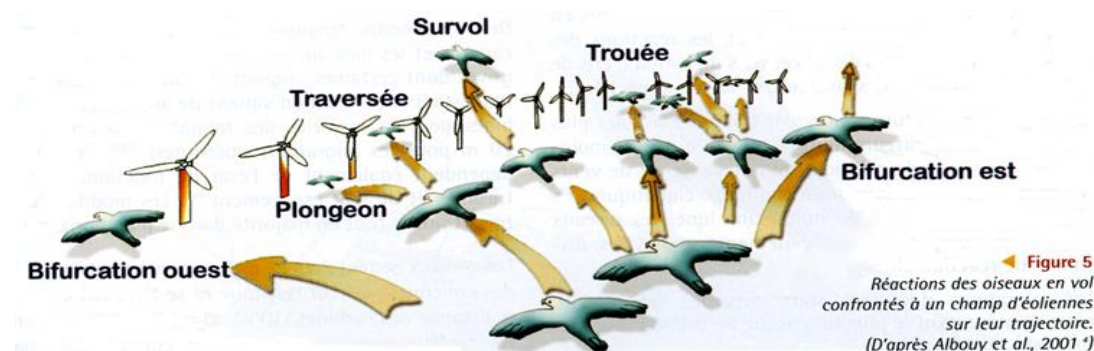


Figure 1 : Réactions des oiseaux en vol confrontés à un champs d'éoliennes sur leur trajectoire (d'après Albouy et al., 2001)

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, réduisant ainsi les risques de collisions (Albouy *et al.*, 2001 ; Werner *et al.*, 2018). En outre, Albouy *et al.*, 2001, 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, Bonaparte 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 migrants. La littérature recommande de limiter l'emprise du parc sur l'axe de migration, dans l'idéal à moins de 1 000 mètres (Soufflot *et al.*, LPO, 2010 ; Marx *et al.*, LPO, 2017). Lorsque cette préconisation ne peut être respectée, il est recommandé d'aménager des trouées de taille suffisante pour laisser des échappatoires aux migrants. 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 »).

Au-delà des couloirs de migration, il est recommandé de ne pas réaliser d'implantation perpendiculaire aux axes principaux de déplacements, et de laisser des zones de passage en cohérence avec ces axes (Drewitt & Langston, 2006, 2008). Cela peut concerner, par exemple, des trajets quotidiens entre une colonie de reproduction et des zones d'alimentation.

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

### 1.5.1.3 Mortalité

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, Werner *et al.*, 2018). 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, Drewitt & Langston, 2006, 2008 ; Gaultier *et al.*, 2019). Duriez *et al.*, (2022), ont ainsi montré l'influence de la mortalité additionnelle générée par les éoliennes sur une population de Faucon crécerelle, ce qui révèle l'importance d'évaluer l'impact à l'échelle de la population, en considérant les paramètres de dynamique de populations (fécondité, taux de survie, etc.).

Les principaux facteurs influençant le risque de collision sont l'espèce (comportement, phénologie, hauteur et type de vol), la densité d'oiseaux, les caractéristiques du parc éolien (nombre d'éolienne, gabarit, agencement, éclairage), les caractéristiques du paysage, la période de l'année, et les conditions météorologiques (Powlesland, 2009, Drewitt & Langston, 2006, 2008). L'environnement du parc (milieux, topographie) serait un paramètre particulièrement important, 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 (Drewitt & Langston, 2008 ; Rydell *et al.*, 2012).

De même, les conditions météorologiques défavorables (brouillard, nuages bas, vent fort, neige), constituent des situations à risque.

Les 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, seraient par conséquent moins sensibles au risque de collision. Les espèces moins farouches seraient potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, etc.). Cependant, les rapaces, les laridés, les ardéidés, les anatidés et les passereaux migrateurs nocturnes sont généralement considérés comme les plus exposés au risque de collision avec les turbines (Powlesland, 2009 ; Souflot, 2010).

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.

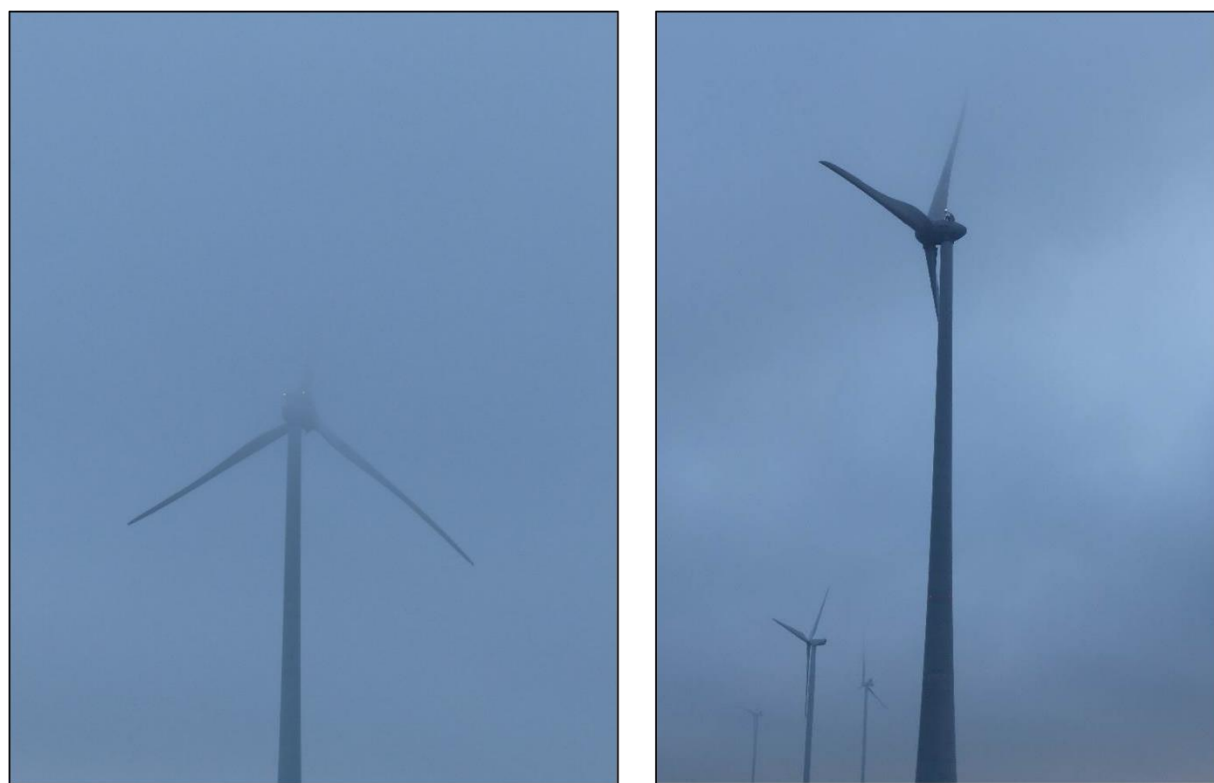


Photo 3 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales - ©Encis Environnement

## 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 est encore loin d'être connue, les paramètres démographiques et, par conséquent, le potentiel impact des décès sur la viabilité des populations de chauves-souris est un paramètre important à prendre en compte (Lenhert *et al.*, 2014, Ellison LE 2013).

Des études récentes au niveau national présentent différents patterns avec des tendances à l'augmentation pour la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin, le Grand Rhinolophe, le Murin à oreilles échancrées, le Petit Rhinolophe, la Pipistrelle de Kuhl et le Rhinolophe euryale, et à l'inverse, des tendances à la diminution pour le Minioptère 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).

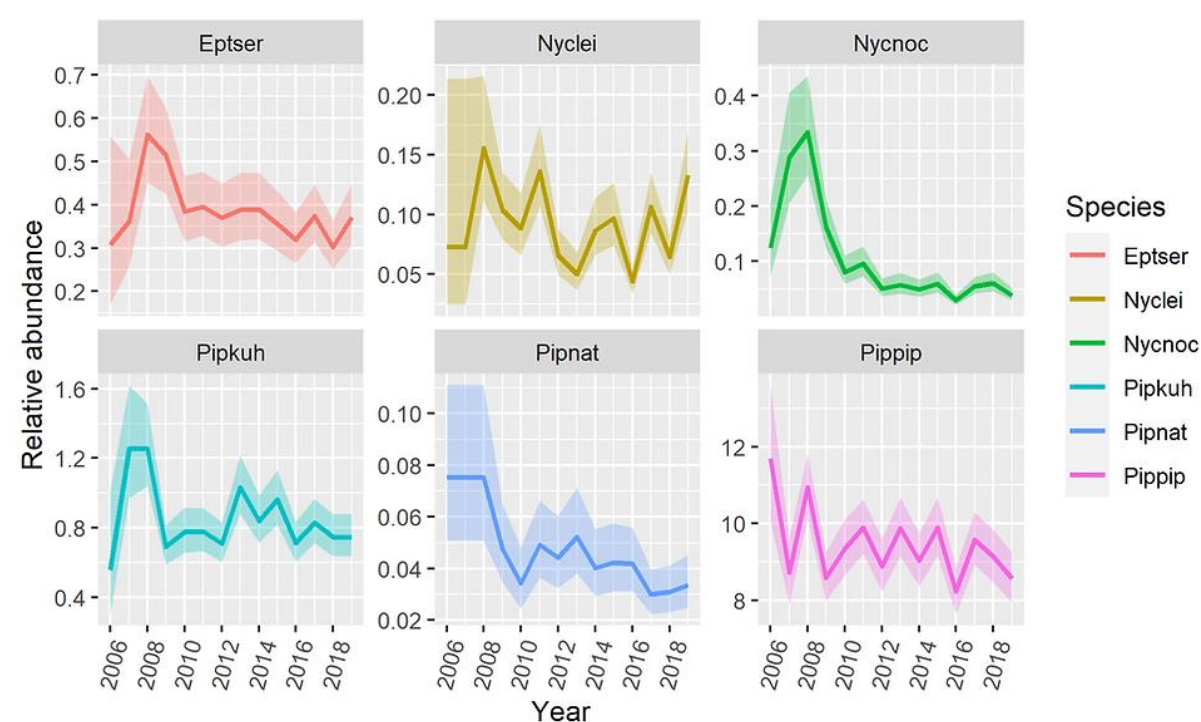


Figure 2 : Tendances des populations pour six espèces de chauves-souris en France entre 2006 et 2018 (Bas *et al.*, 2020)

#### 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 ; Roেকে *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.

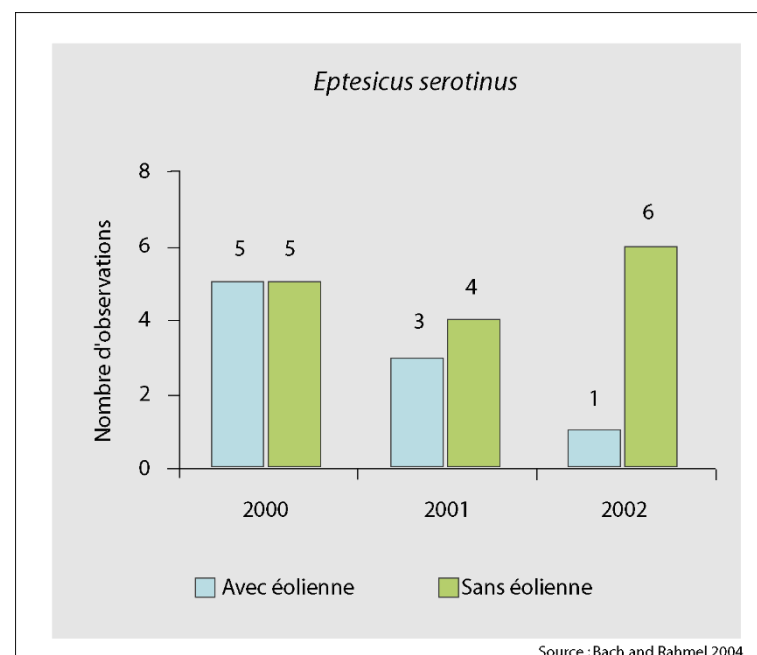


Figure 3 : Diminution de l'activité de la Sérotine commune sur le parc éolien de Midlum (Bach & Rahmel 2004)

#### 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 ; Roেকে *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 menée 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).

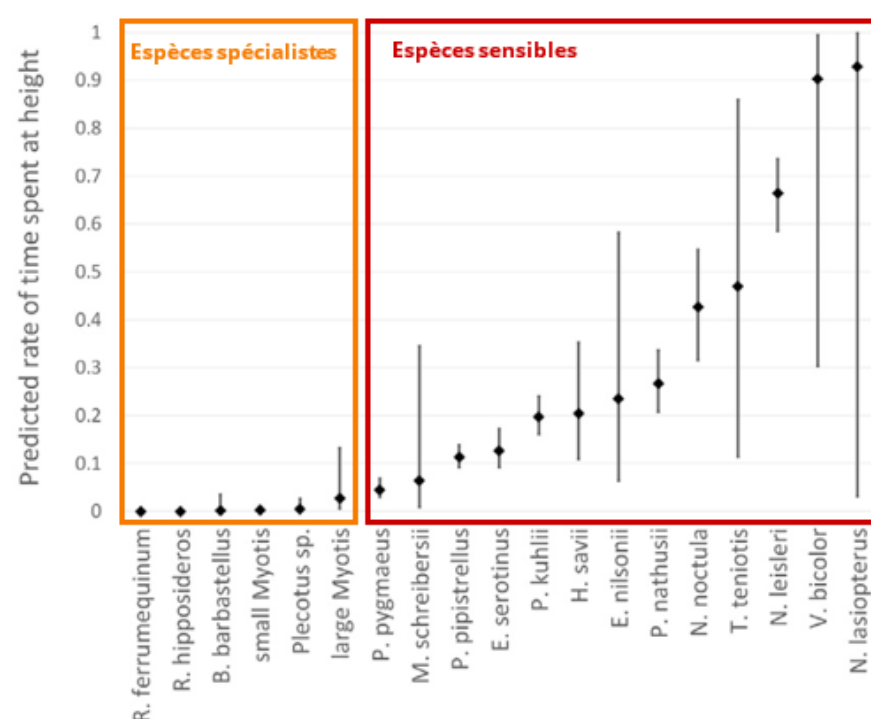


Figure 4 : Ration du temps passé en hauteur pour chaque espèce de chiroptères (Adapté de Roemer *et al.*, 2017).

### 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.

### 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.

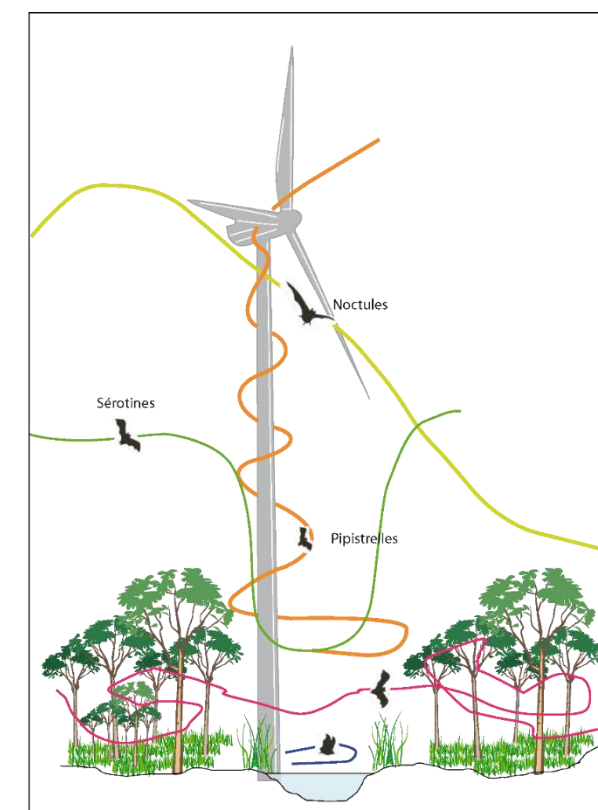


Figure 5 : Représentation schématisée des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne

Sur l'ensemble de ces saisons, hormis l'hibernation, des cas de mortalités liés aux éoliennes sur des populations locales où migratrices sont observées (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 migrateurs (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 ( $\leq 5$  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 et 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 mesure 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).

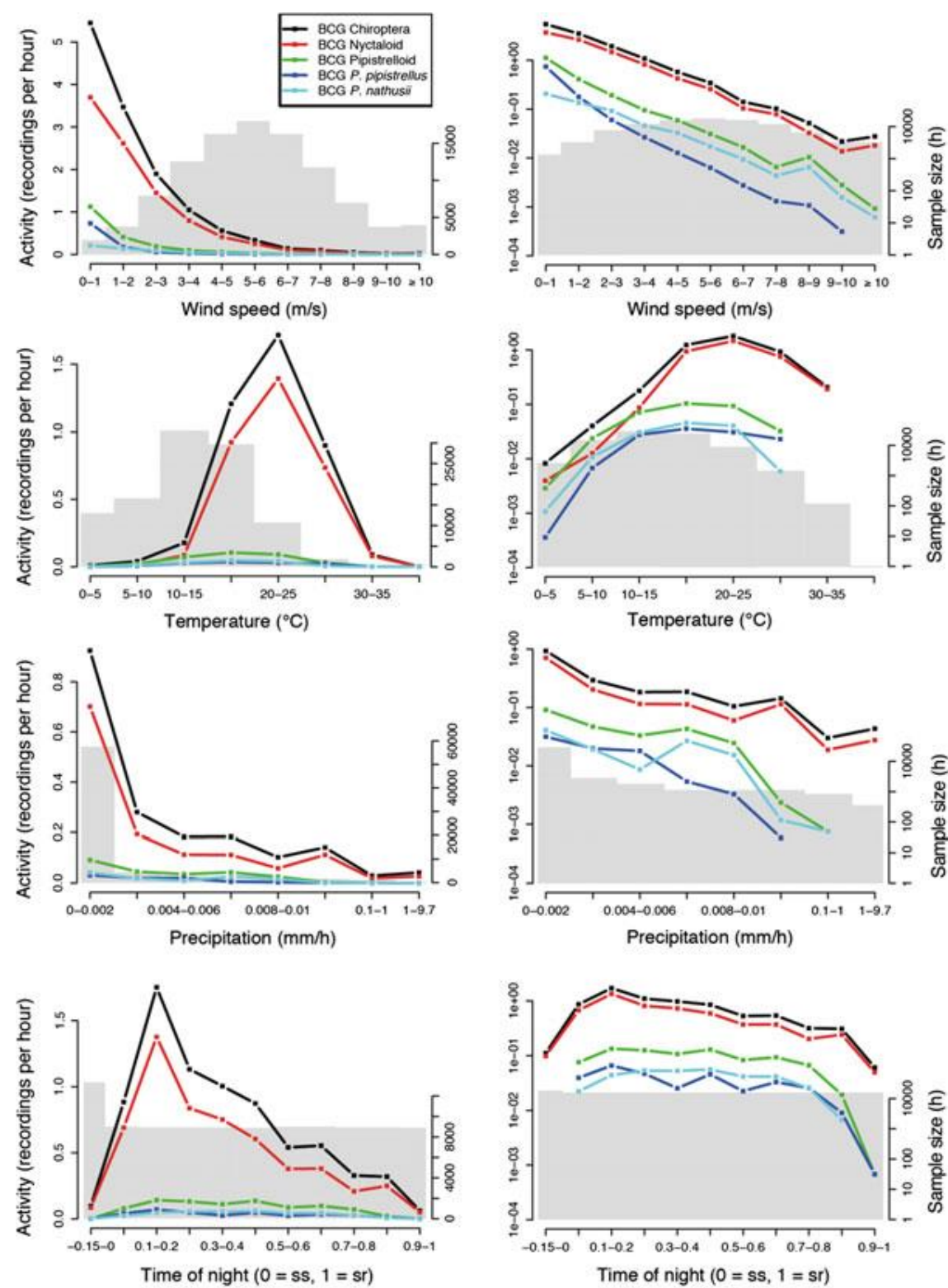


Figure 6 : Effet de différents paramètres sur l'activité des chiroptères mesurée en nacelle d'éolienne (sur 69 éoliennes dans 35 sites dans 5 différentes régions naturelles en Allemagne en 2008) (Behr et al., 2017)

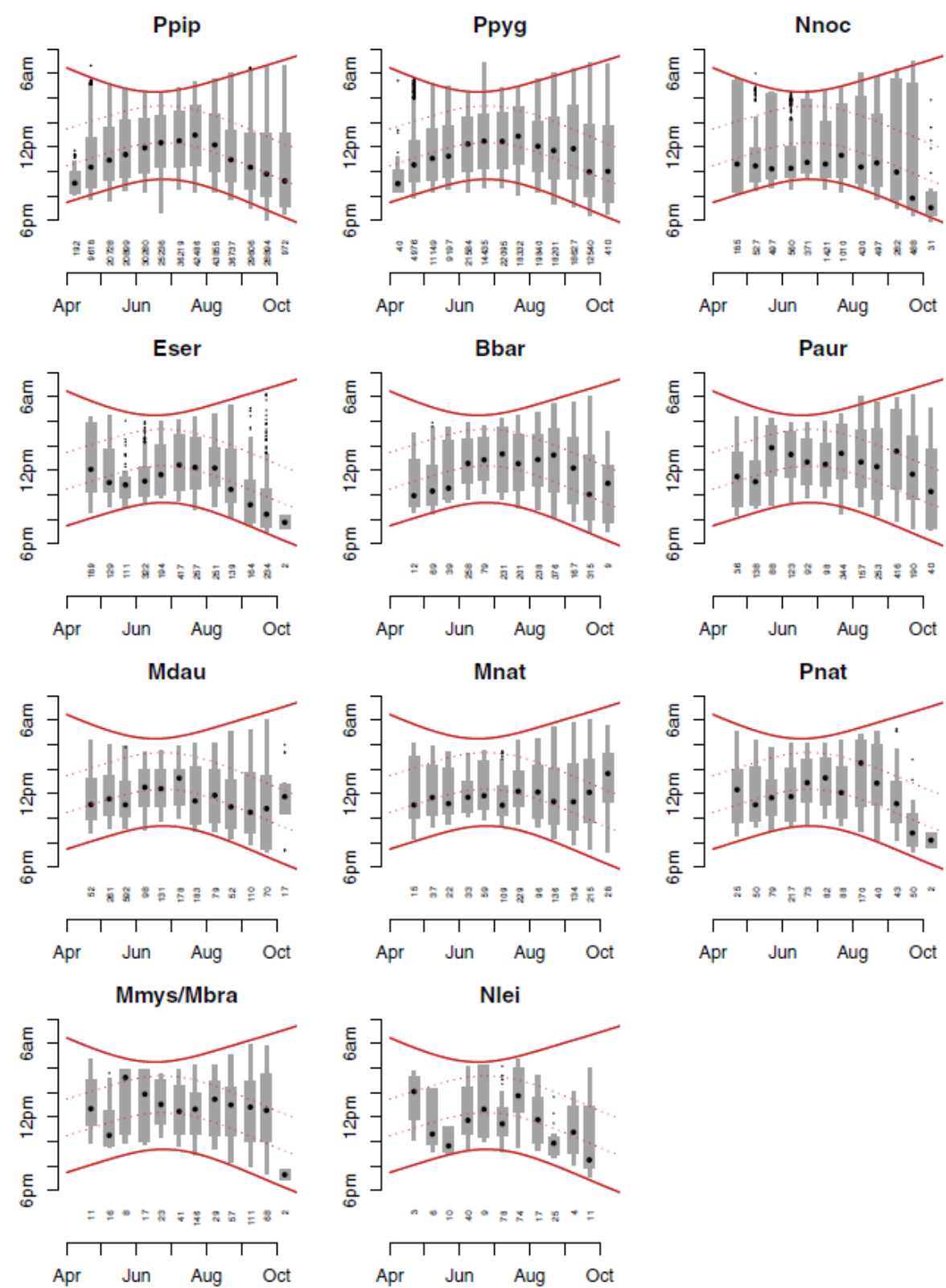


Figure 7 : Modèles d'activité nocturne de plusieurs espèces de chiroptères tout au long de la saison par rapport au coucher du soleil (Newson et al., 2015)



## 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 arboricole 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 misent en exploitation.

Dans un second temps, les habitats présents à proximité des éoliennes influencent les cas mortalités 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 mortalité (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).

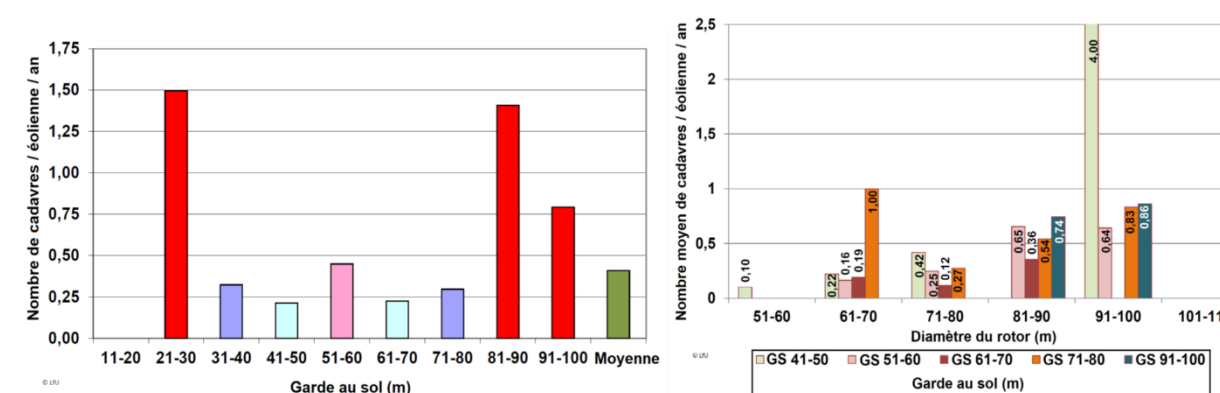


Figure 8 : Nombre de mortalités de chauves-souris par éolienne et par an en fonction de la garde au sol et du diamètre de rotor (Traduit de Dürr 2019, SFEPM 2020)

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, 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 les 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 dues 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, simulée avec une mortalité proportionnelle des chauves-souris cendrées, causées par les éoliennes, selon des combinaisons de tailles de populations initiales possibles ( $N_i$ ) et de taux de croissance de population ( $\lambda$ ). 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.

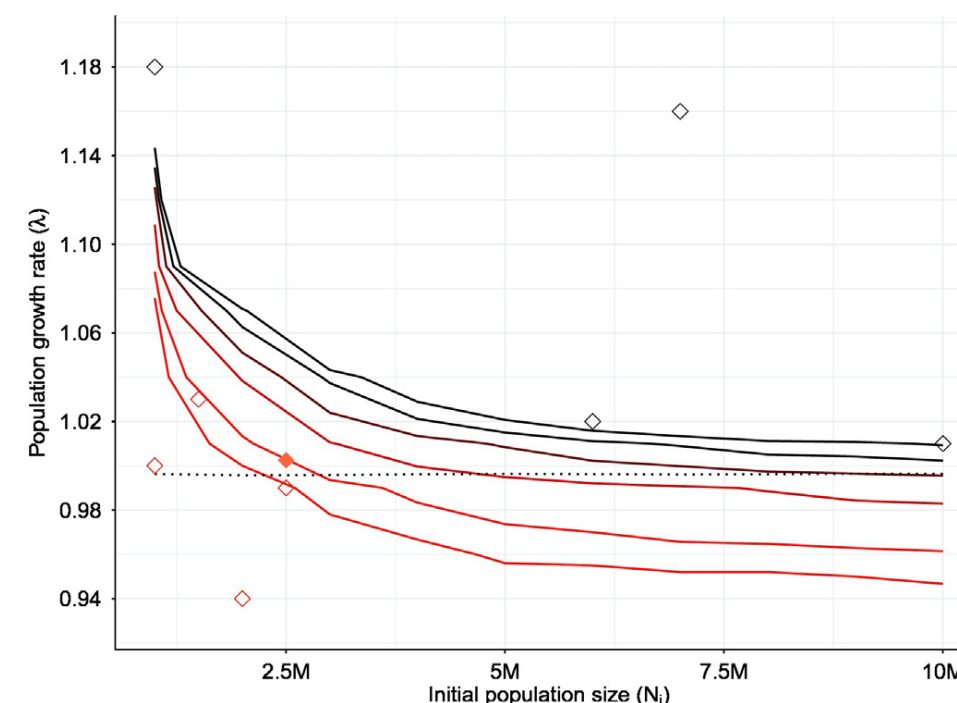


Figure 9 : Contours isolignes des déclin de population projetés après 50 ans de croissance simulée avec une mortalité proportionnelle des chauves-souris cendrées causées par les éoliennes selon des combinaisons de tailles de population initiales possibles ( $N_i$ ) et de taux de croissance de population ( $\lambda$ ) (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

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, 2023) et sur l'abondance des espèces (BirdLife International, 2021). 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. 19 espèces, dont l'Aigle royal, le Circaète Jean-le-Blanc, le Grand-duc d'Europe, le Balbuzard pêcheur, le Faucon pèlerin et le Faucon crécerelle atteignent le niveau de sensibilité 3 (tableau complet en annexe).

### 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** (tableau en annexe). Concernant les chiroptères, il n'existe effectivement pas d'évaluations des populations européennes ou nationales assez fiables, la vulnérabilité ne peut être définie avec précision d'où l'indice de risque utilisé.

Pour le parc éolien du Ménéac, 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 du Ménéac a fait l'objet d'un suivi environnemental en 2023, comprenant un suivi de la mortalité et un suivi de l'activité des chiroptères en nacelle.

## 2.2 Suivi d'activité des chiroptères

### 2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte

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

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

### 2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire

#### 2.2.2.1 Inventaires ultrasoniques automatiques en nacelle

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

##### 2.2.2.1.1 Pression d'inventaire

La pression d'inventaire est fonction des espèces présentes identifiées dans le cadre de l'étude d'impact. Pour le parc du Ménéac, les modalités suivantes ont été prévues pour le suivi automatique en nacelle. Un suivi d'activité des chiroptères en nacelle d'éolienne sur l'éolienne E5 (définie dans l'étude d'impact car étant la plus proche d'un secteur à enjeu) qui sera ainsi équipée d'un enregistreur automatique pendant les 3 premières années d'exploitation.

L'arrêté d'autorisation unique mentionne que « les suivis de mortalité et d'activité des chiroptères devront être couplés afin de pouvoir corréliser l'activité en altitude au regard des cadavres découverts. Ils devront être réalisés sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (de mi-mars à fin-octobre) ».

D'après l'étude d'impact du parc du Ménéac, l'espèce présentant l'indice de vulnérabilité le plus important sur le cycle biologique actif est la **Noctule de Leiser** (risque fort).

De fait, le protocole présenté ci-après répond aux modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation (du 15 novembre 2019). Il est conforme également au protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens révisé en 2018.

##### 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.

#### 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

Vérification des résultats par un chiroptérologue

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

Dans la présente étude, à raison d'une trop forte proportion de parasites dans les enregistrements, l'analyse acoustique a été renforcée pour éliminer l'ensemble de ces derniers. Ceci ne modifie cependant pas les résultats et les conclusions de l'étude.

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

Corrélation des données chiroptérologiques, météorologiques et astronomiques

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

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

2.2.2.1.4 Localisation des protocoles effectués

Le tableau suivant présente les habitats dans lesquels les points d'écoute ont été réalisés.

Numéro du point	Habitat	Type de milieu
BATmode S2+	Culture	Ouvert

Tableau 1 : Habitat et type de milieu inventorié

La cartographie suivante permet de rappeler la position des BATmode S2+ en fonction des éoliennes. L'éolienne E5 a été équipée suivant les recommandations de l'étude d'impact, celle-ci représente en effet un facteur de risque plus élevé du fait de sa proximité avec des linéaires arborés favorables aux chiroptères.



Carte 3 : Localisation et dénomination des dispositifs Batmode S2+

#### 2.2.2.2 2.3.2.4 Calendrier des passages d'inventaire

Concernant les écoutes sur nacelle d'éolienne, la période de présence du dispositif va du 12 mars au 16 novembre 2024. Les analyses des écoutes seront menées sur l'ensemble de la période d'activité des chiroptères. Aucun dysfonctionnement notable n'a été répertorié.

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 ou les mâts d’éolienne, projection au sol par les turbulences, ou encore 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, 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 estimations de mortalité 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 a mis en évidence la présence de la Pipistrelle de Nathusius et de la Noctule de Leisler, définies comme des espèces migratrices. Des enjeux concernent donc le groupe des Chiroptères avant la semaine 20 (mi-mai). Ces enjeux sont présents dès la semaine 12 (mi-mars). Par ailleurs, l’arrêté d’autorisation unique du

15 novembre 2019 mentionne que « les suivis de mortalité et d’activité des chiroptères devront être couplés afin de pouvoir corrélérer l’activité en altitude au regard des cadavres découverts. Ils devront être réalisés sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (de mi-mars à fin octobre) ».

**Au total sur l’année 2024, 33 prospections ont été réalisées dans le cadre du suivi de la mortalité, à raison d’une prospection par semaine, entre les semaine 12 et 43. Le calendrier complet des sorties est présenté en annexe.**

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 six éoliennes ont été prospectées lors de ce suivi.**

2.3.2.3 Surface et méthode d’échantillonnage

La surface échantillon à prospecter 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.



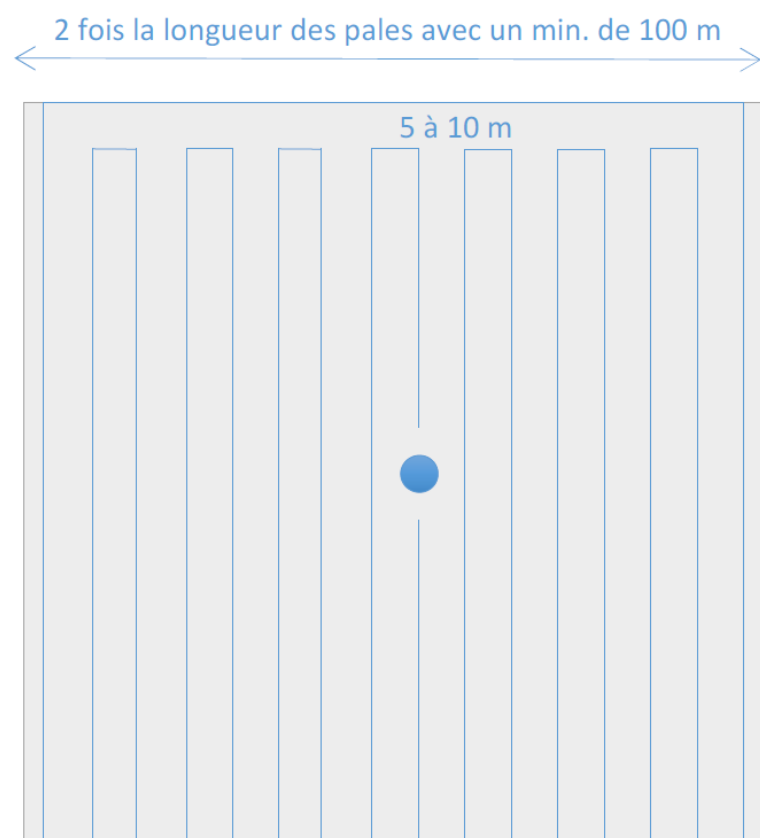


Figure 12 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne

Au cours de chaque prospection du suivi mortalité une fiche de données est complétée par le chercheur (cf. annexes).

#### 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	14/05/2024	12	6	18
Test 2	01/10/2024	12	6	18
Total		24	12	36

Tableau 2 : 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+13, j+16 ou jusqu'à la disparition des cadavres. Cela permet d'estimer la durée de persistance des cadavres dans le milieu.

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

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

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

Où :

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

- **Les taux de persistance des cadavres (d) de Jones et 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 trois formules de calcul des estimateurs standardisés à l'échelle internationale pour faciliter les comparaisons :
  - la formule d'Huso (2010) ;
  - deux formules au 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](http://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 : 
$$N = \frac{C}{d * \left(\frac{t * \left(1 - e^{\left(\frac{-I}{t}\right)}\right)}{I}\right) * \hat{e}}} * A$$

2.3.5.6 Postulat de chaque méthode d'estimation

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

Tableau 3 : Postulats de chaque méthode d'estimation

2.4 Calendrier des inventaires

Inventaires et méthodes employées	Nb. sorties	Dates des campagnes	Horaires	Conditions météorologiques d'observation			Personne ayant réalisé les inventaires
				Couverture du ciel	Température	Vent	
Chiroptères							
Enregistrements automatiques en nacelle (Batmode S)	253 nuits	Du 12 mars au 16 novembre 2024	Une heure avant le coucher à une après le lever du soleil	-	-	-	Jahli LUCAS
Suivi mortalité (cf. annexe)							

Tableau 4 : Dates et conditions météorologiques des inventaires du milieu naturel

Le dispositif a été désinstallé le 20 novembre 2025. Les données ont-elles été analysées jusqu’au 16 novembre. En effet, le 15 novembre marque la fin de la période des transits automnaux et swarming, il semble donc pertinent d’en tenir compte.

2.5 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées

2.5.1 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.

2.5.1.1 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.

2.5.1.2 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 « *cripping 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.

## 2.5.2 Difficultés rencontrées

### 2.5.2.1 Suivi des chiroptères

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

Concernant le suivi en nacelle via les BATmodes, des problèmes techniques peuvent occasionnellement survenir. Ils peuvent amener une perte d'information par arrêt temporaire des enregistrements de chauves-souris, cela n'a pas été le cas pour cet inventaire.

Un autre problème possible est l'enregistrement par les dispositifs BATmode S2+ de sons qui ne proviennent pas de chiroptères. Ces sons « parasites » peuvent être dû à des bruits de l'environnement nocturne et notamment des éoliennes. Ces sons parasites ont été enregistrés en quantité modérée au cours de cet inventaire.

Ces limites protocolaires 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 parc éolien du Ménéac.

### 2.5.2.2 Suivi de la mortalité

Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée lors de la réalisation du suivi de la mortalité. Des maintenances ont eu lieu lors des passages protocolaires mais l'ensemble des éoliennes ont été prospectées de manière conforme au protocole. Néanmoins, pour des raisons de pratiques agricoles (maïs, pâturages tournants), peu de surfaces ont pu être prospectées. Ces surfaces non prospectées sont recensées à chaque sortie et prises en compte dans l'analyse des résultats. Ces difficultés ne modifient pas les conclusions globales des analyses sur la mortalité.



## 3 Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères

### 3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

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

Les protocoles utilisés ont permis d'établir une liste de 14 espèces, avec des enjeux pour les espèces de lisières ubiquistes, comme la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl. Cependant, aucune écoute en altitude n'a été effectuée lors de l'étude d'impact. De ce fait, les espèces de haut vol sensibles à l'éolien sont potentiellement sous-estimées. Le suivi comportement de la présente étude cible précisément l'activité des chiroptères au niveau des rotors. Cela devrait permettre d'étoffer les résultats de l'étude d'impact, en particulier sur le groupe des espèces de haut vol, comme les noctules.

Les conclusions de l'étude d'impact réalisée par AEPE Ginko en 2019 ne révèlent « aucun enjeu majeur » sur la zone d'étude « puisque aucun site d'hibernation, de reproduction ou d'estivage n'a été recensé. Seuls des enjeux moyens liés aux zones de chasse et des enjeux plus ou moins élevés en fonction de la fréquence d'activité liée aux couloirs de déplacement sont présents ».

Cependant « cinq des 14 espèces recensées ont un risque de collision avec les éoliennes élevé et deux espèces ont un risque de collision jugé comme moyen ».

***D'après l'étude d'impact de 2019, les impacts en phase d'exploitation du parc éolien du Ménéec sur les espèces les plus communes en Bretagne (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius, Sérotine commune) ne semblent pas de nature à remettre en cause leur état de conservation. 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 2024

3.2.1 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle

Les résultats présentés dans cette partie correspondent aux inventaires réalisés à l’aide d’un détecteur automatique d’ultrasons de type Batmode S, installé au niveau de la nacelle de l’éolienne E5. Ces inventaires ont été réalisés en continu durant les périodes les plus importantes du cycle biologique des chiroptères, du 12 mars 2024 au 20 novembre 2024.

Le dispositif est donc resté installé durant 253 nuits. L’analyse porte sur la période du 12 mars au 16 novembre.

3.2.1.1 Diversité et activité spécifique enregistrée

3.2.1.1.1 Résultats obtenus sur l’ensemble du cycle

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

Genre	Espèces	Recensement			Total estimé
		Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	
Eptesicus	Sérotine commune		27		27
Nyctalus	Noctule commune			3	3
	Noctule de Leisler		31	36	67
Pipistrellus	Pipistrelle commune	83	941	871	1 895
	Pipistrelle de Kuhl		40		40
	Pipistrelle de Nathusius		5		5
Recensements n’ayant pas pu être déterminés à l’espèce					
	Noctule sp.				
	Sérotine / Noctule sp.		5	12	17
	Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	11	58	185	254
	Pipistrelle sp.	5	33	1	39
	Chauve-souris sp.		1		1
Total		99	1 141	1 108	2 348

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

La diversité spécifique inventoriée par le protocole d’écoute permanente sur nacelle d’éolienne est qualifiée de faible pour un milieu en hauteur, avec la présence de six espèces identifiées de manière certaine. Au vu de la diversité spécifique attendue *via* ce genre de protocole au niveau régional, la diversité spécifique observée peut être jugée comme modérée.

En hauteur, on constate une cohérence avec la bibliographie disponible, à savoir, une plus forte proportion des espèces dites de haut-vol ou de lisière généralistes (Noctule de Leisler, Noctule commune, Sérotine commune et pipistrelles) qui totalisent toute l’activité, les espèces plus forestières comme la Barbastelle d’Europe n’étant pas présentes.

La Pipistrelle commune représente la majorité des contacts avec 81 % des effectifs contactés. Le groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius représente 11 % de l’activité en hauteur. La Noctule de Leisler est l’espèce de haut-vol la plus contactée avec 3 % des contacts. En effet la Sérotine commune représente moins de 1 % des contacts enregistrés, et la Noctule commune n’a été contactée qu’à trois reprises au cours de l’étude.

Ou soulignera donc la très forte présence des pipistrelles qui représentent à elles-seules 96 % des contacts enregistrés sur le site.

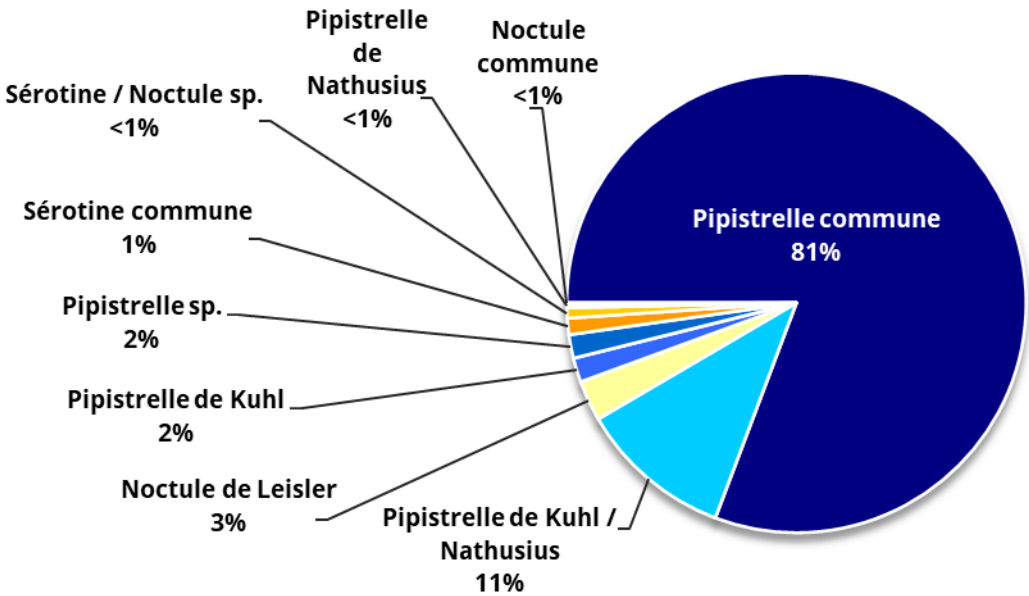


Figure 13 : Répartition des contacts par espèce ou groupe d’espèces sur l’ensemble de la période d’étude (n=2 348)

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	99	1 141	1 105	2 348
Nombre de nuits d'enregistrements	82	76	93	251
Moyenne du nombre de contacts par nuit	1	15	12	9

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

Sur l'intégralité de la phase d'activité des chauves-souris, 2 348 contacts ont été enregistrés, soit une moyenne de plus de 9 contacts par nuit, ce qui représente une activité modérée.

On constate que la période de mise-bas et d'élevage des jeunes est la phase avec le plus d'activité. Cette période enregistre une activité modérée d'en moyenne 15 contacts par nuit.

La phase de transits automnaux et gestation présente également une activité modérée avec en moyenne 12 contacts enregistrés chaque nuit. Cette phase est cruciale dans le cycle biologique des chiroptères puisque c'est à cette période que les chiroptères réalisent leurs réserves pour l'hibernation, que les accouplements lors des regroupements de swarming ont lieu et que les espèces transitent vers leurs gîtes d'hiver.

Il est à noter que la phase printanière présente une activité très faible d'un contact par nuit en moyenne.

3.2.1.1.3 Résultats obtenus en fonction du mois d'inventaire

En comparant les mois entre eux, on note une forte prédominance du groupe des pipistrelles sur chacun des mois.

L'activité chiroptérologique est jugée « très faible » en mars et en avril, et « modérée » de juin à octobre, ainsi que sur la première moitié du mois de novembre.

Le mois de novembre présente en effet une activité de 34 contacts par nuit en moyenne. Ceci est dû à un pic d'activité dans la nuit du 5 novembre qui sera montré au chapitre 3.2.1.1.4. Le mois de juillet est le deuxième mois à l'activité moyenne par nuit la plus forte avec 20 contacts par nuit. Le mois d'octobre enregistre une activité de 18 contacts par nuit en moyenne. En juin, l'activité moyenne est de 14 contacts par nuit. Les mois de septembre, août et mai présentent une activité relativement plus faible de respectivement 7, 3 et 2 contacts par nuit.

La période de reproduction et transits vers les gîtes d'hibernation est celle où l'activité mesurée est la plus élevée.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.
Nombre de contacts	10	16	73	433	642	94	200	557	323
Nombre de nuits d'enregistrement	17	30	31	30	31	31	30	31	15
Moyenne du nombre de contacts par nuit	1	1	2	14	20	3	7	18	22

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

Les noctules ont été contactées exclusivement sur les mois de juin, août et septembre. La majeure partie des contacts ont été enregistrés en août et en septembre, ce qui confirme leur présence au cours des transits vers les gîtes de reproduction et d'hibernation. Les contacts en octobre et novembre incluent essentiellement la Pipistrelle commune et le groupe Pipistrelle de Kuhl / Nathusius. Cette activité plaide en faveur de phénomènes migratoires entre différents sites de reproduction et d'hibernation pour ces espèces. La très forte proportion de Pipistrelles communes en été (juin et juillet) amène à considérer la probable présence de colonies dans le secteur.

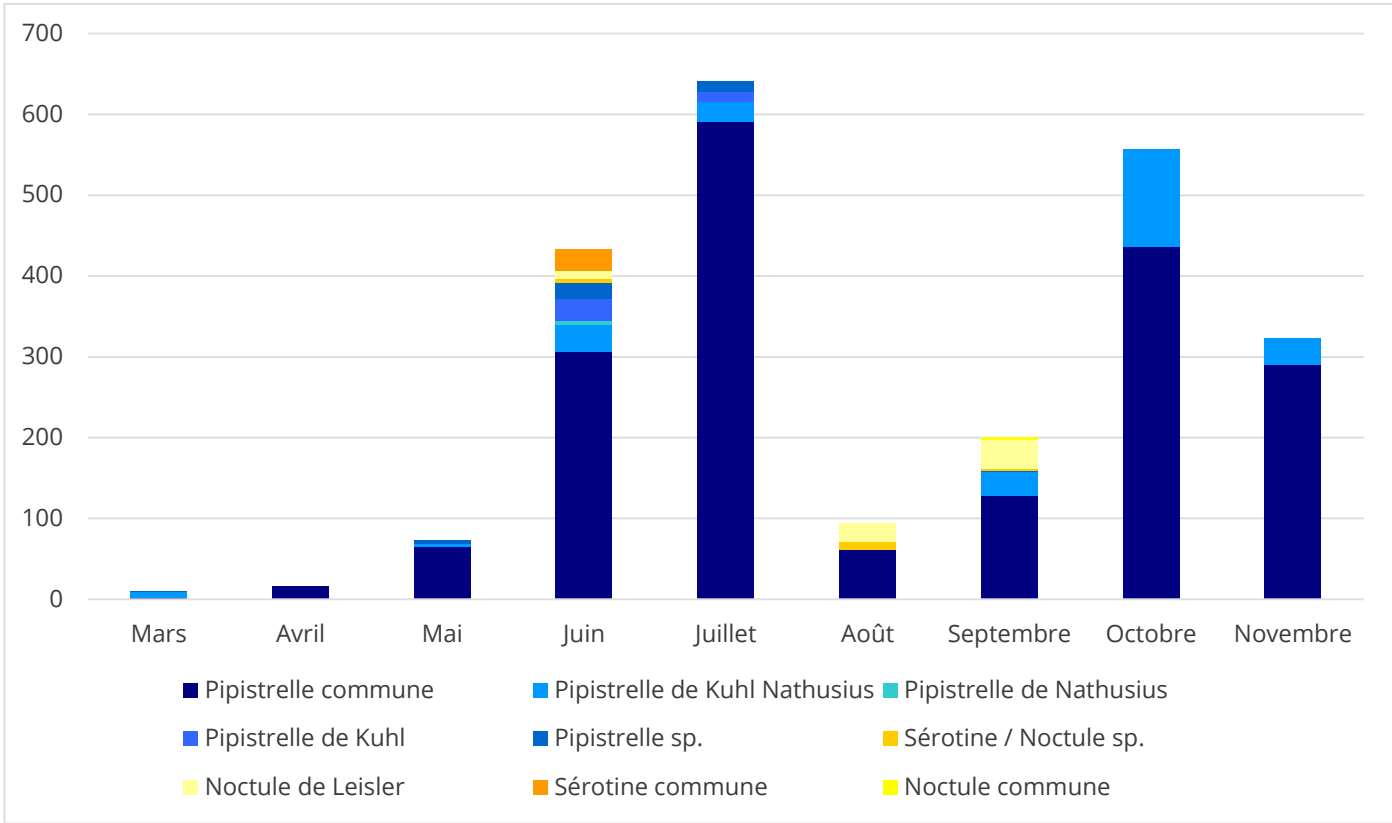


Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement



#### 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 enregistrés par nuit varie de 0 à 249 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.** Dans l'état des connaissances actuelles, il est très difficile de comprendre ces variations mais une hypothèse de migration peut être formulée sur ce site. En effet, des pics d'activité très forts et concentrés sur certaines nuits peuvent survenir brusquement, comme au mois de juillet et en automne. Les pics en automne peuvent correspondre pour partie aux périodes de migration.

Pour rappel, la période analysée dans la présente étude s'étend du 12 mars au 16 novembre 2024. Les premiers contacts de chauves-souris ont été recensés dès la première nuit, le 12 mars 2024. Le début de la période de transits printaniers est fixé au 15 mars mais pour plus d'harmonie, les quatre contacts ayant été enregistrés aux 12 et 13 mars sont ramenés à cette période. De même, les quelques contacts enregistrés au 16 novembre sont intégrés à la période automnale pour une meilleure lisibilité.

Une dizaine de nuits enregistrent 95 contacts minimum. Le mois de mai présente un léger pic d'activité de 41 contacts, pouvant correspondre au passage d'individus lors de transits et recherche de gîtes de mise-bas. Comme évoqué précédemment, des pics particulièrement importants surviennent aux mois de juin et de juillet, ainsi que sur la période automnale. Au mois de juin, deux nuits enregistrent plus de 100 contacts et l'une d'entre elle recense même jusqu'à 168 contacts. En juillet, trois nuits dépassent les 100 contacts enregistrés. 249 enregistrements sont même effectués dans la nuit du 19 juillet. C'est la nuit avec la plus forte activité enregistrée sur la totalité de la période d'étude. Sur la période des transits automnaux et du swarming, une nuit est proche des 100 contacts enregistrés (95) et cinq les dépassent. Les deux nuits à l'activité la plus élevée totalisent 199 (29 octobre) et 203 contacts (5 novembre). Il est à souligner un dernier pic de 115 contacts enregistrés au 9 novembre.

Il est peu commun d'observer une telle activité sur le mois de novembre. L'activité des chiroptères semble s'étendre jusqu'à mi-novembre au travers de pics d'activité liés aux transits des populations vers les gîtes d'hibernation. Ainsi, il est judicieux de considérer la possibilité d'une mesure de bridage sur ce mois, ainsi que d'envisager l'allongement de la durée du prochain suivi acoustique jusqu'à la mi-novembre.

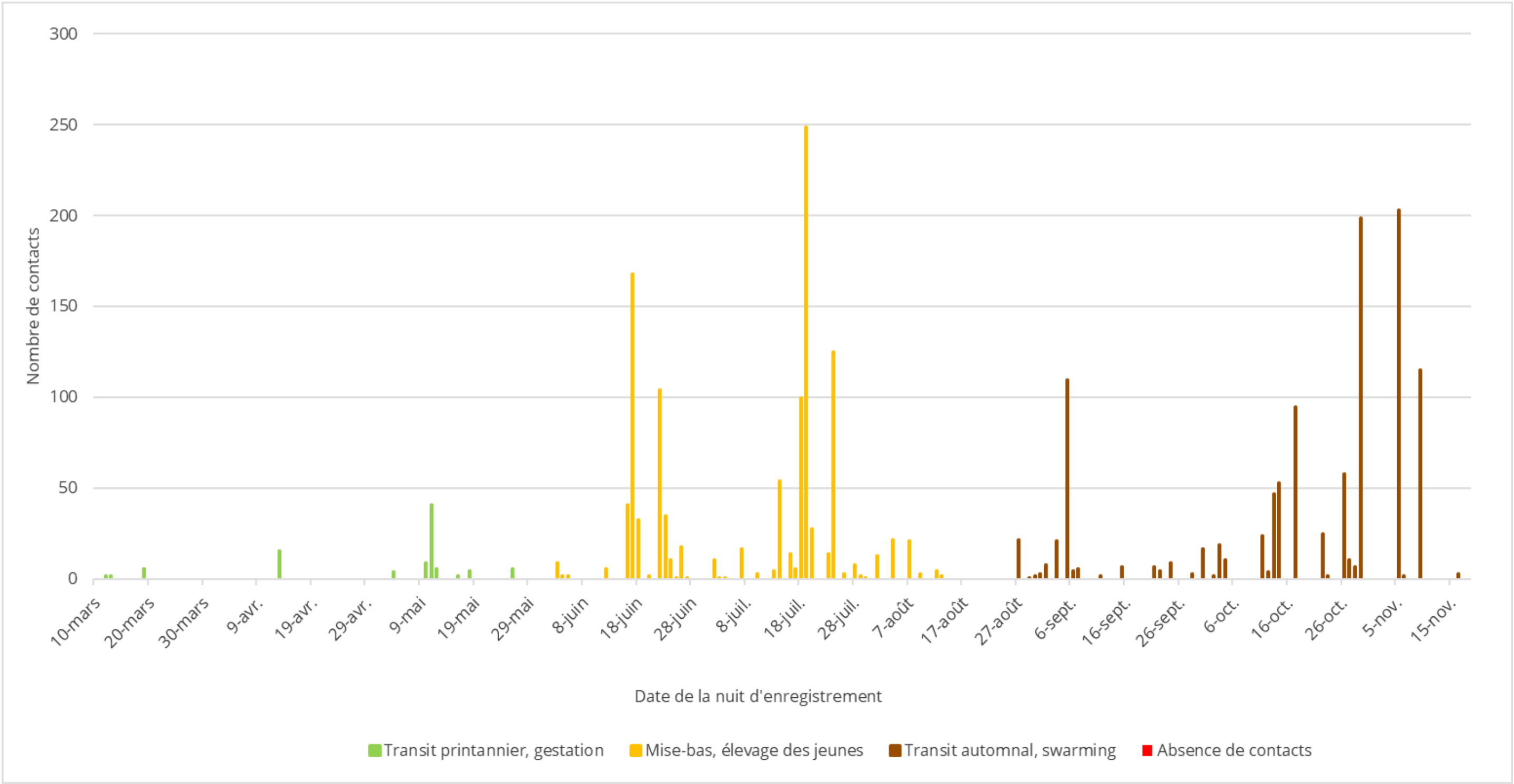


Figure 15 : Répartition du nombre de contacts par jour durant l'ensemble de la période d'inventaire

### 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 en ordonnée (heure astronomique), et les jours de l'année en abscisse. La couleur blanche correspond à l'absence de contacts.

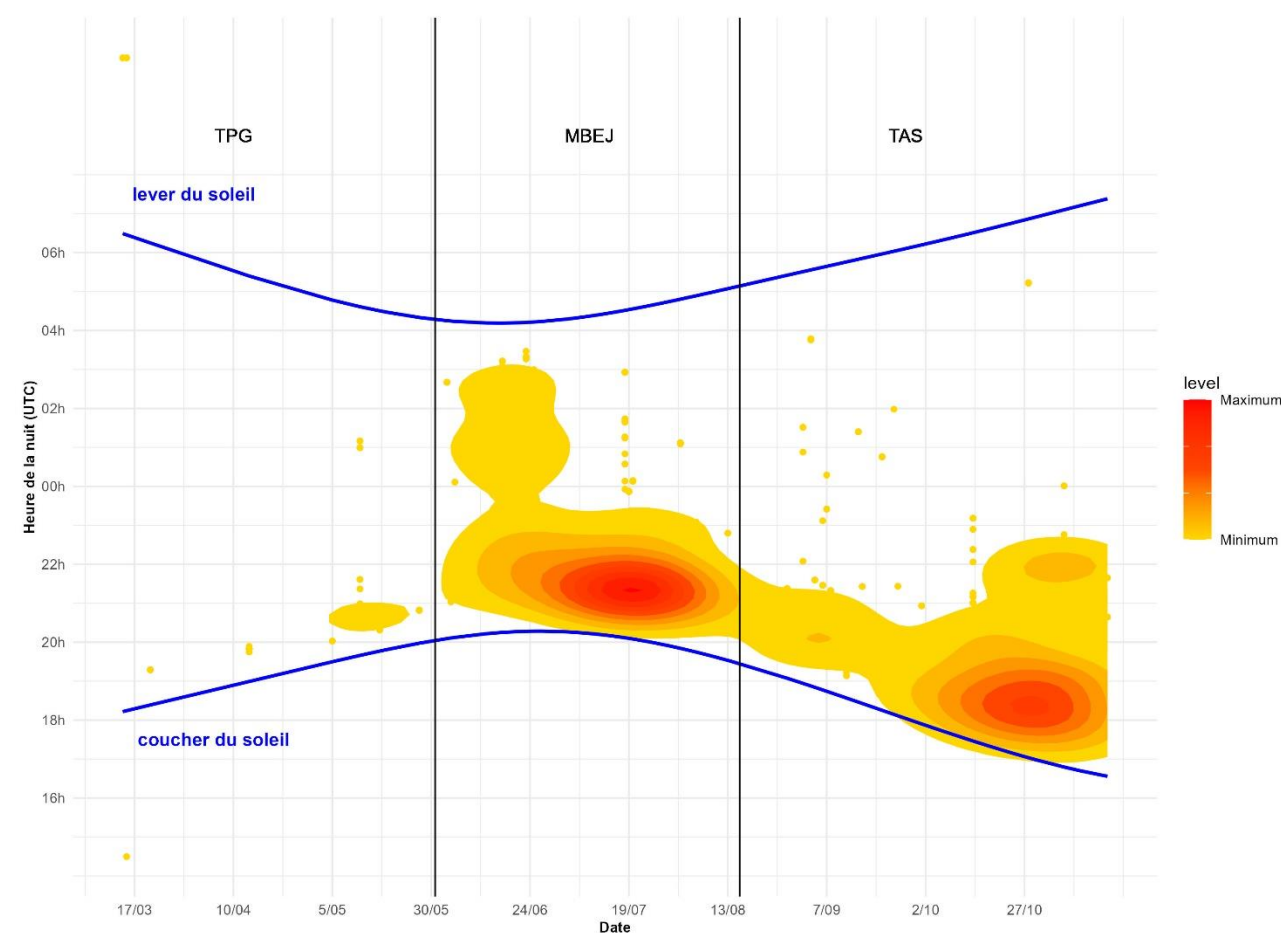


Figure 16 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

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.

Sur la période analysée cette tendance est confirmée. L'activité se concentre principalement dans les trois-quatre premières heures de la nuit. En juin, on observe une activité qui reste présente jusqu'à une heure avant le coucher du soleil. De même, en octobre/novembre, une zone de chaleur se dessine environ six heures après le coucher du soleil.

Plusieurs études suggèrent la présence d'un regain d'activité à l'aube pour certaines espèces de chiroptères. C'est le cas par exemple de la Noctule commune, dont une activité de retour au gîte relativement importante à l'aube a pu être mise en évidence dans les forêts de Slovaquie (Kanuch, 2007). Deux pics d'activité (crépuscule et aube) avaient déjà été mis en évidence pour cette même espèce dans la forêt de Białowieża en Pologne (Rachwald A., 1992), trois selon Arthur et Lemaire (2015). Les pipistrelles montrent également un pic d'activité au crépuscule et au lever du soleil. Ces deux périodes correspondent en effet aux pics d'activité des insectes nocturnes, et donc des chiroptères pour leur activité de chasse (Swift, 1980). Cette tendance n'est pas particulièrement marquée ici.

Sur toute la période étudiée excepté le début du suivi qui ne présente presque aucun contact de mars à avril, des contacts isolés sont enregistrés aussi bien en début qu'en fin de nuit, cela correspond aux points jaunes épars.



### 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). En 2006, Arnett *et al.* 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.

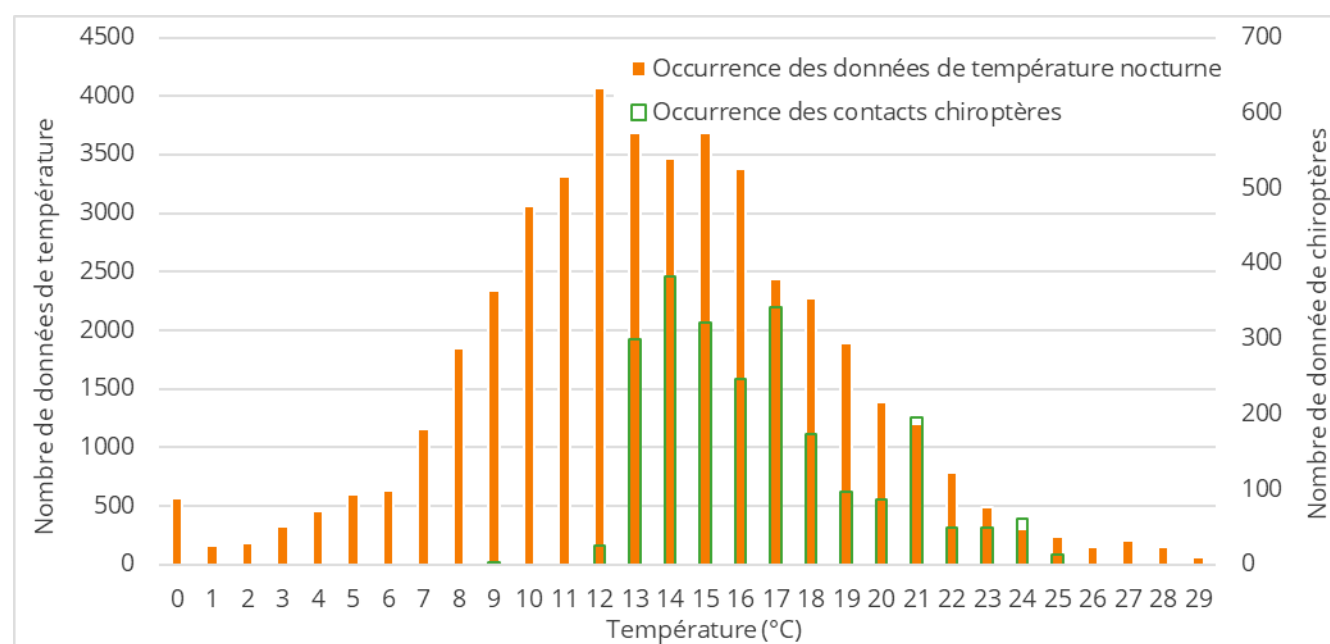


Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la température

Les inventaires réalisés sur le site montrent ainsi que les chiroptères semblent concentrer leur activité entre 12 et 25°C, en décalage avec les températures nocturnes « disponibles » qui se concentrent entre 7 et 25°C. **L'activité semble démarrer réellement à partir de 13°C.**

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir que l'activité est mesurée à partir de 12°C et jusqu'à plus de 25°C de température. L'activité se concentre tout de même entre 13 et 21°C. On voit clairement sur ce graphique l'activité importante en octobre, juillet, juin, novembre et septembre. L'activité est répartie entre 12 et 19°C sur les mois les plus frais, et entre 14 et 25°C sur les mois les plus chauds.

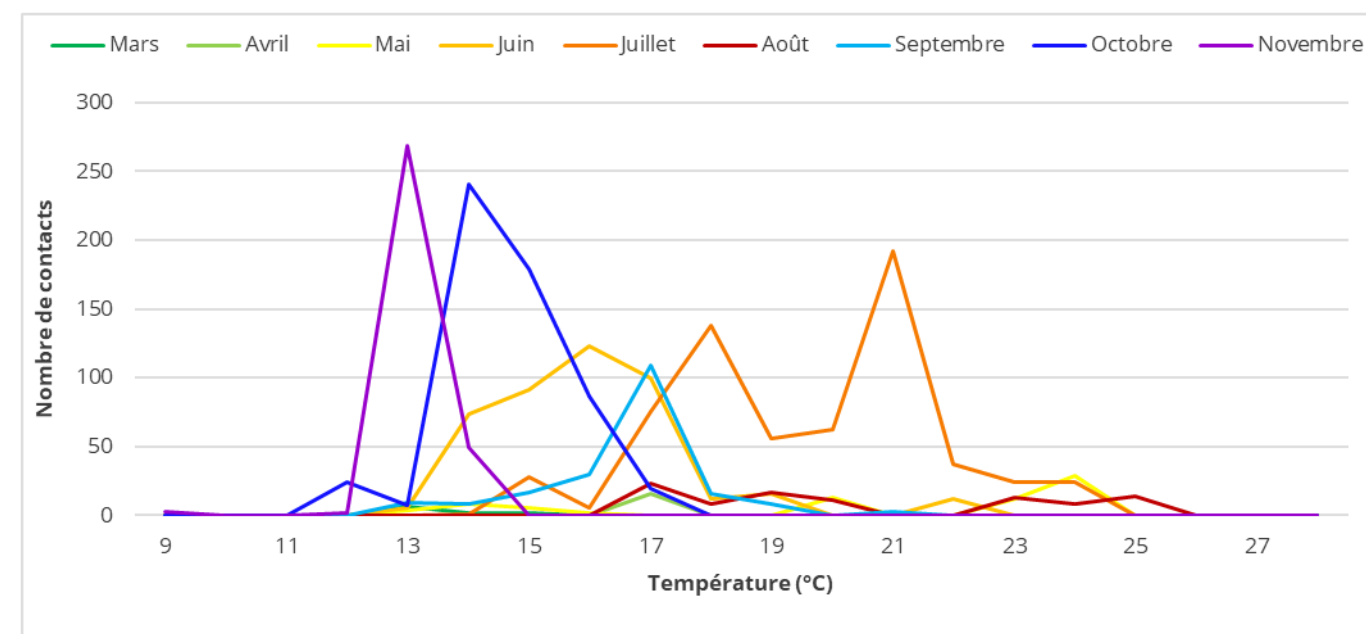


Figure 18 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température

### 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.

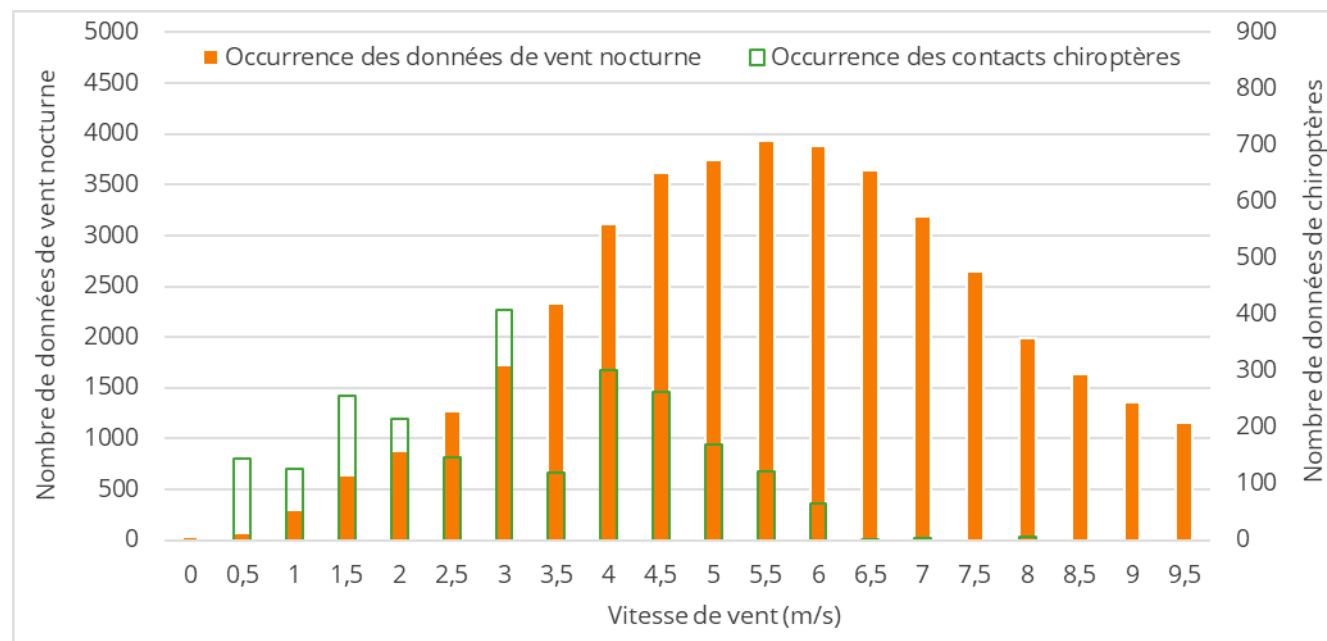


Figure 19 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

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 nocturne.

L'activité chiroptérologique semble s'étaler entre des valeurs de vent comprises entre 0,5 et 8 m/s à hauteur de nacelle avec une importance accrue entre 0,5 et 6 m/s. Au-delà de ce seuil, l'activité chute effectivement et devient plus sporadique.

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir que l'activité semble s'étaler surtout entre des valeurs de vent comprises entre 0,5 et 6 m/s à hauteur de nacelle. On observe bien la chute à partir de ce seuil mais l'on note que l'activité ne devient pas pour autant négligeable, notamment à 8 m/s en mars et octobre.

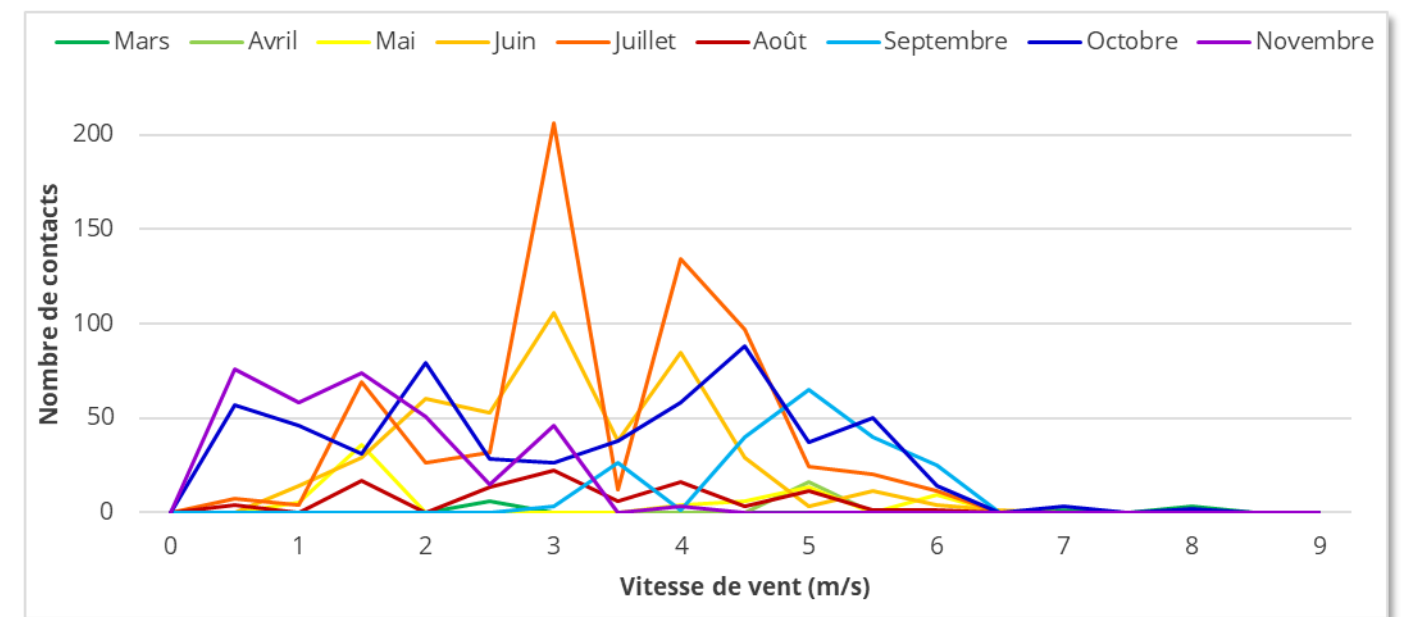


Figure 20 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent

### 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 diversité spécifique est de six espèces confirmées, avec la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine commune.*

*On retrouve au sein des espèces inventoriées essentiellement des espèces pouvant évoluer en hauteur, en cohérence avec les connaissances bibliographiques. À noter la forte dominance de la Pipistrelle commune par rapport aux autres espèces.*

*L'activité chiroptérologique est plus importante en juin-juillet et en septembre-octobre-novembre. La phase estivale correspond à la période de mise-bas et d'élevage des jeunes, la forte proportion de Pipistrelle commune amène à considérer la présence de gîtes à proximité. L'automne est la phase de transits entre gîtes d'estivage, de reproduction et d'hibernation. Ainsi, des phénomènes migratoires sont plausibles.*

*L'activité chiroptérologique en hauteur est concentrée dans les trois-quatre premières heures de la nuit sur toute la période d'étude. Au mois de juin, on observe une activité assez présente jusqu'à une heure avant le lever du soleil. Également, en octobre-novembre l'activité reste dense jusqu'à six heures après le coucher du soleil.*

*L'activité chiroptérologique en hauteur est marquée surtout à partir de 13°C.*

*L'activité chiroptérologique en hauteur est principalement concentrée entre des vitesses de vent de 0,5 et 6 m/s. L'activité présente après ce seuil est plus sporadique, on note cependant des contacts jusqu'à une vitesse de 8 m/s.*

*L'enjeu principal sur le site semble concerner la période de mise-bas et d'élevage des jeunes en été, traduisant potentiellement la présence de colonies dans le secteur, ainsi que la période de transits vers les gîtes de swarming et d'hibernation.*

*La proportion remarquable de Pipistrelle commune présente également un enjeu pour le maintien de cette espèce.*

3.3 Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et le suivi environnemental précédent

3.3.1 Diversité spécifique

Sur les deux années de suivi, 16 espèces de chauves-souris ont été recensées de manière certaine (tableau suivant).

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence selon les études		
		Étude d'impact (2014-2015 et 2017-2018)	Suivi 2023	Suivi 2024
Barbastelle d'Europe	Barbastellus barbastellus	X		
Murin de Daubenton	Myotis daubentonii	X		
Murin à oreilles échancrées	Myotis emarginatus	X		
Murin à moustaches	Myotis mystacinus	X		
Murin de Natterer	Myotis nattereri	X		
Grande Noctule	Nyctalus lasiopterus		X	
Noctule commune	Nyctalus noctula		X	X
Noctule de Leisler	Nyctalus leisleri	X	X	X
Oreillard roux	Plecotus auritus	X		
Oreillard gris	Plecotus austriacus	X		
Petit Rhinolophe	Rhinolophus hipposideros	X		
Pipistrelle commune	Pipistrellus pipistrellus	X	X	X
Pipistrelle de Kuhl	Pipistrellus kuhlii	X	X	X
Pipistrelle de Nathusius	Pipistrellus nathusii	X	X	X
Pipistrelle pygmée	Pipistrellus pygmaeus	X		
Sérotine commune	Eptesicus serotinus	X	X	X
Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce				
Pipistrelle de Kuhl /	Pipistrellus Kuhlii / Nathusii	X		X
Pipistrelle commune/	Pipistrellus pipistrellus /	X		
Sérotine / Noctule sp.	Eptesicus / Nyctalus sp.	X		X
Murin sp.	Myotis sp.	X		
Total des espèces	16	14	7	6

Tableau 8 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études sur les deux années de suivi

L'étude d'impact, incluant les résultats des inventaires chiroptérologiques, a permis de recenser six espèces certaines, contre sept pour les inventaires de 2023, et six pour le protocole réalisé en 2024.

À noter que les protocoles menés entre les différentes études ont été différents :

En 2014-2015 / 2018-2019 : le cortège chiroptérologique inventorié est lié principalement à des espèces évoluant à proximité du sol et ubiquistes. On notera cependant la présence d'espèces de haut vol avec la présence de la Noctule de Leisler, de la Sérotine commune et de la Pipistrelle de Nathusius.

En 2023 et 2024 : les inventaires sur nacelle ont permis de détecter uniquement des espèces de chauves-souris capables d'évoluer en hauteur.

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

Cinq espèces sont communes aux trois périodes d'inventaires, ce qui atteste de leur occupation régulière du site. Trois d'entre elles sont parmi les plus communes en Europe : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune. Ce sont des espèces généralistes et qui sont capables de voler en hauteur.

Parmi les espèces présentes, des cortèges plus forestiers sont présents lors de l'état initial avec les protocoles au sol (Barbastelle d'Europe, murins, oreillards, Petit Rhinolophe), alors que pour la présente étude, les protocoles d'écoute sur nacelle (2023 et 2024) ne font ressortir que des espèces capables d'effectuer des vols en hauteur (noctules, Sérotine commune et pipistrelles).

3.3.2 Activité recensée

Une comparaison entre l'étude d'impact et le suivi en nacelle paraît impossible du fait des différences de protocoles utilisés.

Une comparaison plus fine entre les deux années de suivis environnementaux est cependant possible car les protocoles utilisés sont les mêmes, un cumul des différents paramètres a donc été effectué afin de mettre en évidence des valeurs seuils et comportement spécifiques, les résultats sont présentés ci-après.

Le but de cumuler les données de plusieurs années de suivi est d'affiner encore les seuils possibles de conditions de présence des chiroptères sur le site (seuils de température, de vent, d'heure de la nuit, de saison etc.). Bien que les paramètres météorologiques, parmi de nombreux autres facteurs, puissent varier d'une année sur l'autre, cela apporte plus de robustesse et de connaissance sur le comportement des chiroptères sur le site. *In fine*, la programmation préventive des éoliennes est testée sur plusieurs années et, le cas échéant, affinée.



3.3.3 Cumul des deux années de suivis environnementaux

3.3.3.1 Répartition par cortège

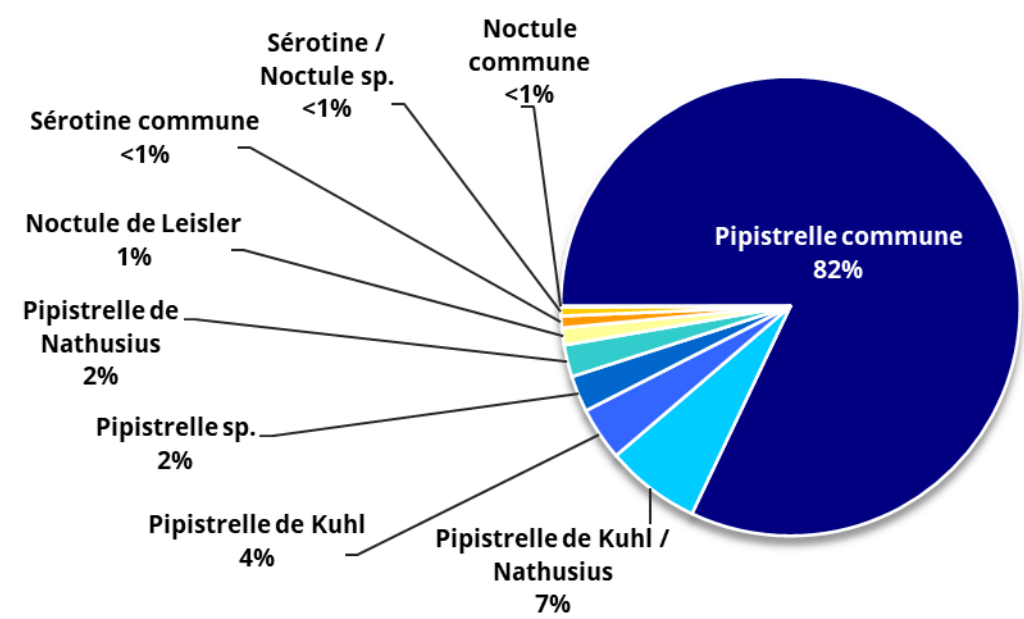


Figure 21 : Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces sur les deux années d'étude (n=7 828)

Sur deux années de suivi, le cortège qui domine est le genre *Pipistrellus* devant le genre *Nyctalus*, On note bien que l'espèce la plus présente sur les deux années est de loin la *Pipistrelle commune* (82 %).

3.3.3.2 Activité par nuit

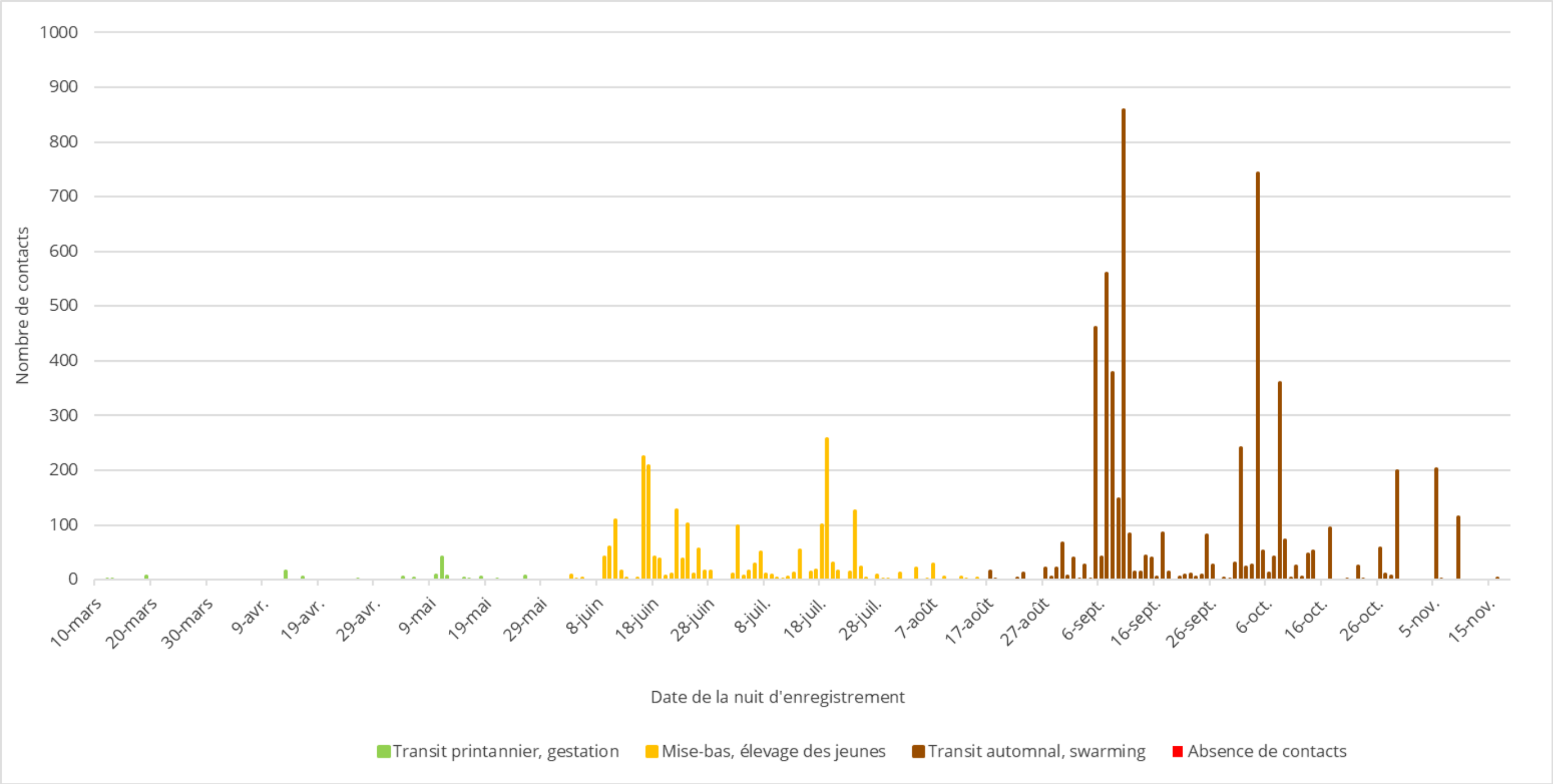
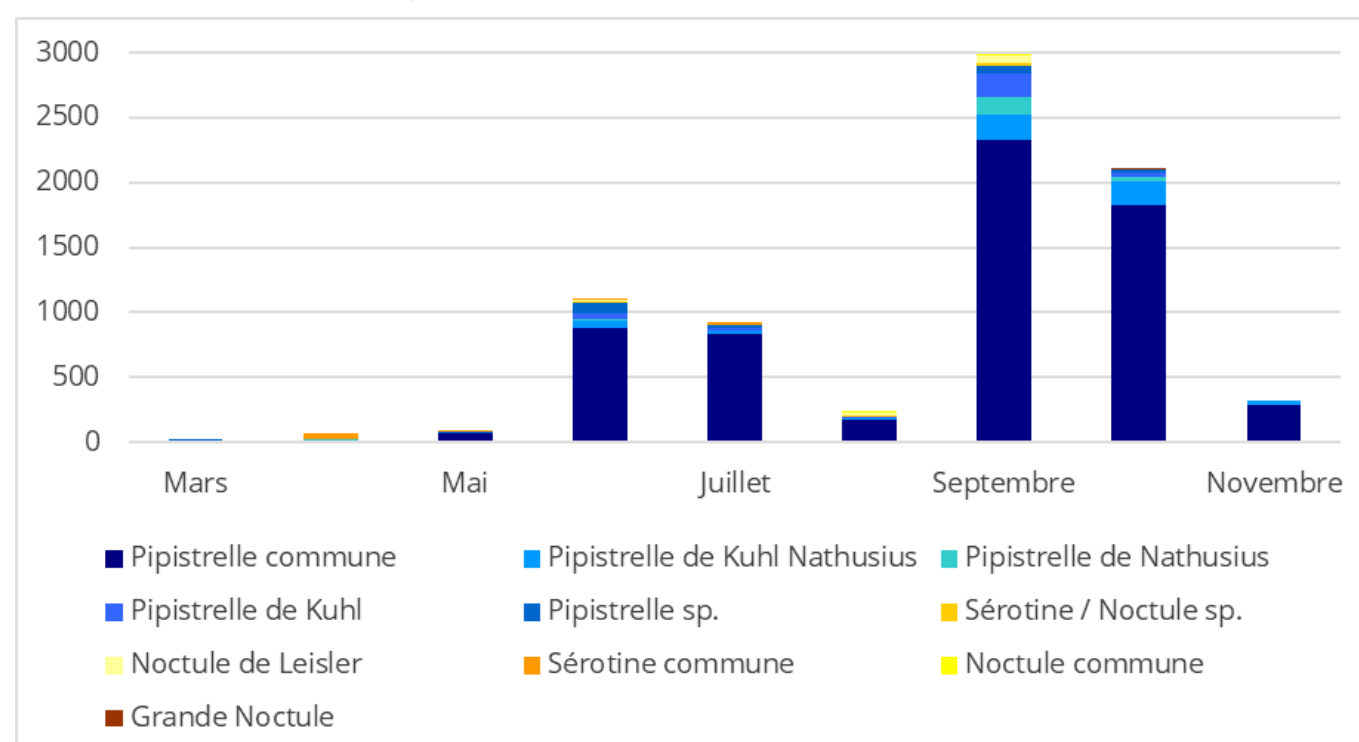


Figure 22 : Répartition du nombre de contacts par jour sur les deux périodes d'étude

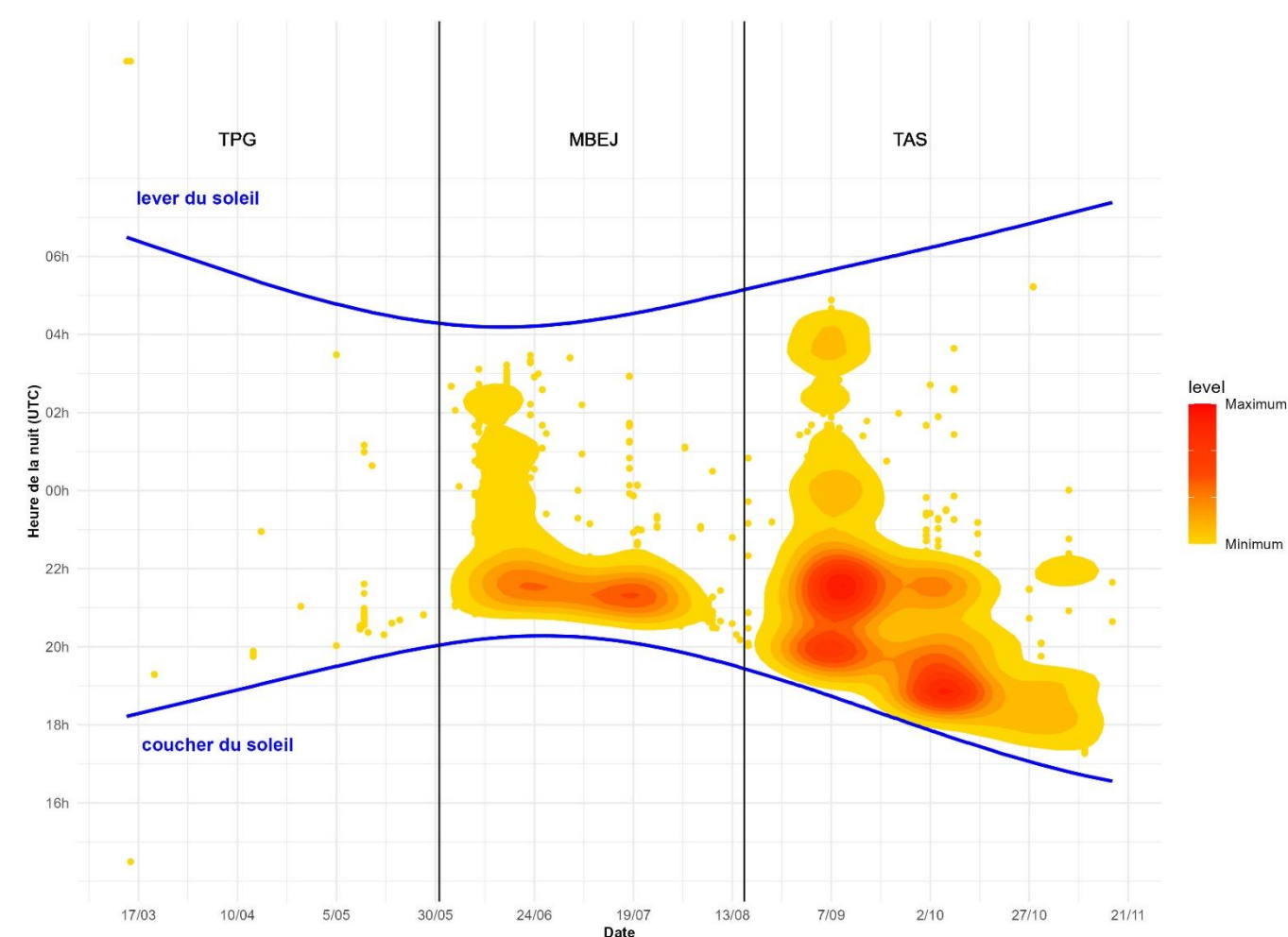
**L'activité par nuit reste très irrégulière sur les deux années de suivi. On constate cependant que les « pics » les plus importants se concentrent sur les mois de septembre et octobre. C'est donc sur cette période que peuvent survenir des nuits à très forte activité. Les mois de juin, de juillet et de novembre enregistrent également quelques pics remarquables.**

### 3.3.3.3 Activité par mois



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

### 3.3.3.4 Activité circadienne



**L'activité en fonction des heures de la nuit est particulièrement forte sur septembre et octobre. En septembre elle diminue progressivement jusqu'à environ sept heures après le coucher du soleil, puis montre un regain environ deux heures avant le lever. En juin, l'activité est présente jusqu'à environ une ou deux heures avant le lever du soleil.**

3.3.3.5 Activité en fonction de la température

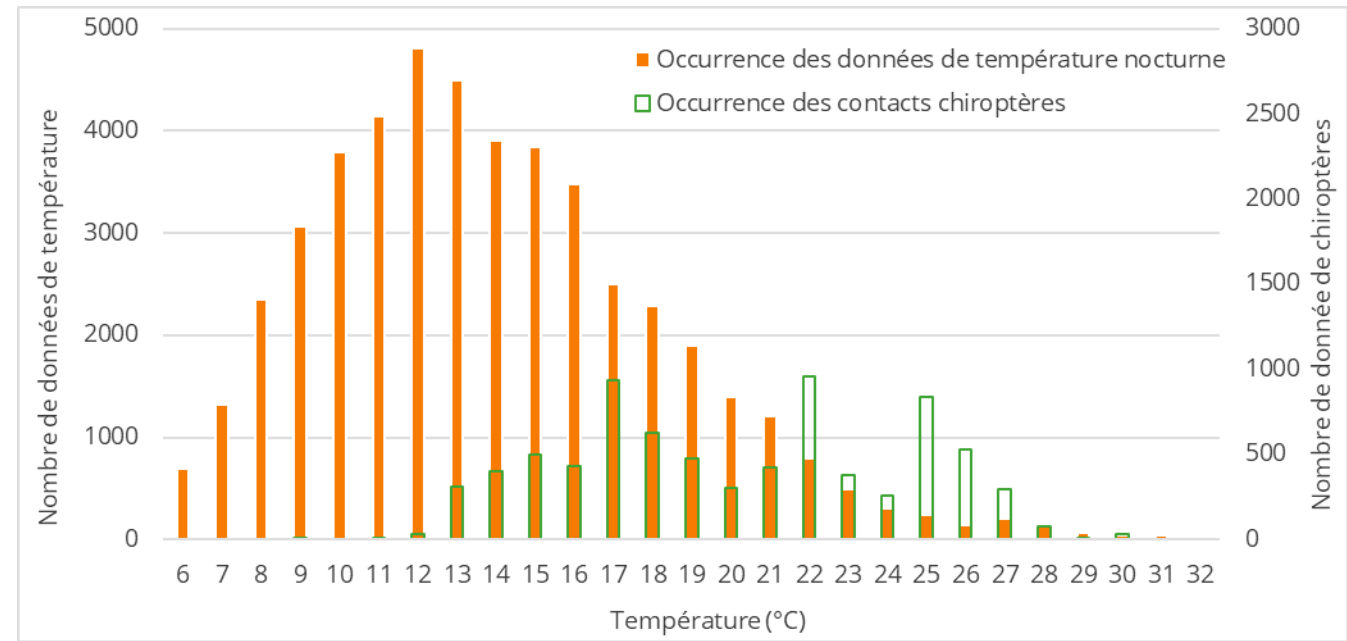


Figure 25 : Activité des chiroptères en fonction de la température

**L'essentiel de l'activité des chiroptères sur les deux années de suivi s'étale de 0,5 m/s jusqu'à 6,5 m/s (99 % des contacts). Il ne faut pas négliger la présence de contacts sporadiques au-delà de ce seuil cependant, jusqu'à 10,5 m/s.**

**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 non négligeable à partir de 13°C pour le reste de la période.**

3.3.3.6 Activité en fonction du vent

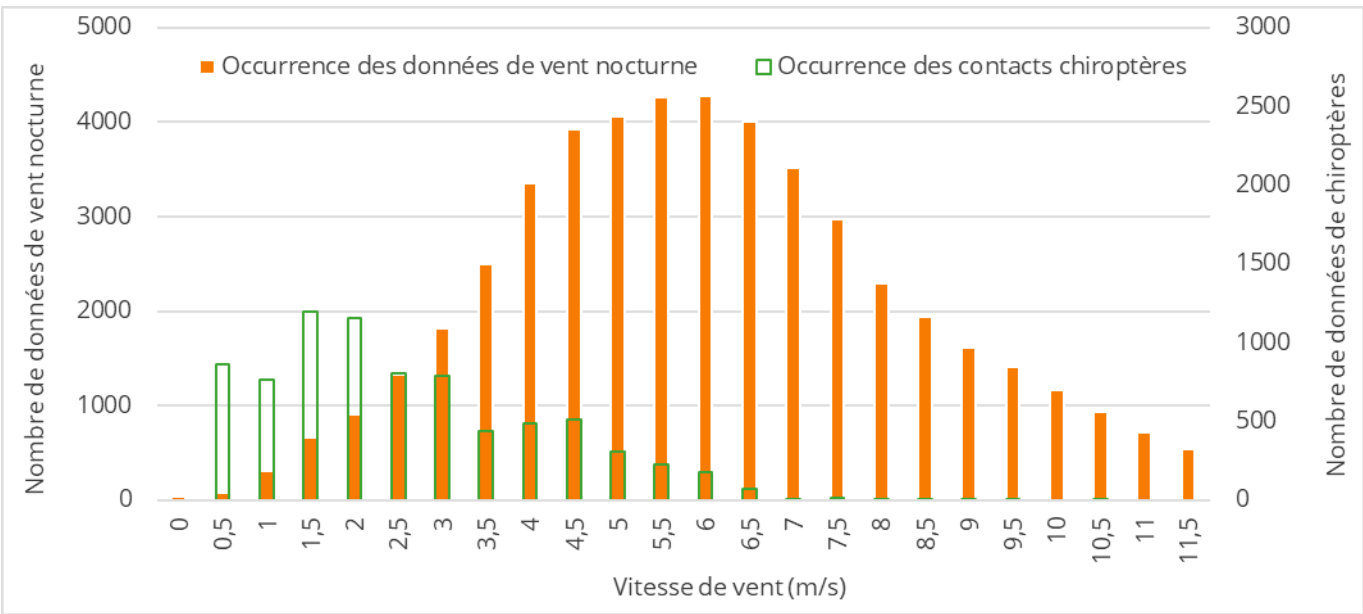


Figure 26 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent



### 3.4 Principaux éléments à retenir du suivi environnemental

*La conclusion après la première année de suivi était la suivante : « Le site du Ménéec présente une activité chiroptérologique non négligeable plutôt concentrée en automne. Le plan de bridage préventif adopté dès la première année d'exploitation est indispensable. Il sera cependant adapté avec les résultats 2023. »*

*La deuxième année confirme une concentration de l'activité en automne et vient montrer une fréquentation du site également très importante en période estivale. Le suivi 2024 met aussi en lumière une activité non-négligeable des chiroptères sur les deux premières semaines de novembre.*

*La mesure actuelle de programmation préventive de éoliennes est testée avec les données des deux années de suivis dans ce rapport. La mesure protège une part suffisante des contacts entre avril et octobre. Cependant, aucun bridage n'est en place sur le mois de novembre durant lequel 323 contacts ont été enregistrés. Cet aspect est détaillé au chapitre 5.1.*

*Une prolongation des suivis d'écoute en nacelle et de mortalité jusqu'au 15 novembre est préconisée au chapitre 5.1.*

## 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 = 6,81 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	Hugo PONTY	14/05/2024	18	8
T2	Hugo PONTY	01/10/2024	18	11
Total			36	19

Tableau 9 : Résultats des tests d’efficacité

Le coefficient d’efficacité du chercheur est : d = 0,53

4.1.3 Persistance des cadavres

Le test de persistance a pour but de déterminer la durée moyenne de persistance des cadavres. Ce paramètre est ensuite inclus dans les méthodes d’estimation de la mortalité. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Test	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres restant						
			J+1	J+3	J+6	J+9	J+13	J+16	à la fin du test
T1	14/05/2024	18	9	5	2	0	0	0	0
T2	01/10/2024	18	13	3	2	1	1	0	0
Total		36	22	8	4	1	1	0	0

Tableau 10 : Résultats des tests de persistance

La durée moyenne de persistance des cadavres est : t = 2,50

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, synthétisées dans le tableau suivant (tableau complet en annexe). 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 86 400 m² par prospection pour l’ensemble du parc.

Éoliennes	Surface prospectée / éolienne (m²)						
	1	2	3	4	5	6	Parc
Moyenne sur l'ensemble du suivi	7 002	4 157	6 091	6 399	12 794	5 192	41 635
Proportion (%)	48,63	28,87	42,30	44,43	88,85	36,06	48,19

Tableau 11 : Synthèse des surfaces prospectées

La proportion moyenne de surface prospectée sur l’ensemble du suivi est de 0,48 (soit 48 %).  
Le coefficient de correction surfacique moyen sur l’ensemble du parc et des prospections est de : A = 2,18.

4.2 Mortalité de l’avifaune

4.2.1 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 avaient 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 avaient fait l’objet d’un suivi de la mortalité, soit 12,5 %.

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

Au total, 31 parcs possédaient un suivi acceptable (au moins 26 semaines de suivi avec un passage par semaine). Lors de ces suivis, 485 cadavres avaient 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 variait entre 1,24 à 2,15 oiseaux/éolienne/an.

Pour finir, huit parcs avaient fait l’objet d’estimation selon les quatre méthodes préconisées soit 1,38 % des éoliennes françaises. Ces parcs possédaient tous une sensibilité particulière : proximité d’une ZPS, de forêts de feuillus ou présence d’une mosaïque de milieux. Les estimations étaient 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 était 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).

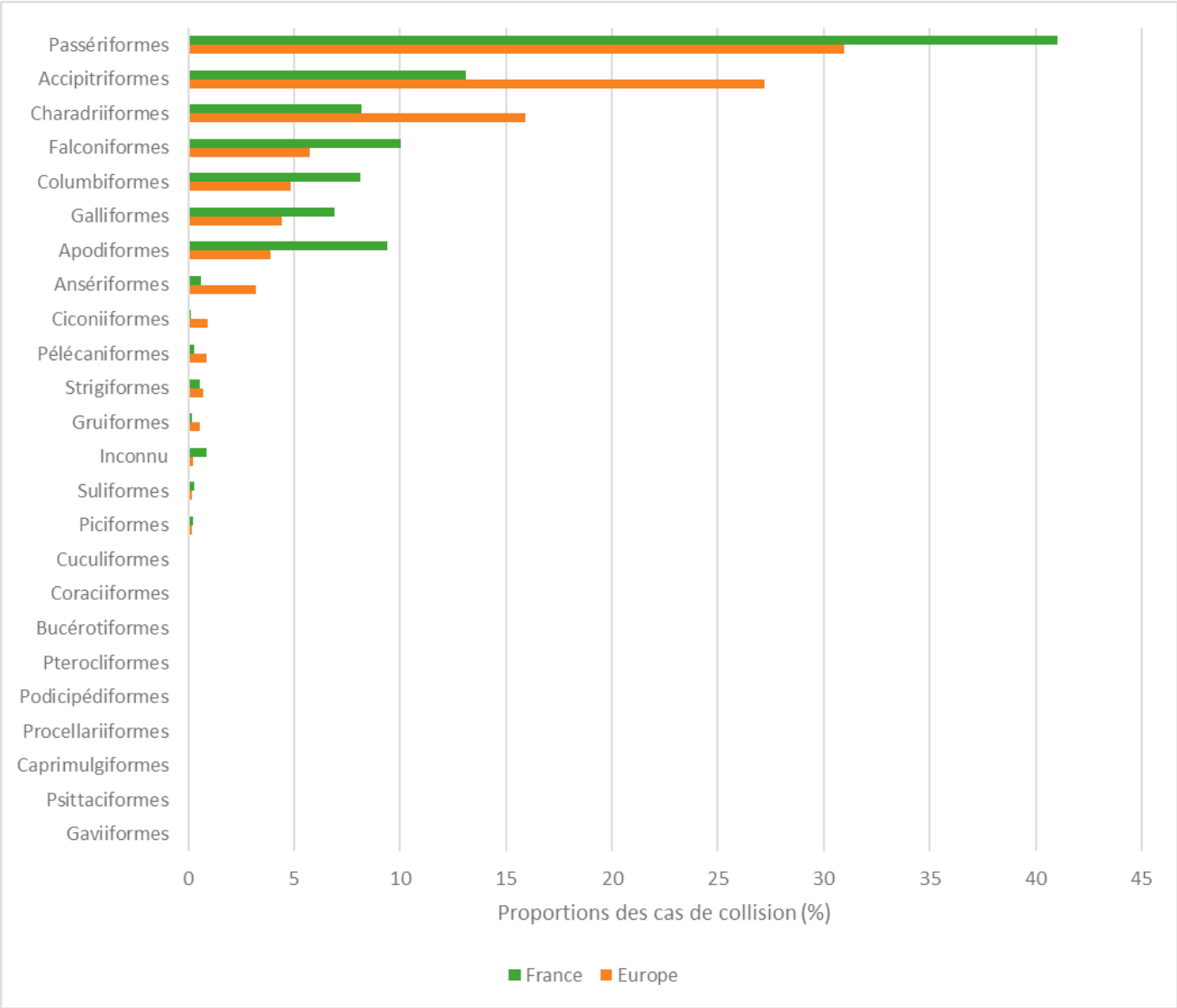


Figure 27 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d’après Dürr, 2023)



4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2018 par le bureau d'étude AEPE-GINKO, a révélé la présence de deux espèces à enjeu dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (tableau suivant) :

- Alouette lulu ;
- Busard Saint-Martin

Nom latin	Nom français	DO	PN	LRF	LRR	Déter. ZNIEFF	Sensib. à l'éolien	Statut
Lullula arborea	Alouette lulu	Ann I Dir Ois	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur LC Hivernant NA	Nicheur LC Migrateur DD	/	1	Hivernante Migratrice
Circus cyaneus	Busard Saint-Martin	Ann I Dir Ois	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur LC Hivernant NA De passage NA	Nicheur EN Migrateur DD	/	2	Hivernant De passage
Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur NT Hivernant NA De passage NA	Nicheur LC	/	3	Nicheur Hivernant
Delichon urbica	Hirondelle de fenêtres	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur NT De passage DD	Nicheur LC Migrateur DD	/	0	Nicheur
Hirundo rustica	Hirondelle rustique	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur NT De passage DD	Nicheur LC Migrateur DD	/	0	Nicheur
Apus apus	Martinet noir	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur NT De passage DD	Nicheur LC Migrateur DD	/	1	Nicheur
Regulus regulus	Roitelet huppé	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur NT Hivernant NA De passage NA	Nicheur LC Migrateur DD	/	0	Nicheur Hivernant
Saxicola torquata	Tarier pâtre	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur NT Hivernant NA De passage NA	Nicheur LC	/	0	Nicheur Hivernant
Carduelis chloris	Verdier d'Europe	/	Art.3 Arr 29 oct 2009	Nicheur VU Hivernant NA De passage NA	Nicheur LC Migrateur DD	/	0	Nicheur

DO : Directive Oiseaux, PN : Protection nationale, LRF : Liste Rouge de France, LRR : Liste Rouge Régionale, ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

Tableau 13 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2014-2015 et en 2017-2018 (AEPE-Gingko)

Nom latin	Nom français	Niveau d'enjeu de conservation	Sensibilité à l'éolien	Niveau de risque
Circus cyaneus	Busard Saint-Martin	Faible	Moyen	Faible à moyen
Lullula arborea	Alouette lulu	Faible	Faible	Faible

Tableau 14 : Niveau d'enjeu de conservation, sensibilité à l'éolien et niveau de risque des espèces patrimoniales à l'échelle régionale

4.2.3 Mortalité brute de l'avifaune en 2024

4.2.3.1 Résultats globaux

Un cadavre d'oiseau a été retrouvé durant la période de suivi (avril à octobre 2024, tableau suivant). Le cadavre a été découvert lors du protocole de suivi de la mortalité.  
L'espèce retrouvée est le Faisan de Colchide.

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques de ce cas de mortalité :

Date	Espèce	Éolienne	Statut biologique	Sexe	Âge	Source
17/09/2024	Faisan de Colchide	E6	Migrateur postnuptial	Indéterminé	Adulte	Protocole

Tableau 12 : Oiseaux découverts lors du suivi mortalité

Pour l'avifaune, la mortalité brute (échantillon observé) sur le parc du Ménéec est d'un individu sur la période de suivi s'étalant de fin mars à octobre 2024.

4.2.3.2 Analyse par groupes taxonomiques

Le cadavre d'oiseau trouvé appartient à l'ordre des Galliformes. Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique. Les Galliformes font partie des groupes peu retrouvés en France et en Europe (cf. 4.2.1.2 Bilans national et européen de la mortalité de l'avifaune).

En 2024, le cadavre retrouvé appartient au groupe des Galliformes.

4.2.3.3 Résultats saisonniers

Au cours de ce suivi, le cadavre d’oiseau a été retrouvé durant le mois de septembre (figure suivante).

La mortalité est observée uniquement sur le mois de septembre (un individu). À noter que pour le mois de mars, les suivis n’ont démarré qu’à partir du 19, la mortalité pour ce mois est donc potentiellement sous-estimée.

La mortalité fluctue entre zéro et un individu sur les mois concernés. Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance 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).

4.2.3.4 Résultats par éolienne

Durant ce suivi, une des six éoliennes a été concernée par un cas de mortalité (carte suivante). Les résultats de la mortalité brute ne permettent pas de mettre en évidence une éolienne plus mortifère qu’une autre.

Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédation, il n’est pas impossible que d’autres éoliennes aient provoqué une mortalité non observée lors du suivi.



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

4.2.4 Estimation de la mortalité réelle de l’avifaune en 2024

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	11	2 – 78
Huso	12	2 - 84
Jones	16	3 – 115
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 13 : Mortalité estimée de l’avifaune sur l’ensemble de la période de suivi

**Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 11 à 16 individus pour l’ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 2 et 115 individus, avec un risque d’erreur de 5 % (pour chaque estimateur).**

La précision des estimations de la mortalité réelle est jugée faible (intervalles de confiance). Avec un risque d’erreur de 5%, les estimations suggèrent une mortalité réelle pouvant être faible à forte.

Les paramètres correcteurs peuvent avoir une influence forte sur les estimations et les intervalles de confiance. C’est notamment le cas pour les valeurs correctives, comme la persistance des cadavres, qui reflète une forte prédation sur le parc (t = 2,50 jours). En outre, la correction surfacique est assez élevée (A = 2,18), étant donné le grand nombre de zones n’ayant pu être prospectées, dû notamment à la présence de cultures, de travaux agricoles, ou de maintenance.

Ceci indique pourquoi la précision des estimations est assez faible.

4.2.5 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.).

D'après les caractéristiques de l'individu retrouvé, ainsi que des analyses spatiales et saisonnières effectuées précédemment dans ce rapport, aucune cause récurrente n'a pu être identifiée comme étant à l'origine de la mortalité sur le parc du Ménéec. Le seul cas de mortalité recensé semble avoir pour origine l'occurrence ponctuelle de facteurs à risques (phénologie, comportement, conditions météorologiques, etc.). Le parc est implanté dans un milieu agricole ouvert, qui correspond aux habitats fréquentés par l'espèce découverte (Faisan de Colchide).

4.2.5.1 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune

Le tableau suivant synthétise les statuts réglementaires et de conservation de l'espèce concernée par un cas de mortalité sur ce suivi, ainsi que sa 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			
				R	H	M				
Faisan de Colchide	Annexe II/1, III/1	-	LC	LC	-	-	DD	Non	0	1

LC : Préoccupation mineure / DD : Données insuffisantes  
R : Reproduction / H : Hivernage / M : Migration.

Tableau 14 : Statuts des différentes espèces impactées et effectifs associés

4.2.5.2 Espèces patrimoniales

Aucune espèce patrimoniale n'a été concernée par des cas de mortalité en 2024.

Parmi les espèces à enjeu, ciblées lors de l'étude d'impact, aucun cas de mortalité n'a été avéré en 2024.

À partir du cas de mortalité avéré (mortalité brute), des statuts de conservation et de la dynamique de population de l'espèce concernée, le parc du Ménéec ne représente pas d'impact significatif sur une espèce particulière en 2024. Cependant, les estimations de la mortalité réelle présentent une forte incertitude, et cette dernière pourrait être forte.

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

- l'occurrence ponctuelle de facteurs à risques.
- l'emplacement de l'éolienne E6, en parcelle cultivée, représentant un habitat privilégié par le Faisan de Colchide.



4.2.6 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2024

4.2.6.1 Mortalité brute

4.2.6.1.1 Résultats globaux

La comparaison de la mortalité sur le parc du Ménéce est basée sur les sorties effectuées en 2023 et en 2024. Le plan d'échantillonnage est similaire mais les paramètres présentent des différences pour ces suivis, notamment vis-à-vis de la persistance et de l'efficacité (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
2023	Toutes	Mi-mars à octobre	Standardisé (2018)	0,50	3,15	0,81	6,97	33
2024				0,48	2,50	0,53	6,81	

Tableau 15 : Paramètres des suivis réalisés

Sur ce parc, quatre oiseaux ont été retrouvés en 2023 et un en 2024, soit cinq individus au total (tableau suivant). La mortalité brute en 2024 a diminué en comparaison de celle de 2023. Toutefois, les différences de paramètres entre les deux années de suivi pourraient être à l'origine de cette différence.

Sur les quatre espèces retrouvées en 2023, aucune ne sont retrouvées en 2024.

Espèce	Année	
	2017	2018
Martinet noir	1	0
Buse variable	1	0
Épervier d'Europe	1	0
Pigeon ramier	1	0
Faisan de Colchide	0	1
Total	4	1

Tableau 16 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2023 et 2024

4.2.6.2 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 2023 et 2024, selon les différentes méthodes retenues.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2023	2024
Erickson	21 (4 - 55)	11 (2 - 78)
Huso	24 (4 - 58)	12 (2 - 84)
Jones	28 (4 - 72)	16 (3 - 115)
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 17 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2023 et 2024

**Résultats 2023 :** selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 21 à 28 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 4 et 72 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

**Résultats 2024 :** selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 11 à 16 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 2 et 115 individus, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

Les résultats d'estimations ne permettent pas d'apprécier l'évolution de la mortalité réelle (recoupement des intervalles de confiance).

Pour la mortalité brute, le faible nombre de données récoltées et/ou les différences de paramètres entre les années suivies ne peuvent pas permettre de dégager une tendance concernant l'évolution de la mortalité.

#### 4.2.7 Synthèse

- **La mortalité brute (échantillon observé) relevée sur l'ensemble du suivi (mi-mars à octobre 2024) est d'un individu (Faisan de Colchide).**
- **Selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 11 à 16 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 2 et 115, avec un risque d'erreur de 5 % (pour chaque estimateur).**
- **La mortalité de l'avifaune sur le parc du Ménéec semble être liée à :**
  - **l'occurrence ponctuelle de facteurs à risques (comportement, conditions météorologiques, etc.),**
  - **la présence de milieux favorables au Faisan de Colchide à proximité des éoliennes (cultures).**
- **À partir de la mortalité avérée (mortalité brute), des statuts de conservation et de la dynamique de population de l'espèce concernée, le parc du Ménéec ne représente pas d'impact significatif sur une espèce particulière en 2024 (pour la période suivie). Cependant, les estimations de la mortalité réelle présentent une forte incertitude, au regard des intervalles de confiance, et cette dernière pourrait être élevée.**
- **De nouveaux suivis sont préconisés afin d'améliorer la précision des estimations de la mortalité réelle. Ravache et al., 2024, recommandent notamment d'augmenter l'effort d'échantillonnage à un passage tous les trois jours afin de réduire l'incertitude des estimations de mortalité, particulièrement dans le cas d'une persistance faible.**

4.3 Mortalité des chiroptères

4.3.1 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. annexes 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.

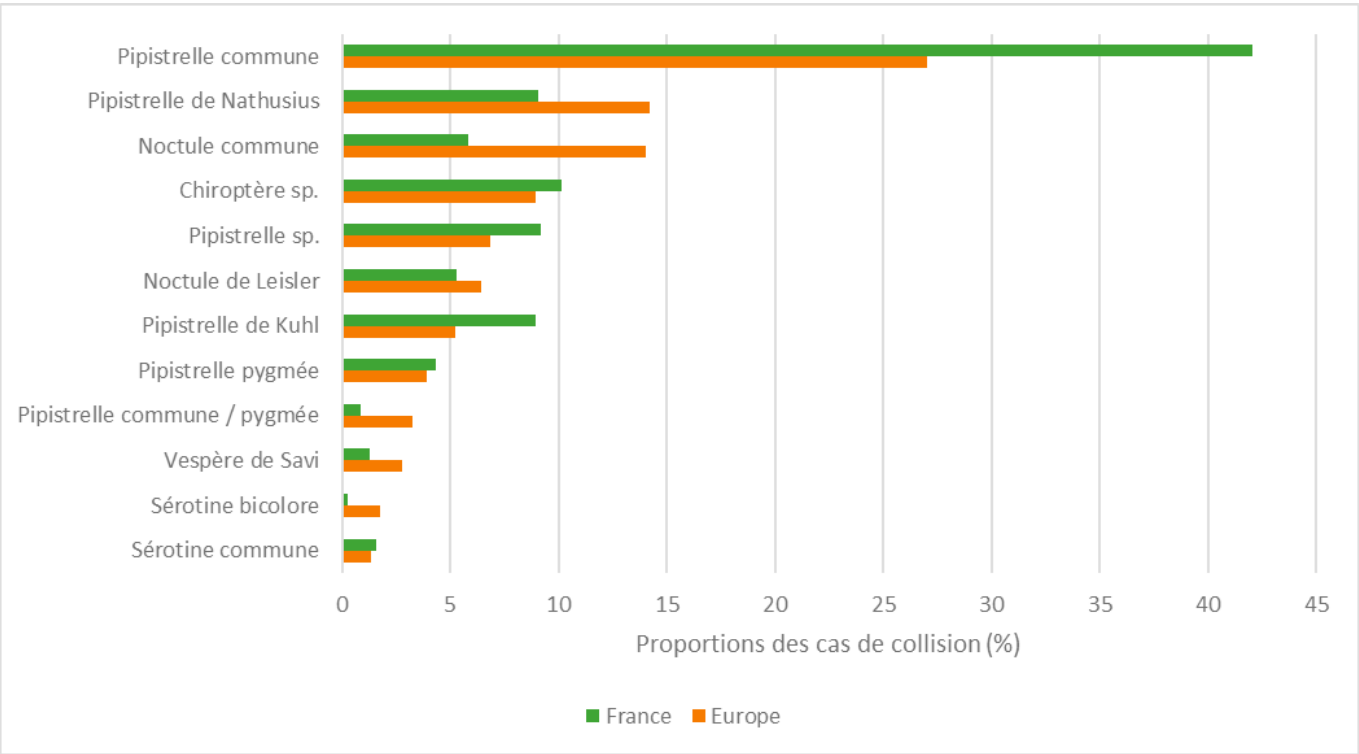


Figure 28 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2023)

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'état initial, réalisé en 2014-2015 et les inventaires complémentaires, réalisés en 2017-2018 par le bureau d'étude AEPE-Gingko, ont révélé la présence de 14 espèces dont cinq espèces à enjeu et sensibles au risque de collision dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

Nom latin	Nom français	DHFF	PN	LRF	LRR	Statut en Bretagne (GMB, 2015)	Tendance en France* (SFEPM, 2016)	Niveau d'enjeu de conservation
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Ann IV Dir Hab	Art2 Arr 23 avril 2007	NT	LC	Commune	Diminution	Très faible
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Ann IV Dir Hab	Art2 Arr 23 avril 2007	LC	LC	Commune	Augmentation	Très faible
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	Ann IV Dir Hab	Art2 Arr 23 avril 2007	NT	NT	Assez commune	Inconnue	Faible
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	Ann IV Dir Hab	Art2 Arr 23 avril 2007	LC	LC	Commune	Diminution	Très faible
<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Ann IV Dir Hab	Art2 Arr 23 avril 2007	NT	NT	Rare	Diminution	Fort

DHFF : Directive Habitat Faune Flore, PN : Protection nationale, LRF : Liste Rouge de France, LRR : Liste Rouge Régionale, \* Les tendances évolutives des populations en France notées sont données sur un pas de temps court (2009-2013).

Tableau 19 : Protection, statut en Bretagne et tendance évolutive des populations en France des espèces sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2014-2015 et en 2017-2018 (AEPE-Gingko)

Nom latin	Nom français	Niveau d'enjeu de conservation	Sensibilité à l'éolien (SFEPM, 2016)	Niveau de risque
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Très faible	Élevé	Faible à moyen
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Très faible	Élevé	Faible à moyen
<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius	Faible	Élevé	Moyen
<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commune	Très faible	Moyen	Faible
<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler	Fort	Élevé	Fort

Tableau 20 : Définition du niveau de risque pour les espèces sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2014-2015 et en 2017-2018 (AEPE-Gingko)

4.3.3 Mortalité brute des chiroptères en 2024

4.3.3.1 Résultats globaux

Aucun cadavre de chiroptère n’a été retrouvé sur l’ensemble de la période de suivi.

**Pour les chiroptères, la mortalité brute (échantillon observé) sur le parc du Méné est nulle sur la période de suivi s’étalant de mars à octobre 2024.**

4.3.4 Estimation de la mortalité réelle des chiroptères en 2024

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 (décembre à novembre)	Intervalle de confiance à 95 %
Erickson	0	0
Huso	0	0
Jones	0	0
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 18 : Mortalité estimée des chiroptères sur l’ensemble de la période de suivi

**La mortalité brute étant nulle, les estimations de mortalité réelle le sont également.**

4.3.5 Comparaisons des données de 2023 avec celles de 2024

4.3.5.1 Mortalité brute

4.3.5.1.1 Résultats globaux

La comparaison de la mortalité sur le parc du Méné est basée sur les sorties effectuées en 2023 et 2024.

Certains paramètres sont différents pour ces suivis, notamment la persistance et l’efficacité (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
2023	Toutes	Mi-mars à octobre	Standardisé (2018)	0,50	3,15	0,81	6,97	33
2024				0,48	2,50	0,53	6,81	

Tableau 19 : Paramètres des suivis réalisés

Sur ce parc, trois chiroptères ont été retrouvés en 2023 et aucun en 2024 (tableau suivant).

La seule espèce retrouvée est la Pipistrelle commune.

Espèce	Année	
	2023	2024
Pipistrelle commune	3	0

Tableau 20 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2023 et 2024

**Pour la mortalité brute, le faible nombre de données récoltées et/ou les différences de paramètres entre les années suivies ne peuvent pas permettre de dégager une tendance concernant l’évolution de la mortalité.**

4.3.5.1.1 Résultats saisonniers et spatialisés

Lors du suivi 2023, les trois cadavres de Pipistrelle commune avaient été retrouvés en septembre et octobre, lors de la phase de transits automnaux et swarming. Les éoliennes concernées étaient E6 (deux individus) et E1 (un individu). Aucun cadavre n’a été découvert en 2024.

4.3.5.1.2 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 2023 et 2024, selon les différentes méthodes retenues.

Méthodes	Mortalité estimée	
	2023	2024
Erickson	16 (3 - 38)	0 (0 - 0)
Huso	18 (3 - 42)	0 (0 - 0)
Jones	22 (3 - 52)	0 (0 - 0)
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 21 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l’ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2023 et 2024

**Résultats 2023** : selon les estimateurs, la mortalité estimée varie de 16 à 22 individus pour l’ensemble du parc sur la période de suivi, et la mortalité réelle devrait se situer entre 3 et 52 individus, avec un risque d’erreur de 5 % (pour chaque estimateur).

**Résultats 2024** : la mortalité estimée est nulle, en raison de l’absence de découverte de cadavre.

**Les résultats d’estimations suggèrent une baisse de la mortalité des chiroptères.**



#### 4.3.6 Synthèse

- *La mortalité brute (échantillon observé) relevée sur l'ensemble du suivi (mi-mars à octobre 2024) est nulle.*
- *En raison de l'absence de cadavre découvert, le parc du Ménéec ne représente pas d'impact significatif sur une espèce particulière en 2024.*
- *À noter que l'absence de cadavre découvert en 2024 ne signifie pas l'absence de mortalité réelle, et pourrait être en lien avec l'évolution de certains paramètres, tels que la persistance et l'efficacité (plus faibles en 2024 en comparaison de 2023). La mortalité des chiroptères apparaît cependant plus faible en 2024.*

## 5 Mesures correctrices

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

Le bilan des mesures mises en place et de leur efficacité sur les trois années de suivi sera réalisé à la suite du suivi 2024. Les résultats du suivi d'année 1 (2023) avaient amené une adaptation de la mesure de réduction à la suite d'une activité élevée associée à de la mortalité.

Les résultats du suivi d'année 2 font état d'une faible mortalité chiroptérologique, pouvant possiblement être expliquée par les paramètres correcteurs (surface prospectée faible, efficacité, persistance).

5.1.1 Programmation préventive

5.1.1.1 Historique des programmations préventives

La deuxième année de fonctionnement, sur la période allant du 1er avril au 31 octobre 2024, en lien avec les analyses des résultats du suivi 2023 des populations de chauves-souris, les éoliennes ont été arrêtées selon les conditions cumulatives suivantes :

Périodes		Mois	Contacts par mois	Pourcentage d'activité des chiroptères couvert	Modalités d'arrêt		Modalités de redémarrage	
					Horaire	Vitesse du vent à hauteur de moyeu		
Cycle actif des chiroptères	Phase printanière	Mars	10	Aucune mesure				
		Avril	22	100,0%	Toute la nuit (De 1h avant le coucher à 1h après le lever du soleil)	Vitesse de vent inférieure à 5,5 m/s	Pluie	Température de l'air inférieure à 10°C
		Mai	81	82,7%				
	Phase estivale	Juin	1 140	97,1%				
		Juillet	915	95,4%				
		Août	236	96,6%				
	Phase automnale	Septembre	2 996	97,8%		Vitesse de vent inférieure à 6 m/s		
		Octobre	2 105	98,6%				
		Novembre	323	Aucune mesure				
	Total sur la période inventoriée			7 828	93,3%			

Tableau 22 : Modalités d'arrêt préventif proposées à l'issue du suivi 2023 pour l'année 2024 (nombre de contacts cumulés en 2023 et 2024)

Les paramètres cumulés sur la période de programmation prévue ont permis de couvrir 93,3 % de l'activité chiroptérologique global. Cependant, une activité importante a été enregistrée en 2024 sur les deux premières semaines de novembre, avec de forts pics journaliers.

Cette activité, bien qu'elle ne soit pas couverte par un arrêt programmé des éoliennes, a été observée à des vitesses de vent inférieures à 3 m/s. Les éoliennes étant à l'arrêt sous ces vitesses de vent là, les chiroptères observés en novembre 2024 n'ont a priori pas couru de risques de mortalité. Considérant cela, le taux de chiroptères épargné des risques de mortalité est de 97,4 % sur la totalité du suivi 2024. Ainsi, aucune correction du bridage n'est à prévoir pour 2025.

Cependant, l'activité des chiroptères et les données météorologiques sont sujettes à de plus ou moins fortes variations interannuelles. Il est probable qu'une activité chiroptérologique importante soit de nouveau observée au mois de novembre 2025, possiblement à des vitesses de vent supérieures à 3 m/s. Dans ce cas de figure, la mise en place d'un arrêt programmé des éoliennes sur les deux premières semaines de novembre serait préconisée.

Une prolongation jusqu'au 15 novembre du suivi acoustique en nacelle, ainsi que du suivi de mortalité, est préconisée pour 2025. La prolongation des suivis permettra de vérifier ces hypothèses et de préconiser si nécessaire un arrêt programmé des éoliennes sur les deux premières semaines de novembre.

5.2 Mesures correctrices préconisées pour réduire l'incidence sur avifaune

Le parc n'ayant pas d'incidence significative au vu des résultats de 2024, aucune mesure spécifique n'est proposée. Les migrateurs migrant principalement de nuit pourront par ailleurs bénéficier des mesures de bridage destinées aux chiroptères.

5.3 Modalités de suivi préconisées

Suivi de la mortalité

Conformément à l'Arrêté Préfectoral d'Autorisation, une troisième année de suivi de la mortalité sera réalisée. Ce suivi suivra le même protocole que les deux précédents, afin de permettre la comparaison.

Semaine n°	1 à 10	11 à 43	44 à 52
Fréquence des sorties		1 par semaine	
Nombre de sorties sur la période	0	33	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).



# Tables 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) .....	11
Figure 2 : Tendances des populations pour six espèces de chauves-souris en France entre 2006 et 2018 (Bas et al., 2020) .....	13
Figure 3 : Diminution de l'activité de la Sérotine commune sur le parc éolien de Midlum (Bach & Rahmel 2004). 14	
Figure 4 : Ration du temps passé en hauteur pour chaque espèce de chiroptères (Adapté de Roemer et al., 2017). .....	15
Figure 5 : Représentation schématique des comportements de vols de chauves-souris à proximité d'une éolienne .....	15
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).....	17
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) .....	17
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) .....	18
Figure 9 : Contours isolignes des déclinés 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 ( $\lambda$ ) (Frick et al., 2017) .....	19
Figure 10 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.).....	23
Figure 11 : Indices de confiance établis par SonoChiro® et risques d'erreurs associés .....	24
Figure 12 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne .....	27
Figure 13 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude (n=2 348).....	35
Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement .....	36
Figure 15 : Répartition du nombre de contacts par jour durant l'ensemble de la période d'inventaire .....	38
Figure 16 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien .....	39
Figure 17 : Activité des chiroptères en fonction de la température .....	40
Figure 18 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction de la température .....	40
Figure 19 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent.....	41
Figure 20 : Activité mensuelle des chiroptères en fonction du vent .....	41
Figure 21 : Répartition des contacts par espèce ou groupe d'espèces sur les deux années d'études (n=7 828) ....	44
Figure 22 : Répartition du nombre de contacts par jours sur les deux périodes d'études.....	45
Figure 23 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement sur les deux périodes d'étude .....	46
Figure 24 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien .....	46
Figure 25 : Activité des chiroptères en fonction de la température .....	47

Figure 26 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent .....	47
Figure 27 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2023).....	51
Figure 28 : 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) .....	58

## Tableaux

Tableau 1 : Habitat et type de milieu inventorié .....	24
Tableau 2 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi .....	28
Tableau 3 : Postulats de chaque méthode d'estimation .....	30
Tableau 4 : Dates et conditions météorologiques des inventaires du milieu naturel.....	31
Tableau 5 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne .....	35
Tableau 6 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques .....	36
Tableau 7 : Répartition du nombre de contacts en fonction des mois d'inventaire .....	36
Tableau 8 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études sur les deux années de suivi .....	43
Tableau 9 : Résultats des tests d'efficacité .....	50
Tableau 10 : Résultats des tests de persistance .....	50
Tableau 11 : Synthèse des surfaces prospectées.....	50
Tableau 12 : Oiseaux découverts lors du suivi mortalité .....	52
Tableau 13 : Mortalité estimée de l'avifaune sur l'ensemble de la période de suivi .....	54
Tableau 14 : Statuts des différentes espèces impactées et effectifs associés .....	55
Tableau 15 : Paramètres des suivis réalisés .....	56
Tableau 16 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2023 et 2024.....	56
Tableau 17 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2023 et 2024 .....	56
Tableau 18 : Mortalité estimée des chiroptères sur l'ensemble de la période de suivi .....	59
Tableau 19 : Paramètres des suivis réalisés .....	59
Tableau 20 : Mortalité brute observée par espèce sur le parc en 2023 et 2024.....	59
Tableau 21 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi et selon les méthodes utilisées, en 2023 et 2024 .....	59
Tableau 22 : Modalités d'arrêt préventif proposées à l'issue du suivi 2023 pour l'année 2024 (nombre de contacts cumulés en 2023 et 2024).....	62
Tableau 23 : Modalités d'arrêt préventif proposées pour 2025.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien du Ménéec ..... 6

Carte 2 : Localisation du parc éolien du Ménéec sur photographie aérienne ..... 7

Carte 3 : Localisation et dénomination des dispositifs Batmode S2+ ..... 24

Carte 4 : Répartition des cadavres d’oiseaux trouvés par éolienne ..... 53

Photographie

Photo 1 : Éoliennes E1 (en haut), E2 (milieu) et E3 (en bas)..... 7

Photo 2 : Éoliennes E4 (en haut), E5 (milieu) et E6 (en bas)..... 8

Photo 3 : Exemple de situation à risque : brouillard en hauteur masquant tout ou partie des pales - ©Encis Environnement..... 12

# 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) - Abies / LPO Aude.

Albouy S., (2005). Suivi ornithologique 2005 du parc éolien de Grande Garrigue, commune de Névian (11), évaluation des impacts sur l'avifaune nicheuse. Abies pour la Compagnie du Vent.

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. & Ta, kersley 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).

Atienza, J.C., Fierro, I.M., Infante, O., Valls, J., Domínguez, J., 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid, (translated into English as Guidelines for Assessing Impact of Wind Farms on Birds and Bats (Version 4.0).

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 Helvesen (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 Helvesen (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
- BirdLife International (2021). European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- 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.
- Blary, C., Bonadonna, F., Dussauze, E., Potier, S., Besnard, A., Duriez, O., 2023. Detection of wind turbines rotary motion by birds: A matter of speed and contrast. *Conservat Sci and Prac* e13022. <https://doi.org/10.1111/csp2.13022>
- Bright, J.A., Langston, R.H.W., Bullman, R., Evans, R.J., Gardner, S., Pearce-Higgins, J., Wilson, E., 2006. Bird sensitivity map to provide locational guidance for onshore wind farms in Scotland. *RSPB, Sandy*.
- Brinkmann, R., H. Schauer-Weissahn & 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 Naturschutzzfonds
- 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
- Carrete, M., Sánchez-Zapata, J.A., Benítez, J.R., Lobón, M., Donazar, J.A., 2009. Large scale risk-assessment of wind-farms on population viability of a globally endangered long-lived raptor. *Biol. Conserv.* 142, 2954–2961. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.07.027>
- Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterol.*, 11(2): 343-350.
- Cornelis N, Strehler-Perrin C, Balsiger L *et al.*, (2016). Évaluation des impacts résiduels cumulés des éoliennes du Jura vaudois et des régions limitrophes sur la faune ailée.
- Cornut, J. & S. Vincent (2010a): Suivi de la mortalité des chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. GCRA & LPO Drôme, 42 pages
- Cornut, J. & S. Vincent (2010b): Suivi de la mortalité de chiroptères sur deux parcs éoliens du sud de la région Rhône-Alpes. *Le Bièvre* 24: 51-57. Disponible sur : <http://coraregion.free.fr/images/bievre/bievre24.pdf>
- Cryan P.M. Gorrensens P.M. Hein C.D. Schirmacher M.R. Diehl R.H. Huso M.M. Hayman D.T.S. Fricker P.D. Bonaccorso F.J. Johnson D.H. Hesit. H. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. *PNAS*. doi: 10.1073/pnas.1406672111
- De Lucas M *et al.*, (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance.
- Dechmann, D.K.N., Wikelski, M., Ellis-Soto, D., Safi, K. & O'Mara, M.T. (2017) Determinants of spring migration departure decision in a bat. *Biology letters*, 13, 20170395.
- Devereux, C, Denny M. & Whittingham M. J. (2008), Minimal effects of wind turbines on the distribution of wintering farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 45: 1689–1694.
- DGPR, DGALN, MTES, MNHN, LPO, SFEPM, SER, FEE. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018.
- Dietz C. Von Helvesen 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, A.L., Langston, R.H.W., 2008. Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134, 233–266. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.015>.
- Drewitt, A.L., Langston, R.H.W., 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148, 29–42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>.
- 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) - Evaluation 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 p.
- Duriez, O., Pilard, P., Saulnier, N., Bouzin, M., Besnard, A., 2017. Actes du Séminaire Eolien et Biodiversité- Artigues-près-Bordeaux. 21 et 22 novembre 2017. Page 49. Impact des mortalités additionnelles induites par les collisions avec les éoliennes pour la viabilité des populations de Faucons crécerellette.
- Duriez, O., Pilard, P., Saulnier, N., Patrick, B., Besnard, A., 2022. Windfarm collisions in medium-sized raptors: even increasing populations can suffer strong demographic impacts. *Animal Conservation* 26. <https://doi.org/10.1111/acv.12818>



- 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
- Drewitt, A.L., Langston, R.H.W., 2008. Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134, 233–266. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.015>
- Drewitt, A.L., Langston, R.H.W., 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148, 29–42. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00516.x>
- 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.
- European Commission, 2010. EU Guidance on wind energy development in accordance with the EU nature legislation.
- Faggio G., Jolin C., Groupe Ornithologique de Corse (2003). Suivi ornithologique du parc éolien d'Ersa-Rogliano (Haute-Corse). Rapport final. (p. 101, fr)
- Farfán, M.A., Vargas, J.M., Duarte, J., Real, R., 2009. What is the impact of wind farms on birds? A case study in southern Spain. *Biodivers Conserv* 18, 3743–3758. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9677-4>
- Fernández-Bellon, D., Wilson, M.W., Irwin, S., O'Halloran, J., 2019. Effects of development of wind energy and associated changes in land use on bird densities in upland areas. *Conservation Biology* 33, 413–422. <https://doi.org/10.1111/cobi.13239>
- 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. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p.
- 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 SFEPM, 2016. – Suivi des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de Chiroptères, Version 2 (février 2016). Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Paris, 17 pages.
- Grünkorn, T., A. Diederichs, B. Stahl, D. Dörte & G. Nehls (2005): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des Kollisionsrisikos von Vögeln an Windenergie-anlagen. Unpubl. report for Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein: 92 pp.
- Grünkorn T, von Rönn J, Blew J, Nehls G, Weitekamp S, Timmermann H, Reichenbach M, Coppack T (2016). Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (projet de recherche PROGRESS). (p27).
- Hayes, M.A. (2013): Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. *BioScience* 63(12): 975-979.
- Hayes, M. A., L. A. Hooton, K. L. Gilland, C. Grandgent, R. L. Smith, S. R. Lindsay, J. D. Collins, S. M. Schumacher, P. A. Rabie, J. C. Gruver, and J. Goodrich-Mahoney. (2019) A smart curtailment approach for reducing bat fatalities and curtailment time at wind energy facilities. *Ecological Applications* 00(00):e01881.
- Hedenström A. 2009. Optimal migration strategies in bats. *Journal of Mammalogy*, 90(6):1298–1309, 2009
- Heim, O., Schröder, A., Eccard, J., Jung, K. & Voigt, C.C. (2016) Seasonal activity patterns of European bats above intensively used farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 130–139.
- Hensen, von F. (2004): Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. *Nyctalus* (N.F.) 9 (5): 427-435.
- Hodos W (2003). Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. (p43).



- Horn J.W. Arnett E.B. & Kunz T.H. 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. *The Journal of Wildlife Management* 72(1): 123-132
- Holzhaider J. & Zahn A. 2001. Bats in the Bavarian Alps : species composition and utilization of higher altitudes in summer. *Z. Säugetierk.*, 66(2) : 144-154.
- Hötter H., Tomsen KM. & Jeromin H., (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources : the example of birds and bats ; Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation, Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen, 65 p.
- Hötter, H. (2017). *Birds of Prey and Wind Farms : Analysis of Problems and Possible Solutions.*
- 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.
- Marques A.T., Santos C.D., Hanssen F., Muñoz A.R., Onrubia A., Wileski M., Moreira F., Palmeirim J.M., Silva J.P., (2020). Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds. *J Anim Ecol.* 2020;89:93–103.
- 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).
- McClure, C.J.W., Rolek, B.W., Dunn, L., McCabe, J.D., Martinson, L., Katzner, T., 2021. Eagle fatalities are reduced by automated curtailment of wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 58, 446–452. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13831>
- 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](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.

Pearce-Higgins J., Stephen L., Langston R., Bainbridge I., & Bullman R., (2009). The distribution of breeding birds around upland wind farms. *J. Appl. Ecol.* 46(6): 1323- 1331. Doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01715.x.

Pearce-Higgins, J., Stephen, L., Douse, A., Langston, R., (2012). Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation: Results of a multi-site and multi-species analysis. *Journal of Applied Ecology* 49. <https://doi.org/10.2307/41433362>

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.

Powlesland, R.G., 2009. Impacts of wind farms on birds: a review, Science for conservation. Pub. Team, Dept. of Conservation, Wellington, N.Z.

Pratz J-L., (2010). Suivi ornithologique et chiroptérologique des parcs éoliens de Beauce - Premiers résultats 2006-2009. Loiret Nature Environnement, Eure-et-Loir Nature, Greet Ingénierie, ADEME, DIREN-centre, Conseil régional.

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.

Refoyo Román, P., Olmedo Salinas, C., Muñoz Araújo, B., 2020. Assessing the effect of wind farms in fauna with a mathematical model. *Sci Rep* 10, 14785. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71758-5>

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

Roux D., Tran M., & Gay N., (2013). Suivi des oiseaux et des chiroptères sur un parc éolien. Comportement et mortalité à Bollène (84) entre 2009 et 2012. *Faune sauvage* 298: 10-16.

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.

Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Kyed Larsen, J., Pettersson, J., Green, M., 2012. The effect of wind power on birds and bats - A synthesis. Swedish Environmental Protection Agency (Naturvardsverket), Stockholm.

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.

Schaub, T., Klaassen, R.H.G., Bouten, W., Schlaich, A.E., Koks, B.J., 2020. Collision risk of Montagu's Harriers *Circus pygargus* with wind turbines derived from high-resolution GPS tracking. *Ibis* 162, 520–534. <https://doi.org/10.1111/ibi.12788>

Schwemmer, P., Mercker, M., Haecker, K., Kruckenberg, H., Kämpfer, S., Bocher, P., Fort, J., Jiguet, F., Franks, S., Elts, J., Marja, R., Piha, M., Rousseau, P., Pederson, R., Düttmann, H., Fartmann, T., Garthe, S., 2023. Behavioral responses to offshore windfarms during migration of a declining shorebird species revealed by GPS-telemetry. *Journal of Environmental Management* 342, 118131. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118131>

Seiche K. Endl P. & Lein M. 2007. Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus* (N.F.) 12 (2-3): 170-181.

Serrano, D., Margalida, A., Pérez-García, J.M., Juste, J., Traba, J., Valera, F., Carrete, M., Aihartza, J., Real, J., Mañosa, S., Flaquer, C., Garin, I., Morales, M.B., Alcalde, J.T., Arroyo, B., Sánchez-Zapata, J.A., Blanco, G., Negro, J.J., Tella, J.L., Ibañez, C., Tellería, J.L., Hiraldo, F., Donázar, J.A., 2020. Renewables in Spain threaten biodiversity. *Science* 370, 1282–1283. <https://doi.org/10.1126/science.abf6509>

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.

Soufflot, J., 2010. Synthèse de l'impact de l'éolien sur l'avifaune migratrice sur cinq parcs éoliens en Champagne- Ardenne. LPO.

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.

Welcker, J., Liesenjohann, M., Blew, J., Nehls, G., Grünkorn, T., 2017. Nocturnal migrants do not incur higher collision risk at wind turbines than diurnally active species. Ibis 159, 366–373. <https://doi.org/10.1111/ibi.12456>

Werner, S., Aschwanden, J., Heynen, D., Schmid, H., 2018. Les oiseaux et l'énergie éolienne : Etude et évaluation de projets soumis à une EIE. Recommandations de la Station ornithologique suisse. Station ornithologique suisse, Sempach.

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).

Zwart, M.C., Dunn, J.C., McGowan, P.J.K., Whittingham, M.J., 2016. Wind farm noise suppresses territorial defense behavior in a songbird. BEHECO 27, 101–108. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv128>

## Annexe 1 : Formulaire général (suivi mortalité)

[illegible]

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= télines 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)

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

Annexe 4 : Sorties mortalité réalisées en 2024

Date sortie	Heure début suivi général	Heure fin suivi général	Temp_deb	Temp_fin	CN (%)	Pluie	Vent
19/03/2024	10:40	12:45	13	14	100	absente	moyen à fort
28/03/2024	11:00	14:30	12	14	90	averses	moyen à fort
04/04/2024	8:05	11:50	12	14	90	averses	moyen à fort
08/04/2024	8:55	11:28	9	10	100	averses	moyen à fort
15/04/2024	9:28	11:30	9	11	90	bruine	moyen à fort
22/04/2024	7:23	9:40	3	5	40	absente	faible
30/04/2024	7:28	9:46	3	4	70	absente	faible
06/05/2024	7:30	9:30	9	10	90	absente	faible
14/05/2024	7:07	11:11	11	11	70	averses	moyen à fort
21/05/2024	7:30	11:30	13	13	100	averses	moyen à fort
27/05/2024	7:16	10:00	10	11	80	absente	moyen à fort
03/06/2024	14:30	16:45	24	24	10	absente	moyen à fort
12/06/2024	8:34	10:50	13	13	5	absente	faible
18/06/2024	8:30	12:30	18	19	90	absente	faible
26/06/2024	8:07	11:30	18	19	10	absente	moyen à fort
12/07/2024	7:30	12:00	19	21	30	absente	faible
16/07/2024	8:30	12:15	15	16	80	absente	faible
23/07/2024	8:00	10:15	15	19	70	absente	faible
29/07/2024	8:30	10:30	22	26	10	absente	faible
05/08/2024	8:00	9:30	18	18	60	absente	moyen à fort
16/08/2024	7:30	8:30	12	12	40	averses	moyen à fort
20/08/2024	7:00	8:15	13	13	100	absente	moyen à fort
23/08/2024	7:00	8:30	17	17	100	bruine	moyen à fort
30/08/2024	7:15	8:30	18	18	90	absente	moyen à fort
05/09/2024	8:00	9:30	19	20	50	absente	moyen à fort
11/09/2024	9:30	10:45	16	17	60	absente	moyen à fort
17/09/2024	9:30	10:20	17	18	10	absente	moyen à fort
25/09/2024	8:30	10:00	13	13	100	averses	moyen à fort
30/09/2024	9:45	13:15	13	16	100	averses	moyen à fort
01/10/2024	10:08	13:10	15	18	30	absente	faible
07/10/2024	9:45	13:15	13	16	100	averses	moyen à fort
17/10/2024	10:08	13:10	15	18	30	absente	faible
23/10/2024	10:50	13:30	10	21	5	absente	faible

Annexe 5 : 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
Pélécaniformes	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 6 : Niveaux de sensibilité au risque de collision pour l'avifaune

Nom vernaculaire	Nom latin	Nombre de cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 09/08/2023)	Nombre d'individus nicheurs en Europe (BirdLife 2021, estimation la plus fiable)	Niveau de sensibilité (collision)
Vautour fauve	<i>Gyps fulvus</i>	1 960	75 700	4
Milan royal	<i>Milvus milvus</i>	864	70 300	4
Pygargue à queue blanche	<i>Haliaeetus albicilla</i>	490	24 500	4
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	1189	1 130 000	3
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	1189	2 070 000	3
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	867	991 000	3
Faucon crécerellette	<i>Falco naumanni</i>	143	73 400	3
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	103	164 000	3
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	87	174 000	3
Circaète Jean-le-Blanc	<i>Circaetus gallicus</i>	74	24 600	3
Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>	68	23 000	3
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	46	41 300	3
Aigle botté	<i>Hieraaetus pennatus</i>	46	52 100	3
Grand-duc d'Europe	<i>Bubo bubo</i>	44	45 900	3
Vautour percnoptère	<i>Neophron percnopterus</i>	30	7 100	3
Aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>	27	22 100	3
Vautour moine	<i>Aegypius monachus</i>	5	6 100	3
Aigle de Bonelli	<i>Hieraaetus fasciatus</i>	4	2 300	3
Aigle impérial	<i>Aquila heliaca</i>	4	4 800	3
Elanion blanc	<i>Elanus caeruleus</i>	3	3 800	3
Gypaète barbu	<i>Gypaetus barbatus</i>	2	1 500	3
Outarde houbara	<i>Chlamydotis undulata</i>	1	620	3
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	777	3 380 000	2
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	405	3 200 000	2
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	366	781 000	2
Lagopède des saules	<i>Lagopus lagopus</i>	214	3 230 000	2
Perdrix grise	<i>Perdix perdix</i>	203	2 820 000	2
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	187	433 000	2
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	169	1 120 000	2
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	166	530 000	2
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	115	915 000	2
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	90	196 000	2
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	84	380 000	2
Goéland pontique	<i>Larus cachinnans</i>	49	303 000	2
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	47	342 000	2
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	46	583 000	2
Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>	43	289 000	2
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i>	34	199 000	2
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>	34	362 000	2
Effraie des clochers	<i>Tyto alba</i>	33	239 000	2
Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	27	139 000	2
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	27	258 000	2
Autour des palombes	<i>Accipiter gentilis</i>	18	291 000	2
Aigle pomarin	<i>Clanga pomarina</i>	15	39 700	2
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	15	81 600	2
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	15	152 000	2
Martinet pâle	<i>Apus pallidus</i>	14	230 000	2
Buse pattue	<i>Buteo lagopus</i>	13	81 400	2
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	12	124 000	2

Nom vernaculaire	Nom latin	Nombre de cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 09/08/2023)	Nombre d'individus nicheurs en Europe (BirdLife 2021, estimation la plus fiable)	Niveau de sensibilité (collision)
Mouette mélanocéphale	<i>Ichthyaeetus melanocephalus</i>	12	160 000	2
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	10	25 400	2
Cygne chanteur	<i>Cygnus cygnus</i>	10	82 000	2
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	8	95 300	2
Ganga cata	<i>Pterocles alchata</i>	4	16 600	2
Outarde barbue	<i>Otis tarda</i>	4	38 300	2
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	4	59 200	2
Pouillot à grands sourcils	<i>Phylloscopus inornatus</i>	3	49 000	2
Cygne de Bewick	<i>Cygnus columbianus bewickii</i>	2	14 600	2
Ganga unibande	<i>Pterocles orientalis</i>	2	24 300	2
Oie des neiges	<i>Anser caerulescens</i>	1	4 500	2
Sirli de Dupont	<i>Cersophilus duponti</i>	1	4 700	2
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	728	41 700 000	1
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	492	12 100 000	1
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	469	48 400 000	1
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	383	27 500 000	1
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	365	69 900 000	1
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbica</i>	340	33 000 000	1
Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>	241	37 400 000	1
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	203	6 410 000	1
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	192	20 800 000	1
Cochevis de Thékla	<i>Galerida theklae</i>	187	4 380 000	1
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	187	11 700 000	1
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>	150	6 010 000	1
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>	107	19 600 000	1
Goéland cendré	<i>Larus canus</i>	91	2 250 000	1
Alouette calandre	<i>Melanocorypha calandra</i>	75	2 750 000	1
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	50	6 900 000	1
Pluvier doré	<i>Pluvialis apricaria</i>	47	1 960 000	1
Fauvette passerinette	<i>Sylvia cantillans</i>	44	8 490 000	1
Pigeon colombin	<i>Columba oenas</i>	41	1 700 000	1
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	36	6 560 000	1
Oie cendrée	<i>Anser anser</i>	35	866 000	1
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	34	2 590 000	1
Hibou moyen-duc	<i>Asio otus</i>	33	788 000	1
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	31	926 000	1
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	31	3 820 000	1
Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>	29	1 720 000	1
Huïtrier pie	<i>Haematopus ostralegus</i>	28	598 000	1
Martinet à ventre blanc	<i>Tachymarptis melba</i>	27	960 000	1
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i>	24	2 980 000	1
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>	23	947 000	1
Eider à duvet	<i>Somateria molissima</i>	18	1 410 000	1
Fauvette pitchou	<i>Sylvia undata</i>	18	1 750 000	1
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	18	2 150 000	1
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>	14	470 000	1
Grand Tétrás	<i>Tetrao urogallus</i>	14	2 110 000	1
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	13	1 520 000	1
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>	12	1 240 000	1
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>	10	438 000	1
Bernache nonnette	<i>Branta leucopsis</i>	9	939 000	1

Nom vernaculaire	Nom latin	Nombre de cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 09/08/2023)	Nombre d'individus nicheurs en Europe (BirdLife 2021, estimation la plus fiable)	Niveau de sensibilité (collision)
Pouillot ibérique	<i>Phylloscopus ibericus</i>	9	1 190 000	1
Pic vert	<i>Picus viridis</i>	9	1 560 000	1
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>	9	1 660 000	1
Pipit maritime	<i>Anthus petrosus</i>	8	433 000	1
Oie des moissons	<i>Anser fabalis</i>	8	534 000	1
Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>	8	596 000	1
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	7	146 000	1
Hibou des marais	<i>Asio flammea</i>	7	215 000	1
Hirondelle de rochers	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	7	562 000	1
Canard siffleur	<i>Mareca penelope</i>	7	574 000	1
Canard chipeau	<i>Anas strepera</i>	6	202 000	1
Coucou geai	<i>Clamator glandarius</i>	6	301 000	1
Butor étoilé	<i>Botaurus stellaris</i>	5	174 000	1
Pie-grièche grise	<i>Lanius excubitor</i>	5	175 000	1
Fauvette à lunettes	<i>Sylvia conspicillata</i>	5	535 000	1
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	5	903 000	1
Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i>	4	300 000	1
Fauvette orphée	<i>Sylvia hortensis</i>	4	349 000	1
Tournepierre à collier	<i>Arenaria interpres</i>	3	61 400	1
Crave à bec rouge	<i>Pyrhocorax pyrrhocorax</i>	3	120 000	1
Canard souchet	<i>Anas clypeata</i>	3	339 000	1
Fuligule milouin	<i>Aythya ferina</i>	3	500 000	1
Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>	2	88 900	1
Monticole de roche	<i>Monticola saxatilis</i>	2	310 000	1
Glaréole à collier	<i>Glaucola pratincola</i>	1	23 800	1
Pélican blanc	<i>Pelecanus onocrotalus</i>	1	27 400	1
Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>	1	28 600	1
Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i>	1	29 000	1
Guignard d'Eurasie	<i>Charadrius morinellus</i>	1	31 300	1
Goéland d'Audouin	<i>Ichthyophaga audouinii</i>	1	36 300	1
Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>	1	44 700	1
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	1	46 600	1
Bécassine sourde	<i>Limnospiza minima</i>	1	51 100	1
Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	1	56 500	1
Nette rousse	<i>Nettion rufina</i>	1	82 000	1
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>	1	95 100	1
Grande Aigrette	<i>Casmerodius albus</i>	1	102 000	1
Plongeon catmarin	<i>Gavia stellata</i>	1	115 000	1
Fuligule milouinan	<i>Aythya marila</i>	1	128 000	1
Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>	1	137 000	1
Faucon kobez	<i>Falco vespertinus</i>	1	140 000	1
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>	1	158 000	1
Harle huppé	<i>Mergus serrator</i>	1	198 000	1
Harle huppé	<i>Mergus serrator</i>	1	198 000	1

Annexe 7 : 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

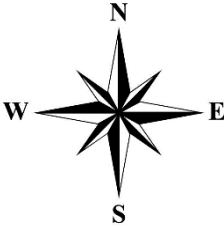
Annexe 8 : Notes de risque chiroptères

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statuts de protection	Statuts Listes rouges (UICN)			Note de risque
		Directive Habitats	Monde	Europe	France	
Rhinolophe de Mehely**	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Annexe II & IV	VU	VU	CR = 5	3*
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	Annexe II & IV	NT	NT	VU = 4	3*
Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	Annexe II & IV	VU	VU	NT = 3	1,5
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	Annexe II & IV	NT	VU	LC = 2	1
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus</i>	Annexe II & IV	LC	NT	LC = 2	1,5*
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	Annexe II & IV	NT	VU	NT = 3	2*
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	Annexe II & IV	LC	NT	NT = 3	2*
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3	3,5
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	Annexe IV	LC	LC	VU = 4	4
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3	3,5
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Annexe II & IV	LC	NT	LC = 2	1
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3	3
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	Annexe II & IV	NT	VU	LC = 2	1,5*
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	Annexe IV	LC	LC	DD = 1	1,5
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3	3
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	2,5
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	Annexe IV	DD	DD	LC = 2	1
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	1,5
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	2
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	Annexe II & IV	LC	LC	LC = 2	1,5*
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	Annexe II & IV	LC	LC	LC = 2	1,5*
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	1,5
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	1,5
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	3
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Annexe IV	LC	LC	NT = 3	3,5
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	2,5
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	1,5
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	Annexe IV	LC	LC	LC = 2	2
Murin d'Escalera	Myotis escaleraei	NE	NE	/	VU = 4	2*
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	Annexe IV	NT	DD	VU = 4	3*
Oreillard montagnard	<i>Plecotus macrobullaris</i>	Annexe IV	LC	NT	VU = 4	2
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	Annexe IV	LC	LC	DD = 1	2
Murin des marais**	<i>Myotis dasycneme</i>	Annexe II & IV	NT	NT	EN=5	3*
DD : Données insuffisantes ; LC : Préoccupation mineure ; NT : Quasi menacée ; VU : Vulnérable ; EN : En danger ; CR : En danger critique d'extinction ; NA : Non applicable						Note calculée par ENCIS sur la base de la SFEPM 2015 avec la mise à jour de la mortalité de DURR : mise à jour le 30/08/2023
* Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection						
** Espèce faisant partie de la liste des vertébrés protégés menacés d'extinction et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département (Arrêté di 9 juillet 1999)						
						* : surclassement possible localement pour les espèces forestières si implantation en forêt, et les espèces fortement grégaires (proximité d'importantes nurseries ou de sites d'hibernation majeurs)

Annexe 9 : Surfaces prospectées par éolienne et par sortie lors du suivi de la mortalité

Sortie	Date	Surface prospectée / éolienne (m²)						
		1	2	3	4	5	6	Total
1	19/03/2024	1 734	2 125	11 977	7 647	1 838	1 940	27 261
2	28/03/2024	1 734	2 125	11 977	7 647	1 838	1 940	27 261
3	04/04/2024	2 245	2 546	12 207	14 400	14 198	2 294	47 890
4	08/04/2024	2 245	2 546	12 207	14 400	14 198	2 294	47 890
5	15/04/2024	2 245	2 546	2 121	14 400	14 198	2 294	37 804
6	22/04/2024	14 400	2 546	3 917	14 400	14 198	2 294	51 755
7	30/04/2024	14 400	2 546	6 133	14 400	14 198	2 994	54 671
8	06/05/2024	14 400	2 546	6 133	14 400	14 198	2 994	54 671
9	14/05/2024	14 400	2 546	8 159	14 400	14 198	11 883	65 586
10	21/05/2024	14 400	2 546	10 292	14 400	14 198	11 883	67 719
11	27/05/2024	14 400	2 546	10 292	14 400	14 198	11 883	67 719
12	03/06/2024	14 400	2 546	10 292	14 400	14 198	11 883	67 719
13	12/06/2024	14 400	2 546	10 292	14 400	14 198	11 883	67 719
14	18/06/2024	14 400	2 546	2 121	1 597	14 198	11 883	46 745
15	26/06/2024	14 400	2 546	2 121	1 597	14 198	11 883	46 745
16	12/07/2024	14 400	2 546	2 121	1 597	14 198	11 883	46 745
17	16/07/2024	14 400	2 546	2 121	1 597	14 198	11 883	46 745
18	23/07/2024	14 400	2 546	2 121	1 597	14 198	11 883	46 745
19	29/07/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
20	05/08/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
21	16/08/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
22	20/08/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
23	23/08/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
24	30/08/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
25	05/09/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
26	11/09/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
27	17/09/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
28	25/09/2024	2 245	2 021	2 458	1 965	12 291	2 264	23 244
29	30/09/2024	2 245	14 400	14 090	1 965	13 689	2 264	48 653
30	01/10/2024	2 245	14 400	14 090	1 965	13 689	2 264	48 653
31	07/10/2024	2 245	14 400	7 208	1 965	13 689	2 100	41 607
32	17/10/2024	2 245	14 400	7 208	1 965	13 689	2 100	41 607
33	23/10/2024	2 245	14 400	7 208	1 965	13 689	2 100	41 607
Moyenne sur l'ensemble du suivi		7 002	4 157	6 091	6 399	12 794	5 192	41 635
Proportion (%)		48,63	28,87	42,30	44,43	88,85	36,06	48,19

Annexe 10 : Fiches de saisie standardisées de la mortalité du parc éolien du Ménéec

FICHE TERRAIN STANDARDISÉE 1 – MORTALITÉ OISEAUX			
Nom du parc éolien : Le Ménéec			
Point n° N°1	Date 17/09/2024	Heure 09:42	Nom du découvreur Hugo PONTY
Localisation Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 270584,1 Longitude : 6804223,0 Numéro de l'éolienne la plus proche : E6 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 34 Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : 0 Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme			
N° de photos : 20240917_TREVE_E6_O1			
Description et identification Taille de l'oiseau (aile déployées) : Inconnu  Particularités (couleur, forme quelconque) : Rémiges primaires brun foncé avec bande crème sur toute la longueur de la plume. Rémiges secondaires avec liseré sur toute la longueur et barrées blanc/crème.  Identification (famille, espèce si possible) : Faisan de Colchide			
État de l'individu Vivant (blessé) <input type="checkbox"/> Mort <input checked="" type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/>			
État du cadavre <input type="checkbox"/> Frais <input checked="" type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, avec tour...) : Collision avec pale  COMMENTAIRES : Reste uniquement une aile pliée lors de la découverte.			