

Janvier 2022

Suivi Environnemental ICPE

PARC ÉOLIEN DE BROONS

COMMUNE DE BROONS (22)

ANNEE DE SUIVI 1

Maître d'ouvrage

ENCIS Environnement

Étude réalisée par :

Laëtitia VIBERT

Thomas GIRARD

Thomas LEROY

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

Le bureau d'études ENCIS Environnement a été missionné par la société ENERGIEQUELLE pour réaliser ce suivi environnemental ICPE dès 2021.

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

SOMMAIRE

1 Cadre général de l'étude.....	6
1.1 Maître d'ouvrage - exploitant	8
1.2 Auteurs de l'étude.....	8
1.3 Présentation du parc éolien étudié	9
1.4 Cadre réglementaire de l'étude de suivi environnemental pour les projets éoliens	11
2 Méthodes utilisées	12
2.1 Méthodologie et démarche générale	14
2.2 Suivi d'activité des chiroptères	16
2.2.1 Objectif et paramètres à prendre en compte	16
2.2.2 Méthodologie et pression d'inventaire	16
2.3 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées	28
2.3.1 Limites des méthodes employées	28
2.3.2 Difficultés rencontrées	28
2.4 Suivi de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères	30
2.4.1 Principes et objectif	30
2.4.2 Protocole utilisé.....	31
2.4.3 Méthodes d'estimation de la mortalité	32
2.4.4 Limites des méthodes utilisées	39
3 Résultats et analyse du suivi d'activité des chiroptères	41
3.1 Bilan des connaissances de l'étude d'impact	44
3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en 2021	45
3.2.1 Suivi d'activité des chiroptères au sol	45
3.2.2 Synthèse du suivi d'activité des chiroptères au sol	54
3.2.3 Suivi ultrasonique automatique permanent en nacelle	55
3.2.4 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle	68
3.2.5 Bilan et comparaison avec l'étude d'impact et les suivis ICPE	69
3.2.6 Principaux éléments à retenir du suivi ICPE.....	71
4 Résultats du suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	73
4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation	75
4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle	75
4.1.2 Efficacité du chercheur.....	75
4.1.3 Persistance des cadavres.....	75
4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique	76
4.2 Mortalité de l'avifaune	78
4.2.1 Bilan des connaissances sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien	78
4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact	82
4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2018	82
4.2.4 Résultats saisonniers.....	85
4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne	88
4.2.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien	91
4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune	93
4.2.8 Synthèse	95
4.3 Mortalité des chiroptères	96
4.3.1 Bilan des connaissances sur la mortalité des chiroptères liée à l'éolien.....	96

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact	101
4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2021	101
4.3.4 Résultats saisonniers.....	105
4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne	108
4.3.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien ...	111
4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères.....	114
4.3.8 Synthèse	117
5 Mesures correctrices.....	119
Table des illustrations	125
Annexes	128
Bibliographie	142

1 Cadre général de l'étude

1.1 Maître d'ouvrage – exploitant

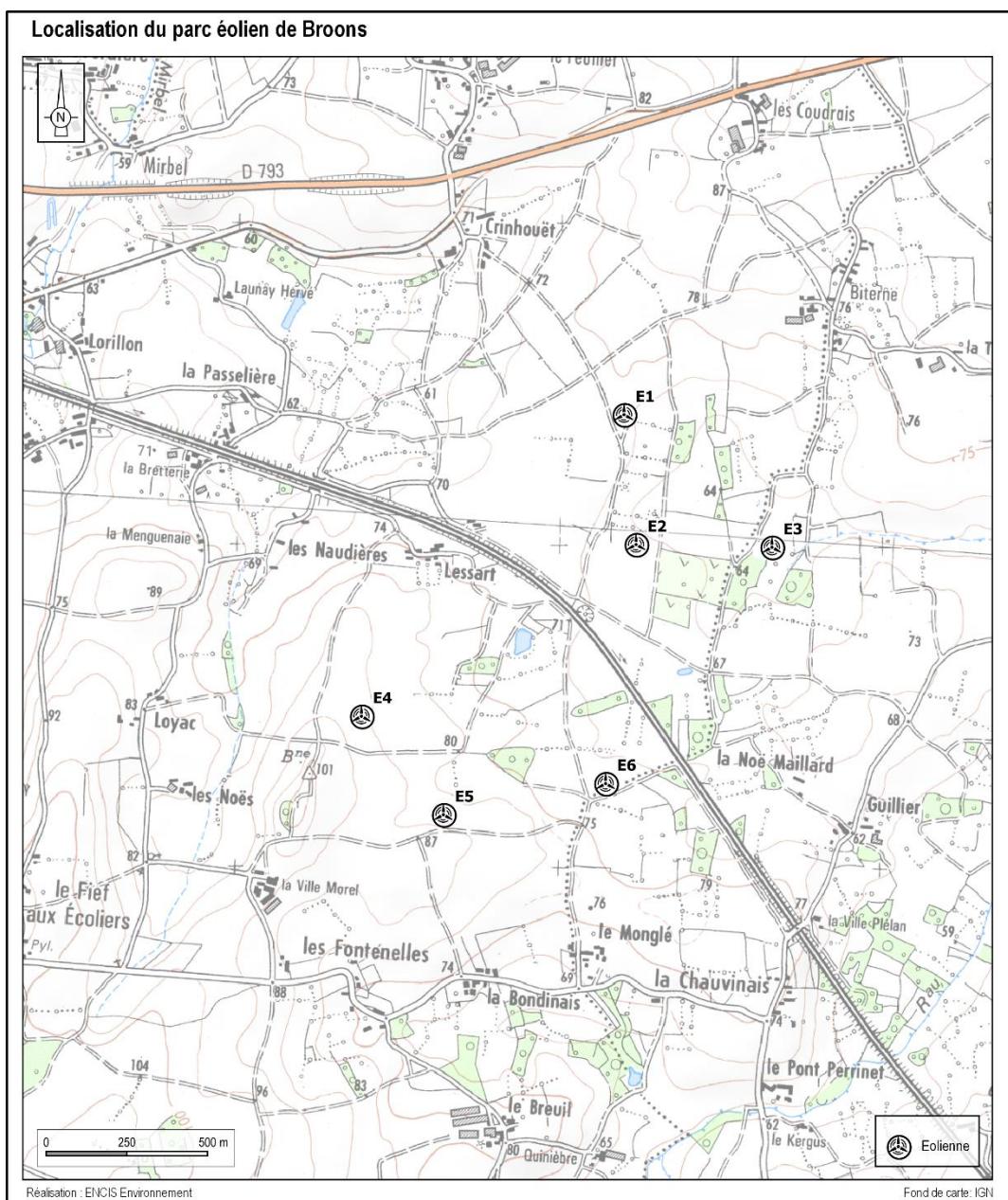
Destinataire	ENERGIEQUELLE
Adresse	Energiequelle GmbH Eichstraße 57a 30161 Hannover
Interlocuteur	Céline De Witte
Téléphone	+49 511 336 538 80

1.2 Auteurs de l'étude

Structure	
Adresse	21 Rue de Columbia 87 068 LIMOGES
Téléphone	05 55 36 28 39
Coordination de l'étude	Thomas LEROY, Chargé d'études - Écologue
Suivi de l'activité des chiroptères	Thomas GIRARD, Chargé d'études - Chiroptérologue
Suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères	Laëtitia VIBERT, Technicienne d'études - Écologue
Correction	Romain FOUQUET, Responsable du pôle Ecologie de Nantes
Validation	Romain FOUQUET, Responsable du pôle Ecologie de Nantes
Version / date	Janvier 2022

1.3 Présentation du parc éolien étudié

Le parc éolien est constitué de six éoliennes d'une hauteur de 150 mètres en bout de pale. Les éoliennes sont implantées à l'est de la commune de Broons (carte suivante).



Carte 1 : Localisation du parc éolien de Broons

Implantées dans un secteur à forte dominance de polyculture-élevage, les six éoliennes et leurs plateformes se situent dans des parcelles cultivées (carte suivante).



Carte 2 : Localisation du parc éolien de Broons sur photographie aérienne

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

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

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

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

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

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

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

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

2 Méthodes utilisées

2.1 Méthodologie et démarche générale

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

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

Avifaune

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

Chiroptères

L'indice utilisé est 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. Concernant les chiroptères, il n'existe pas d'évaluation des populations européennes ou nationales. Le taux de mortalité est dès lors défini comme le rapport entre le nombre de cas de mortalité constatée pour l'espèce dans la littérature européenne et le nombre total de cas de mortalité toutes espèces confondues.

Pour le parc éolien de Broons, 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'activité des chiroptères,
- Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères.

En 2021, un suivi de l'activité chiroptérologique à hauteur de nacelle et un suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères ont été réalisés.

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 par un chiroptérologue au sol

Cet inventaire a pour objectif de caractériser qualitativement (espèces) et quantitativement (nombre de contacts/heure) la population de chiroptères utilisant l'aire d'étude immédiate et rapprochée.

2.2.2.1.1 Protocole d'étude utilisé

Inventaire par points d'écoute

Globalement, l'activité des chiroptères est découpée en trois phases : printemps, été et automne. L'hiver correspond à la saison d'hibernation. Ainsi, sur la période d'activité, entre la mi-mars et la mi-novembre, **5 soirées d'inventaires** ont été menées. La méthode utilisée est celle des points d'écoute. Elle consiste à relever, sur plusieurs points prédefinis, tous les contacts ultrasoniques de chauves-souris pendant **10 minutes**¹.

Au total, **10 points d'écoutes ultrasoniques** ont été répartis dans ou à proximité de la zone d'implantation des éoliennes. La distribution est étudiée de façon à couvrir chaque habitat naturel présent sur le site (haies, cultures, boisements, etc.). Ainsi, par une méthode d'échantillonnage des différents milieux, les résultats obtenus sont représentatifs de l'aire d'étude étudiée.

Dans la mesure du possible lors de la détection d'un ou plusieurs contacts de chauve(s)-souris, l'espèce et le type d'activité sont notés. On distingue trois types d'activités pour les chauves-souris : chasse, transit, sociale².

¹ Barataud, 2012

² Barataud, 2012

2.2.2.1.2 Pression d'inventaire

A l'instar de la méthode définie par le guide relatif à l'élaboration des études d'impact des projets de parcs éoliens terrestres (DGPR du MEEM, 2016), l'étude de l'activité des chiroptères est menée par le biais de protocoles adaptés aux espèces présentes (point d'écoute au sol).

La pression d'inventaire respecte les engagements de l'étude d'impact reprise par l'arrêté préfectoral du 12 juin 2018, soit 5 soirées durant la phase d'activité respectant le découpage suivant :

- 1 soirée en phase de transits printaniers (mi-mars à fin avril 2021)
- 1 soirée à l'occupation des colonies et la gestation (début mai à fin-juin 2021)
- 1 soirée en phase d'élevage des jeunes (mi-juin à fin-juillet 2021)
- 2 soirées en phase de transits automnaux et de swarming (début août à fin octobre 2021)

Les protocoles utilisés sont des points fixes d'écoute au détecteur d'ultrasons par un chiroptérologue, reproduisant le protocole employé lors de l'étude d'impact. Ces points reprennent, dans la mesure du possible et si cela présente un intérêt, l'emplacement de points d'écoute déjà réalisés lors de l'étude d'impact. Ils ont été choisis en fonction de leur pertinence écologique et de leur proximité par rapport aux éoliennes de l'actuel parc.

Au total, cinq soirées d'écoute durant le cycle d'activité des chiroptères ont été réalisées en 2021.

2.2.2.1.3 Méthode d'écoute et d'identification

Pour se déplacer et chasser, les chauves-souris émettent des cris dans l'inaudible, appelés ultrasons. En fonction de l'espèce et selon l'environnement dans lequel elles évoluent, les chauves-souris émettent des signaux de différentes structures (Fréquence Constante, Fréquence Modulée, etc.).

Des appareils spécifiques permettent de rendre audibles ces signaux par l'intermédiaire de plusieurs modes : le mode hétérodyne, le mode expansion de temps et le mode division de fréquence. La première méthode permet une identification *in situ* de certaines espèces seulement. Pour compléter ce manque, les deux dernières méthodes permettent une analyse plus détaillée des signaux (analyse informatique) pour les espèces plus délicates à identifier. Elles sont équivalentes en termes de résultat. L'emploi d'une des deux méthodes étant suffisant, seul le mode à expansion de temps a été utilisé.

Analyses in situ

Le principe du mode hétérodyne est le suivant : le signal émis par une chauve-souris (fréquence reçue) est confronté au signal émis par le détecteur et réglable par l'observateur

(fréquence ajustée). Les deux signaux sont alors filtrés par le circuit pour obtenir une nouvelle fréquence audible. Le son entendu résulte de la différence entre la fréquence reçue et la fréquence ajustée. Plus le son obtenu est grave plus cette différence diminue et donc plus l'observateur se rapproche de la fréquence émise par la chauve-souris. C'est l'appréciation de cette fréquence associée à celle de différents paramètres (structure, rythme, intensité) qui permet d'identifier l'individu au genre ou à l'espèce. Dans ce cas, les signaux sont retransmis en temps réel, ce qui permet une identification immédiate de plusieurs espèces.

Analyses informatisées

Le mode expansion de temps permet d'enregistrer les signaux émis par une chauve-souris et de les rejouer à une vitesse plus lente pour les rendre audibles. Les signaux peuvent ensuite être analysés à l'aide d'un logiciel informatique adapté (Batsound). Plusieurs paramètres relatifs aux signaux (Fréquence de maximum d'énergie, durée, largeur de bande) peuvent alors être mesurés afin d'identifier le genre ou l'espèce de l'individu détecté. Ce mode est utilisé dans la reconnaissance des espèces les plus délicates (genre *Myotis* par exemple).

Traitement des résultats

- Calcul des indices d'activité toutes espèces confondues

Afin de rendre les périodes et les points comparables, une unité relative est utilisée pour cette étude : l'indice d'activité. Il correspond au nombre de contacts par unité de temps (exprimé en contacts/heure).

- Calcul des indices d'activité pondérés par espèce

Les intensités d'émissions des chauves-souris varient en fonction de chaque espèce et du milieu dans lequel elles évoluent. Par exemple, les cris du genre *Myotis* sont généralement plus difficilement détectables que les cris émis par le genre *Pipistrellus*. Pour une meilleure comparaison entre les espèces, les intensités d'émissions et le type de milieu sont pris en compte afin d'obtenir un coefficient de détectabilité par espèces (tableau suivant).

Selon l'analyse effectuée, un regroupement par genre peut être effectué dans le cas d'un recouvrement de type acoustique. Le cas échéant, c'est l'indice correspondant à l'espèce la plus probable qui sera retenu. Par exemple, une séquence non identifiée de *Myotis* présentant des signaux haute fréquence en milieu ouvert se verra attribuer l'indice de 2,50 (cf. tableau suivant).

2.2.2.1.4 Matériels utilisés pour les inventaires chiroptérologiques

Le détecteur Petterson D240X alliant système hétérodyne et expansion de temps a été choisi pour réaliser l'inventaire. Il permet d'enregistrer les sons en expansion de temps et de réécouter la séquence enregistrée en hétérodyne. Cependant, il nécessite l'utilisation d'un enregistreur externe. C'est dans ce but qu'a été utilisé l'enregistreur Roland R05. Cet appareil enregistre les sons avec une fréquence modifiée avec une très bonne qualité (24 bits/96kHz), possède une bonne autonomie (16 heures d'enregistrement) et permet d'enregistrer des commentaires utiles pour archiver les informations collectées sur le terrain (comportement de l'animal, conditions météorologiques). Les signaux ont ensuite été analysés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement du signal Batsound.



Espèce		Milieux ouvert et semi-ouvert		Sous-bois	
Nom vernaculaire	Nom scientifique	Distance détection (m)	Coefficient détectabilité	Distance détection (m)	Coefficient détectabilité
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	5	5,00	5	5,00
Rhinolophe sp.	<i>Rhinolophus ferr/eury/meh.</i>	10	2,50	10	2,50
Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	10	2,50	8	3,13
Murin d'Alcathoe	<i>Myotis alcathoe</i>	10	2,50	10	2,50
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	10	2,50	10	2,50
Murin de Brandt	<i>Myotis brandtii</i>	10	2,50	10	2,50
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	15	1,67	10	2,50
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	15	1,67	8	3,13
Murin de Bechstein	<i>Myotis bechsteinii</i>	15	1,67	10	2,50
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	15	1,67	15	1,67
Petit Murin	<i>Myotis blythii</i>	20	1,25	15	1,67
Grand Murin	<i>Myotis myotis</i>	20	1,25	15	1,67
Oreillard sp.	<i>Plecotus sp.</i>	20	1,25	5	5,00
Milieu ouvert et semi-ouvert : durée 4 à 6 ms Sous-bois : durée < 4 ms					
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	25	1,00	20	1,25
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	25	1,00	25	1,00
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	25	1,00	25	1,00
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	25	1,00	25	1,00
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	30	0,83	25	1,00
Oreillard sp.	<i>Plecotus spp.</i>	40	0,63	20	1,25
Milieu ouvert et semi-ouvert : durée >6 ms Sous-bois : durée 4 à 6 ms					
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	40	0,63	30	0,83
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	40	0,63	30	0,83
Sérotine de Nilsson	<i>Eptesicus nilssonii</i>	50	0,50	50	0,50
Sérotine isabelle	<i>Eptesicus isabellinus</i>	50	0,50	50	0,50
Sérotine bicolore	<i>Vespertilio murinus</i>	50	0,50	50	0,50
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	80	0,31	80	0,31
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	100	0,25	100	0,25
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	150	0,17	150	0,17
Grande Noctule	<i>Nyctalus lasiopterus</i>	150	0,17	150	0,17

Niveau d'intensité d'émission : Très faible à faible / Moyen / Fort / Très fort

Tableau 1 : Intensité d'émission, distances de détection et coefficient de détectabilité des chauves-souris

2.2.2.2 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.

2.2.2.2.1 Pression d'inventaire

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

SEMAINE N°	1 A 19	20 A 30	31 A 43	44 A 52
Suivi d'activité en hauteur des chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

Tableau 2 : Pression d'inventaire du suivi des chiroptère en fonction de la vulnérabilité des espèces

Pour le parc éolien de Broons, un suivi entre les semaines 13 et 43 a été préconisé (afin de répondre à l'arrêté et au protocole national). Le dispositif est resté installé du 23 mars au 03 novembre 2021.

De fait, le protocole présenté ci-après répond aux modalités prévues initialement et validées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation (N° 18-643 du 23 mars 2018). Il est conforme également au protocole national de suivi environnemental des parcs éoliens révisé en 2018.

2.2.2.2.2 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 1 : 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.

2.2.2.2.3 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.

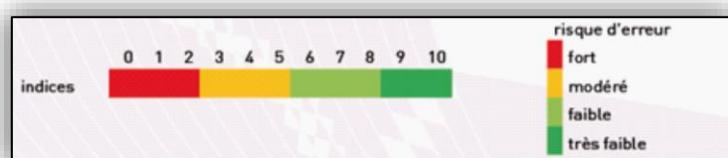


Figure 2 : Indices de confiance établis par SonoChiro® et risques d'erreurs associés

Vérification des résultats par un chiroptérologue

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

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

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

Corrélation des données chiroptérologiques, météorologiques et astronomiques

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

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

2.2.2.2.4 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
1	Plateforme	Ouvert
2	Lisière de boisement	Semi-ouvert
3	Plateforme	Ouvert
4	Lisière de boisement	Semi-ouvert
5	Plateforme	Ouvert
6	Lisière de boisement	Semi-ouvert
7	Plateforme	Ouvert
8	Haie	Semi-ouvert
9	Lisière de boisement	Semi-ouvert
10	Plateforme	Ouvert

Tableau 3 : Habitat et type de milieu inventorié

La cartographie suivante permet de situer la position des points d'écoutes.



Carte 3 : Répartition des points d'écoute pour l'inventaire des chiroptères

La cartographie suivante permet de localiser la position des BATmode S2+ en fonction de l'éolienne associée.



Carte 4 : Localisation du dispositif BATmode S2+

2.3.2.4 Calendrier des passages d'inventaire

2.2.2.2.5 Inventaire au sol

Le suivi chiroptérologique au sol pour l'année 2020 s'est traduit par des investigations réalisées entre le 20 avril et le 06 octobre 2021 par Émilien JOMAT.

2.2.2.2.6 Inventaire en nacelle

Concernant les écoutes sur nacelle d'éolienne, la période de présence du dispositif va du 21 mars au 03 novembre 2021. Les analyses des écoutes seront donc menées sur l'ensemble de la période d'activité des chiroptères.

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

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

Pour Broons, le dispositif ne présente aucun disfonctionnement lors des inventaires 2021.

Inventaires et méthodes employées		Nombres de sorties	Dates des campagnes	Horaires des inventaires	Conditions météorologiques d'observation			Personnes ayant réalisé les inventaires
					Couverture du ciel	Température	Vent	
Inventaires en phase de transits printaniers et gestation	Écoutes ultrasoniques ponctuelles au sol (6 points d'écoute ultrasonique : 10 minutes par point et par passage)	1	21 avril 2021	21h30 - 02h50	Ciel dégagé	13 °C	Modéré	Emilien JOMAT Thomas GIRARD Virgile SCHÖN
Inventaires en phase de mise bas et d'élevage des jeunes								
Inventaires en phase de swarming et de transits automnaux		2	02 juin 2021	22h20 - 01h50	Ciel dégagé	17 °C	Faible	
			20 juillet 2021	22h20 - 01h30	Ciel dégagé	23 °C	Modéré	
		2	06 septembre 2021	21h00 - 00h20	Ciel dégagé	22 °C	Faible	
			06 octobre 2021	20h00 - 23h00	Peu nuageux	15 à 18°C	Très faible	
Enregistrements automatiques en nacelle (BATmode S2+)		232 nuits	Du 21 mars au 03 novembre 2021	Depuis 1 h avant le coucher jusqu'à 1 h après le lever du soleil	-	-	-	

Carte 5 : Dates et conditions météorologiques des inventaires des chiroptères

2.3 Limites des méthodes utilisées et difficultés rencontrées

2.3.1 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.

2.3.1.1 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 induit des risques de problèmes techniques (pannes) temporaires.

2.3.2 Difficultés rencontrées

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

Concernant le suivi en nacelle via le dispositif BATmode, des problèmes techniques peuvent occasionnellement survenir. Ils peuvent amener une perte d'information par arrêt temporaire des enregistrements de chauves-souris. **Sur cette période d'inventaire 2021, aucun problème technique n'a été recensé.**

Un autre problème possible est l'enregistrement par le dispositif de sons qui ne proviennent pas de chiroptères. Ces sons « parasites » peuvent être dû à des bruits de l'environnement nocturnes et notamment des éoliennes. Lors de l'analyse, ces sons parasites peuvent générer un surplus de travail. En effet, le chiroptérologue doit les identifier manuellement lorsque le logiciel SonoChiro ne parvient pas à les filtrer préalablement.

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 site de Broons.

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

2.4.1 Principes et objectif

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

Ce suivi repose sur une méthodologie proposée par le « protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » rédigé en novembre 2015 et révisé 2018, ainsi que sur les « suivis des impacts des parcs éoliens terrestres sur les populations de chiroptères », document actualisé en 2016 par la 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 brute observée est ensuite extrapolée, lorsque cela est possible, par l'utilisation de différents estimateurs. Ces estimateurs intègrent plusieurs paramètres correcteurs, tels que la surface prospectée relative, l'intervalle de temps moyen entre deux prospections, l'efficacité du chercheur ou encore la durée de persistance des cadavres sur le site (liée notamment à la prédation par d'éventuels charognards).

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

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

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

2.4.2 Protocole utilisé

2.4.2.1 Pression d'inventaires

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

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

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

L'étude d'impact ne soulève pas d'enjeux nécessitant la mise en place d'un renforcement du suivi établi par défaut d'après le protocole national (2018). Par ailleurs, l'arrêté de permis de construire (du 12 juin 2018) prévoit un renforcement de ce protocole avec une début de suivi prévu pour avril (semaine 13).

Au total sur l'année 2021, 31 prospections sont réalisées dans le cadre du suivi de la mortalité, à raison d'une prospection par semaine, entre les semaine 13 et 43. Le calendrier complet des sorties est présenté en Annexe 3.

2.4.2.2 Nombre d'éoliennes prospectées

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

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

Ainsi, au sein du parc de Broons, chacune des six éoliennes sera prospectée lors de ce suivi.

2.4.2.3 Surface et méthode d'échantillonnage

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

Dans le cadre de ce suivi, pour chaque éolienne suivie, un quadrat de 100 mètres de côté a ainsi été fixé. La surface théorique d'échantillonnage couvre donc une surface de 10 000 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.

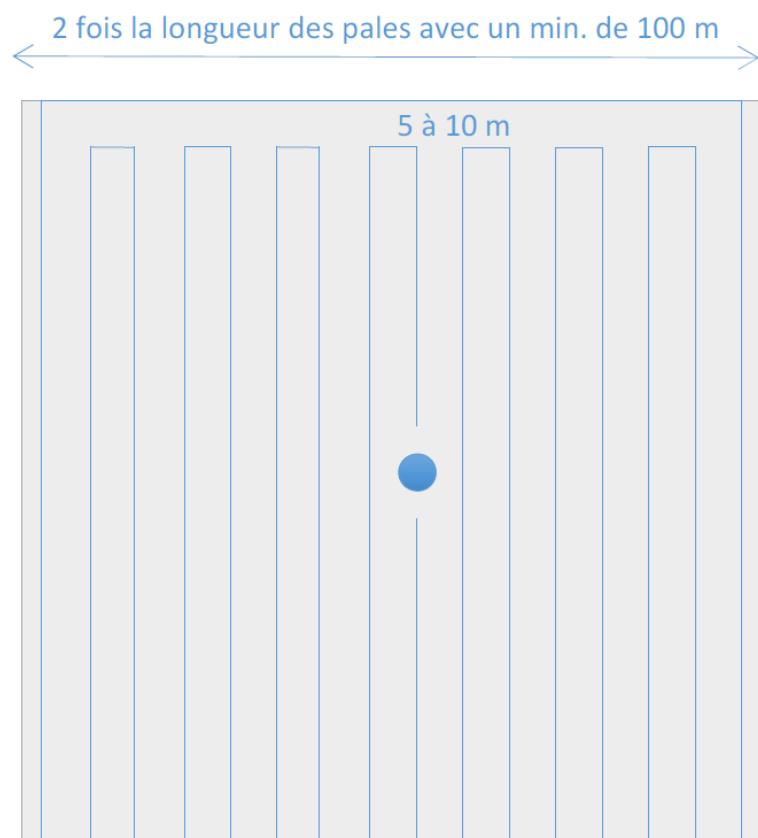


Figure 3 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne

Au cours de chaque prospection du suivi mortalité une fiche de données est complétée par le chercheur (Annexe 1). De plus, à chaque découverte de cadavre, celui-ci est localisé par GPS, photographié et déterminé, puis, fait l'objet d'une fiche détaillée définie par le Ministère en charge des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (Annexe 6). Cette fiche permet la saisie standardisée de l'espèce et des conditions de mortalité constatées.

2.4.3 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 sont réalisés pour mesurer l'efficacité de l'observateur et pour quantifier la persistance des cadavres sur le site.

2.4.3.1 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 :

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

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

2.4.3.2 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, une tierce personne (testeur) dépose entre trois et cinq cadavres (au moins) de poussins et/ou de souris de tailles variées de manière aléatoire (et localisé par GPS) sous chacune des éoliennes du parc, afin de simuler des cadavres d'oiseaux et de chiroptères. Les cadavres sont placés de manière à couvrir différents types de végétation présents, hors zones non-prospectées. 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 (poussins)	Gros (cailles)	Total
Test 1	18 mai 2021	12	24	36
Test 2	24 août 2021	12	24	36
Total		24	48	72

Tableau 4 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi

2.4.3.3 Test de persistance

Ce test a pour but de prendre en compte le prélèvement des cadavres par les charognards dans l'estimation de la mortalité.

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 et jusqu'à la disparition totale des cadavres. Cela permet de connaître la durée de persistance des cadavres avant leur prélèvement.

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

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

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

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

- **Les taux de persistance des cadavres (d) de Jones et de Huso**, qui seront détaillés dans la partie traitant des méthodes d'estimation de la mortalité (2.3.3.5 - Protocoles « Jones » et « Huso »).

2.4.3.4 Correction surfacique

Le quadrat 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, éventuels travaux à proximité de l'éolienne, etc.

Afin de pallier ce biais, le chercheur retranscrit ainsi 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

2.4.3.5 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 :

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

Les mortalités estimées sont calculées via le logiciel EolApp développé par le **Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive** de Montpellier (UMR 5175, www.cefe.cnrs.fr). Ce logiciel permet de calculer la mortalité estimée selon les formules de Huso, d'Erickson, de Winkelmann 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 Winkelmann 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.

2.4.3.5.1 Protocole « Erickson »

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

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

Où : - N : mortalité estimée

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

2.4.3.5.2 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

- 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 :

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

2.4.3.6 Postulat de chaque méthode d'estimation

Méthodes	Aire d'étude	Intervalle entre deux recherches	Persistante	Efficacité
Erickson (2000)	Pris en compte	Pas d'exigence	Pris en compte (Durée de persistance) Suppose que la prédatation 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 prédatation 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 prédatation 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 5 : Postulats de chaque méthode d'estimation

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

2.4.4 Limites des méthodes utilisées

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



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 de la ferme éolienne de Broons, l'ensemble du cycle annuel des chauves-souris a été étudié.

Les protocoles utilisés ont permis d'établir une liste de **13 espèces**, avec des enjeux pour les espèces de haut vol, comme les Pipistrelles et les Noctules. 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 inventaires réalisés en 2017 lors l'étude d'impact réalisée par AMIKIRO ont permis de mettre en évidence la présence de cinq espèces, dont deux inscrites à l'annexe 2 de la Directive Habitats Faune Flore. L'activité enregistrée a été qualifié comme faible. L'intérêt chiroptérologique de la zone d'étude a donc été considéré comme faible à moyen.

D'après l'étude d'impact de 2017 et selon les inventaires réalisés en 2013, 2014 et 2016, les impacts en phase d'exploitation du parc éolien de Broons sur les chiroptères sont considérés comme faibles à moyens. 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 réalisé.

3.2 Suivi de l'activité des chiroptères en 2021

3.2.1 Suivi d'activité des chiroptères au sol

3.2.1.1 Richesse spécifique du site

Au cours de cette année d'inventaire 2021, 11 espèces de chauves-souris ont été recensées de manière certaine sur le site (tableau suivant).

Ceci témoigne d'une diversité spécifique modérée. Cinq de ces espèces sont présentes durant au moins quatre des cinq soirées inventoriées, ce qui atteste de leur occupation régulière du site. Quatre de ces espèces sont communes en Europe : la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune. Nous noterons également la présence de La Noctule de Leisler, qui est une espèce migratrice.

Parmi les cortèges présents, ces espèces sont majoritairement inféodées aux structures verticales (haies, ripisylves, lisières, etc.), comme la Barbastelle d'Europe ou le Petit Rhinolophe. Les noctules sont des espèces évoluant majoritairement en altitude. Les pipistrelles, espèces ubiquistes, sont souvent liées aux structures paysagères mais sont susceptibles de s'en détacher pour évoluer en hauteur.

Il apparaît une certaine cohérence de la diversité spécifique et des cortèges au vu des habitats présents.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence selon les phases du cycle biologique				
		Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming		
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	X	X		X	X
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>					X
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	X				
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	X	X	X	X	X
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>					X
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	X			X	
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		X			
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	X	X			X
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X	X	X	X	X
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	X	X	X	X	X
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X		X	X	X
<i>Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce</i>						
Murin sp.	<i>Myotis sp.</i>	X			X	X
Oreillard sp.	<i>Plecotus sp.</i>	X	X			
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	<i>Pipistrellus kuhlii / nathusii</i>	X	X			X
Total des espèces	11 (14)	8 (11)	7 (9)	9 (11)		
<i>Espèce présente durant les trois périodes du cycle biologique</i>						

Tableau 6 : Espèces de chiroptères inventoriées sur le site d'étude

3.2.1.2 Répartition quantitative des espèces de chiroptères

3.2.1.2.1 Répartition sur le cycle complet

Sur l'ensemble du cycle étudié, l'espèce la plus contactée est la Pipistrelle commune avec une majorité des contacts enregistrés (74 %), suivie de la Pipistrelle de Kuhl (10 %). On trouve ensuite la Barbastelle d'Europe avec 6 %. Ces espèces sont régulièrement contactées en Bretagne.

Sept pourcents de l'activité est représentée par les espèces forestières et de lisières, tels que les murins, les rhinolophes et les oreillard.

On trouve ensuite la Sérotine commune, espèce assez ubiquiste et pouvant s'affranchir des corridors à la manière des pipistrelles, avec 3 % des contacts. Le complexe de la Pipistrelle de Kuhl / Natusius et la Noctule de Leisler représentent un peu moins de 1 % de l'activité, ce sont des espèces de haut vol et migratrices.

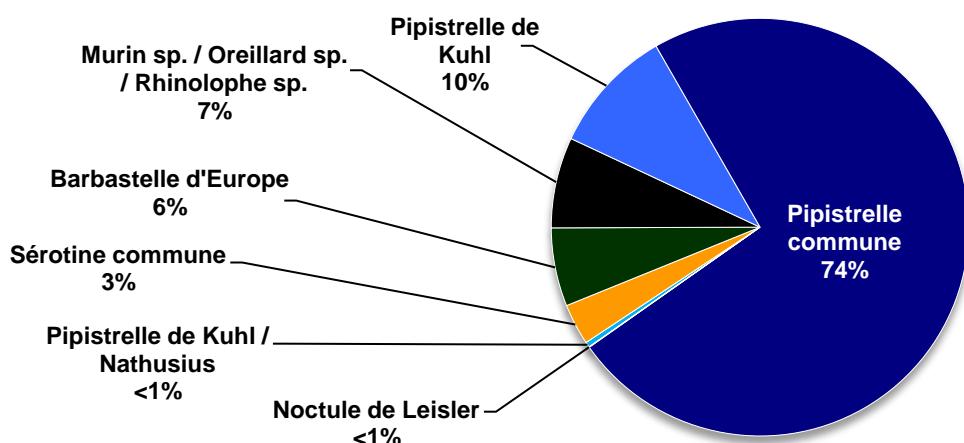


Figure 4 : Répartition de l'activité par espèce sur l'ensemble de la période d'étude

3.2.1.2.2 Occurrences spatiales et temporelles

Afin de mieux appréhender l'utilisation du parc éolien par les chiroptères locaux, deux indices d'occurrences sont calculés : l'indice d'occurrences spatiales et l'indice d'occurrences temporelles. Ces indices permettent de voir si l'espèce est présente partout sur le parc et/ou en permanence.

Les calculs de ces indices donnent un nombre compris entre 0 et 1. Plus ce nombre est proche de 1, plus l'espèce est contactée sur un nombre important de point ou de sortie (plus elle est présente partout sur le parc et/ou sur l'ensemble de la saison).

Ces indices d'occurrences sont à différencier de l'indice d'activité. En effet, une espèce peut avoir un indice d'occurrences spatiales ou temporelles faible, mais un indice d'activité fort. Cela voudrait dire que l'espèce est très localisée sur un secteur précis ou présente sur une faible période du cycle, mais qu'elle affiche tout de même une activité importante.

Nom de l'espèce	Indice de temporalité	Indice de spatialité
Pipistrelle commune	1	1
Pipistrelle de Kuhl	1	0,9
Murin de Natterer	1	0,4
Barbastelle d'Europe	0,8	0,5
Petit Rhinolophe	0,6	0,2
Sérotine commune	0,4	0,6
Oreillard gris	0,4	0,2
Murin à moustaches	0,2	0,1
Murin de Daubenton	0,2	0,1
Oreillard roux	0,2	0,1
Noctule de Leisler	0,2	0,1

Tableau 29 : Indices de répartition spatiale et de répartition temporelle des espèces de chiroptères inventoriées

Les indices d'occurrences temporelles et d'occurrences spatiales indiquent que la Pipistrelle commune est contactée sur l'ensemble des points et lors de l'ensemble des sorties (1). Il en est quasiment de même pour la Pipistrelle de Kuhl. Vient ensuite le Murin de Natterer présent également sur l'ensemble des sorties mais uniquement sur 4 points sur 10, puis la Barbastelle d'Europe qui est présente sur la majorité des sorties et la moitié des points. Tous ces résultats sont cohérents avec les analyses d'activité, on retrouve les plus forts enjeux sur les quatre espèces les plus contactées en proportion.

Les autres espèces sont quant à elles présentes de manières plus ponctuelles.

3.2.1.3 Répartition spatiale des populations de chiroptères

La carte ci-après et le tableau ci-dessous représentent la distribution spatiale de la diversité et de l'activité chiroptérologiques obtenues durant les différentes phases du cycle biologique des chiroptères.

Point	Habitat	Type de milieu	Transits printaniers et gestation		Mise-bas et élevage des jeunes		Transits automnaux et swarming		Cycle complet	
			Diversité spécifique	Indice d'activité (contacts /heure)	Diversité spécifique	Indice d'activité (contacts /heure)	Diversité spécifique	Indice d'activité (contacts /heure)	Diversité spécifique	Indice d'activité (contacts /heure)
1	Plateforme	Ouvert	1	15	4	118	5	343	3	187
2	Lisière de boisement	Semi-ouvert	1	528	3	387	2	396	3	419
3	Plateforme	Ouvert	3	270	2	135	3	117	4	155
4	Lisière de boisement	Semi-ouvert	8	1 535	4	380	5	70	6	493
5	Plateforme	Ouvert	1	5	4	88	2	53	4	57
6	Lisière de boisement	Semi-ouvert	2	670	3	569	6	620	5	610
7	Plateforme	Ouvert	0	0	1	3	5	172	4	73
8	Haie	Semi-ouvert	1	228	3	257	1	87	3	183
9	Lisière de boisement	Semi-ouvert	3	160	3	225	2	138	5	177
10	Plateforme	Ouvert	0	0	2	55	6	378	5	173
Diversité totale/activité moyenne			8	406	7	222	9	237	11	253

Tableau 7 : Diversité spécifique et indice d'activité mesurés par point d'écoute ultrasonique

3.2.1.3.1 Répartition sur le cycle complet

À l'échelle du cycle complet des chiroptères, on observe des disparités notables d'activité et de diversité entre les points et donc entre les différents types de milieu. Au sein du site, plusieurs secteurs sont particulièrement utilisés par les chiroptères (cartes suivantes) :

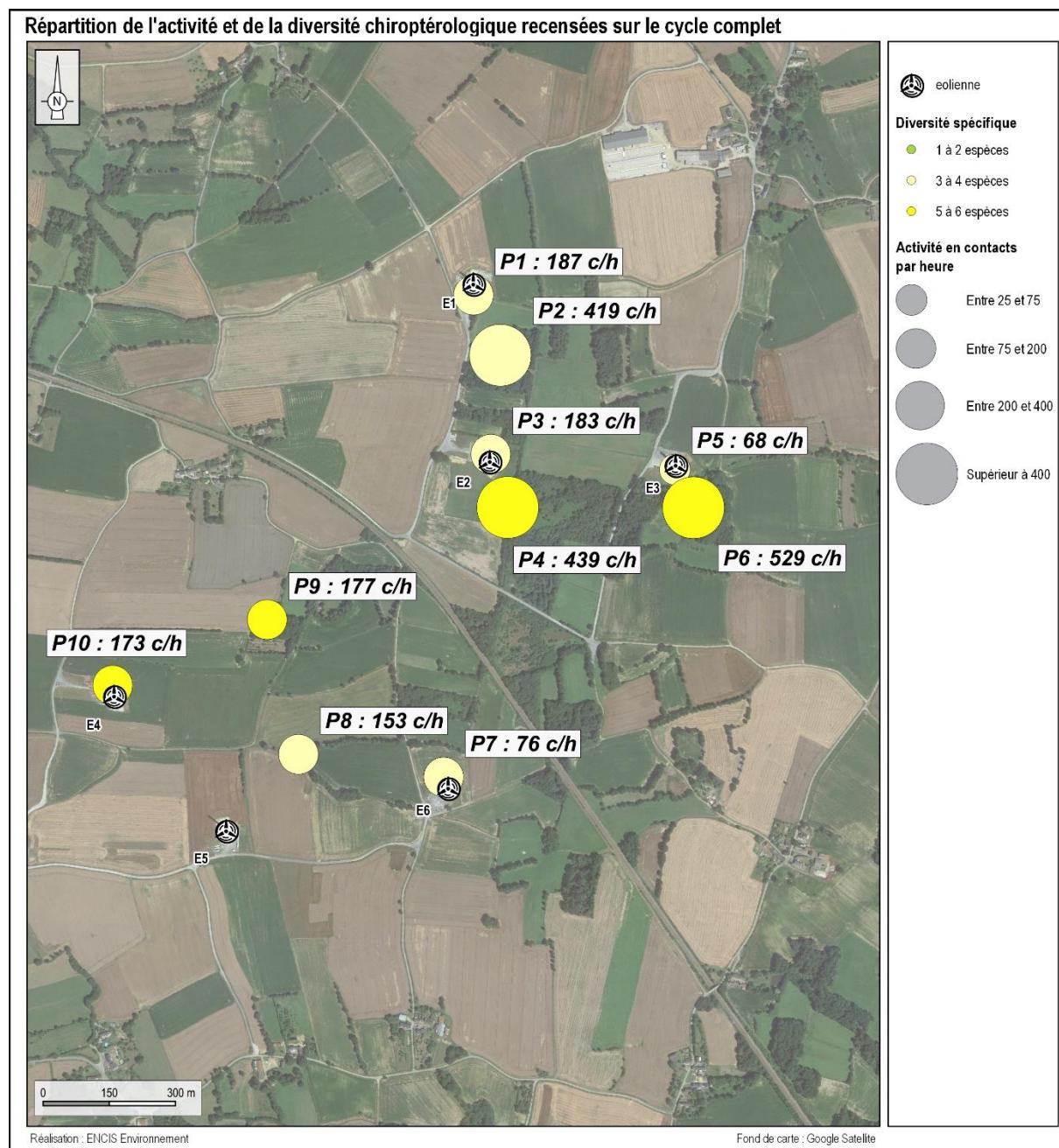
Les lisières et les haies : c'est ici que l'activité est la plus importante avec des valeurs allant de 153 contacts par heure (c/h) au point 9 (haie) à 529 c/h au point 6 (lisière de boisement), ce qui représente des valeurs très élevées. Ainsi, les points 2, 4, 6, 8 et 9 présentent les plus fortes activités. Ces zones de boisements et de bocage revêtent une importance plus marquée pour la chasse et le déplacement des chiroptères.

La diversité spécifique peut devenir intéressante sur les lisières et haies avec notamment 6 espèces au point 4 et 5 au point 6 et 9.

Les plateformes et les cultures : les points 1, 3, 5, 7, et 10 présentent une activité plus faible, bien qu'allant de 57 c/h à 187 c/h. Les milieux ouverts sont moins fréquentés par les chiroptères par rapport aux lisières et haies, bien que l'activité enregistré sur ceux-ci soient modérée à forte. La diversité recensée sur ces milieux arrive jusqu'à cinq espèces au point 10.

Ces milieux, bien que moins attractifs pour les chauves-souris, car souvent pauvres en ressources alimentaires du fait d'une plus faible biodiversité (culture monospécifique) sont tout de même bien utilisé par les chiroptères locaux.

Du point de vue spatial, l'activité et la diversité paraissent donc assez élevées sur l'ensemble du site de Broons. Nous noterons que l'activité et la diversité est tout de même plus élevées sur les milieux semi-ouverts représentés par les lisières et les haies, comparativement aux milieux ouverts représentés par les plateformes et les cultures. Les milieux semi-ouverts concentrent donc à la fois plus d'activité et de diversité en chiroptères.



Carte 6 : Répartition de l'activité et de la diversité chiroptérologiques sur le cycle biologique complet

3.2.1.4 Mode d'utilisation de la zone par les chiroptères

3.2.1.4.1 Activité chiroptérologique par phase biologique

Sur le cycle complet, c'est une moyenne de **240 contacts/heure** qui a été calculée. Cela correspond à un niveau d'activité élevé, relativement cohérent avec le type de milieu présent au sein de la zone d'étude. Les structures paysagères préservées (haies, boisements, bosquets) jouent donc un rôle majeur dans l'attractivité des milieux en présence pour les chiroptères. On peut conclure que le site présente une activité chiroptérologique élevée et localisée sur des zones bien identifiées.

	Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	Cycle complet
Activité moyenne (contacts/heure)	406	222	237	240
Niveau d'activité (contacts/heure)	Très fort	Fort	Fort	Fort

Tableau 8 : Activité moyenne lors des inventaires selon la phase biologique

L'analyse par phase est à modérer, en effet au regard du nombre de sorties réalisées la comparaison paraît compliquée. Pour autant les éléments suivants ressortent :

En période printanière, l'activité mesurée est la plus forte avec **406 contacts/heure**. Durant cette période qui fait suite à l'hibernation, les individus doivent ingurgiter de nombreuses proies pour refaire leur stock de graisse et préparer la mise-bas. Les femelles sont particulièrement concernées pour pouvoir mener à bien leur gestation dans les meilleures conditions. L'activité de chasse y est souvent importante dans les habitats à valeurs trophiques notables. Ainsi, le site semble pouvoir présenter des habitats nécessaires à ce cycle de développement.

En période estivale, **222 contacts/heure** sont relevés ce qui représente une activité forte. Cette période de nourrissage des jeunes par allaitement correspond à des besoins importants en nourriture pour les mères. De même, la grande disponibilité en proie et les conditions de vol favorables (chaleur et vents faibles) entraînent une augmentation de l'activité de chasse.

En période automnale, une activité de **237 contacts/heure** a été recensée. Cette phase est cruciale dans le cycle biologique des chiroptères puisque c'est à cette période qu'ont lieu les accouplements lors de rassemblements en colonies dites de swarming. Les chauves-souris ingèrent également une grande quantité de proies afin de se constituer de solides réserves de graisses leur permettant de passer l'hiver en hibernation. C'est aussi durant cette période que les chauves-souris transitent par des migrations de plus ou moins longue distance.

Néanmoins, l'activité peut varier au sein du secteur étudié en fonction du type de milieu. Ainsi, afin de caractériser au mieux les enjeux chiroptérologique du site, une analyse plus fine est réalisée (cf. paragraphes suivants).

3.2.1.4.2 Indices d'activité par habitat

Sur le cycle complet étudié, on observe **une graduation de l'activité en fonction du type de milieu**. En effet, l'activité la plus importante est concentrée au niveau des boisements et des haies. Les corridors arborés sont empruntés par les chiroptères pour leurs activités de chasse ou de transit. Les cultures et les plateformes sont en revanche moins utilisées.

Ainsi, les boisements et les écotones forestiers (lisières, chemins forestiers) apparaissent comme des zones à enjeux forts, de même que les secteurs de bocage dense. En revanche, les plateformes et les cultures sont moins utilisées, et représentent un enjeu modéré.

À l'échelle des différentes phases, les tendances entre milieux sont conservées.

Points correspondants	Milieux	Indice d'activité pondéré moyen (contacts/heure)			
		Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	Cycle complet
2 - 4 - 6 - 8 - 9	Lisière de boisement et Haie	396,5	363,6	262,2	424,6
1 - 3 - 5 - 7 - 10	Plateforme	58,0	79,8	212,6	129,1
Activité pondérée moyenne		406,0	222,0	237,0	252,7
Niveau d'activité		Très fort	Fort	Fort	Fort

Légende :

Classe	0 - 10	10 - 25	25 - 75	75 - 200	> 200
Niveau	Très faible	Faible	Modéré	Fort	Très fort

Tableau 9 : Activité pondérée des chiroptères en fonction du type d'habitat et de la phase du cycle biologique

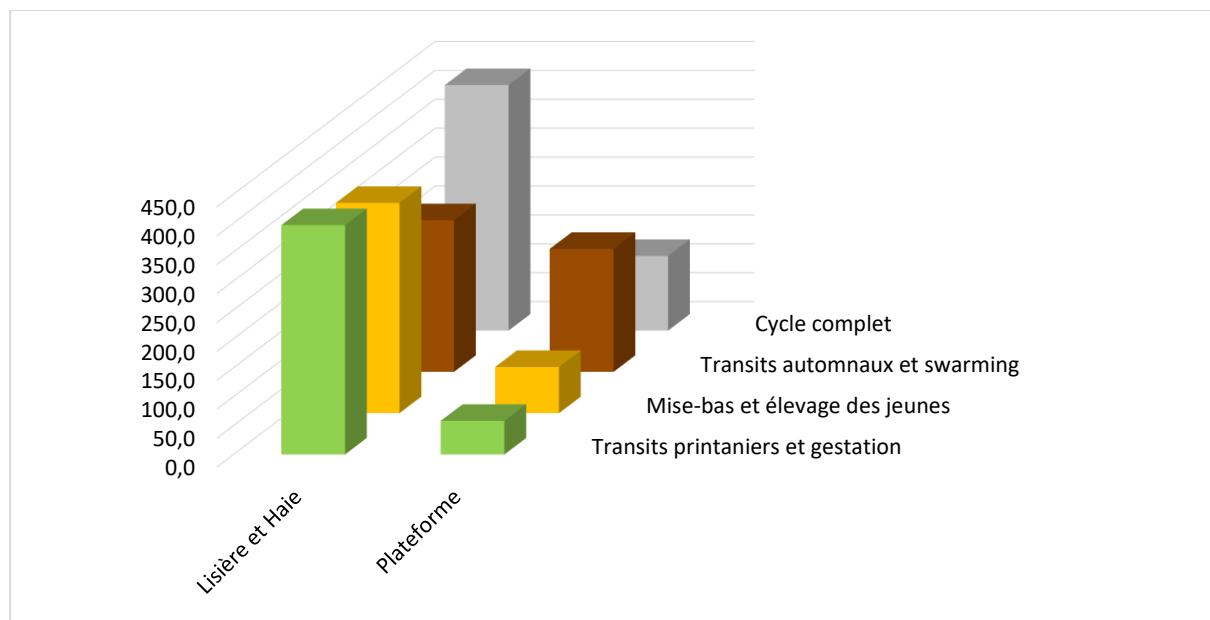


Figure 5 : Activité pondérée des chiroptères en fonction du type d'habitat et de la phase du cycle biologique

3.2.1.4.3 Types d'activité recensés

Sur le site à l'étude, le comportement des chauves-souris a été divisé en trois catégories :

- **Chasse** : comportement de recherches actives de proies ou d'obstacles et action de chasse certaine. L'animal est très curieux vis-à-vis de son milieu, son rythme est rapide.

- **Transit** : comportement de déplacement plus ou moins actif. La présence d'obstacles ou de proies est considérée comme probable par l'animal ou alors le milieu traversé par la chauve-souris ne requiert pas une collecte d'informations importante. L'animal ménage ses efforts.

- **Social** : comportement de type parade nuptiale ou signe d'agressivité.

Lorsque le comportement de la chauve-souris détectée n'était pas reconnu, il était noté comme « indéterminé ».

Comportement	Pourcentage du nombre total de contacts			
	Transits printaniers et gestation	Mise-bas et élevage des jeunes	Transits automnaux et swarming	Cycle complet
Chasse ou approche	67,1	95,7	82,3	83,4
Transit	5,7	3,0	13,7	7,9
Social	6,5	0,1	1,5	2,2
Indéterminé	20,7	1,2	2,5	6,4

Tableau 10 : Répartition des contacts par type de comportement

Sur l'ensemble de la période étudiée, **les comportements de chasse prédominent largement avec une moyenne de 83,4 % des contacts**. Les espèces de chauves-souris locales ou de passage sur le site y trouvent les ressources trophiques nécessaires à l'accomplissement des différentes phases de leur cycle biologique.

L'activité de transit représente une part plus modeste des enregistrements avec près de 8 % des contacts. Ce comportement est aussi bien enregistré au niveau des lisières ou haies présentes, qu'en milieu ouvert. Elle est plus fréquente au printemps et en automne, conformément aux phases de transit des espèces de chiroptères locaux.

Enfin, une part minime de comportement social a été enregistrée, correspondant à plusieurs individus en chasse sur le même territoire (compétition alimentaire) ou en activité de swarming.

3.2.2 Synthèse du suivi d'activité des chiroptères au sol

Avec un total de 11 espèces, la diversité spécifique en chiroptères sur le site est modérée.

L'activité est forte avec 253 contacts/heure sur l'ensemble de la période d'étude. Elle est plus importante au printemps (406 contacts/heure) qu'en automne (237 contacts/heure) et qu'en été (222 contacts/heure).

Les trois espèces les plus souvent contactées sont la Pipistrelle commune (74 % des contacts), la Pipistrelle de Kuhl (10 %) et la Barbastelle d'Europe (6 %). Il est noté la présence du Petit Rhinolophe, la Barbastelle d'Europe, espèces sont inscrites aux annexes II et IV de la directive Habitats-Faune-Flore.

Quatre espèces pouvant évoluer en altitude sont présentes : la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune.

Concernant la distribution spatiale des résultats, l'activité est plus importante au niveau des boisements et haies bocagères, mais reste tout de même assez élevée sur les milieux ouverts de type culture et plateforme.

L'activité de chasse reste dominante sur le site, avec 83,4 % des contacts. Le transit y est notable (8 %).

3.2.3 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 E3. La nacelle, positionnée à 103,9 mètres du sol, est équipée d'instruments de mesure météorologique afin de connaître les ressources en vitesses de vent et températures sur le site. Ces inventaires sont réalisés en continu durant les périodes les plus importantes du cycle biologique des chiroptères, du 23 mars 2021 au 4 novembre 2021. À la différence de la méthode par échantillonnage, les enregistrements sont concentrés en un point mais le temps d'inventaire est plus long. La technique d'enregistrement étant différente des inventaires par échantillonnage, les résultats ne peuvent pas être interprétés de la même manière. C'est pourquoi ils font l'objet d'une analyse séparée.

Le dispositif est donc resté installé durant 226 nuits et **l'analyse porte sur l'ensemble de ces nuits**, elles se situent en effet dans le cycle biologique actif des chiroptères (mars à novembre).

Le site comprend une Batmode S pour l'éolienne E3. Une analyse du comportement des chiroptères est réalisée sur l'éolienne E3 et va permettre de recenser l'activité en hauteur du parc éolien sur la période étudiée.

3.2.3.1 Diversité et activité spécifique enregistrée

3.2.3.1.1 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	
Nyctalus	Noctule commune	-	4	-	4
	Noctule de Leisler	5	19	34	58
Pipistrellus	Pipistrelle commune	55	191	549	795
	Pipistrelle de Kuhl	5	61	150	216
	Pipistrelle de Nathusius	-	10	9	19
<i>Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce</i>					
Sérotine / Noctule sp.		-	27	24	51
Total	5 espèces	65	312	766	1 143

Tableau 11 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne

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

En hauteur, on constate une cohérence avec la bibliographie disponible, au travers d'une forte proportion des espèces dites de haut-vol ou de lisière généralistes (Noctule de Leisler, Noctule commune et pipistrelles) qui totalisent toute l'activité.

Ainsi, la Pipistrelle commune regroupe la majorité de contacts avec 70 % du total, équivalent à 795 contacts. La Pipistrelle de Kuhl, la Noctule de Leisler et le complexe Sérotine / Noctule sp. suivent avec respectivement 19 % ; 5 % et 4 % des contacts enregistrés en hauteur. La Pipistrelle de Nathusius est bien moins représentée avec 2 %. La Noctule commune est présente de manière anecdote sur ce site avec seulement quatre contacts. Ces dernières espèces sont plutôt rares et connues pour être migratrices. Avec un total de 1 143 contacts sur la période étudiée, l'activité chiroptérologique sur le site de Broons à hauteur de nacelle de l'éolienne E3, soit 103,9 mètres du sol, apparaît modérée. La répartition des contacts par espèce est présentée dans la figure suivante.

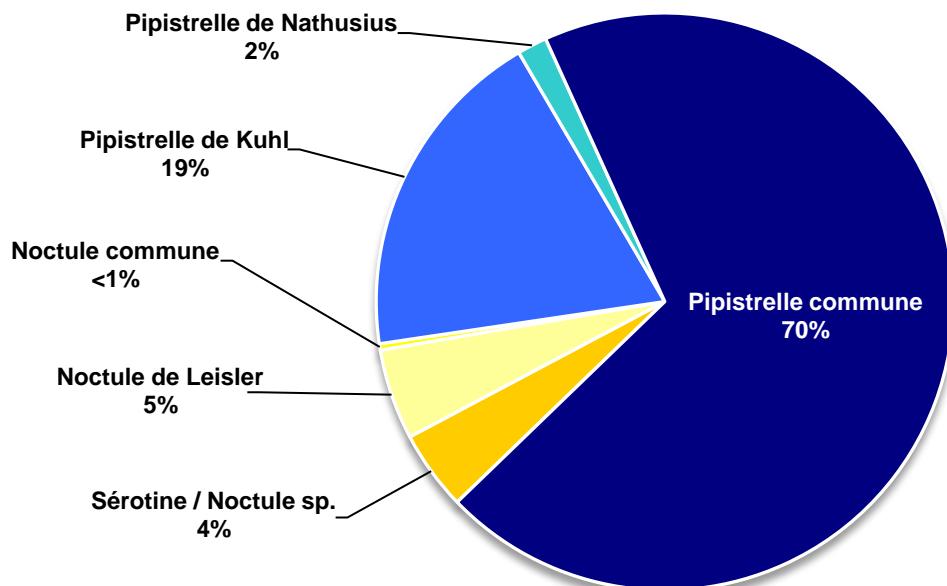


Figure 6 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude

Il apparaît que la répartition entre espèces est assez hétérogène avec une abondance d'espèces ubiquistes du genre *Pipistrellus* qui représente 91% des enregistrements et les espèces de haut-vol (*Nyctalus/Eptesicus*) ne représente que 9% des enregistrements.

La part importante des contacts des espèces du genre *Pipistrellus* peut être expliquée par la forte présence de corridors boisés (haies, bosquets, îlots forestiers) sur le site des Broons. En effet, la présence de ce type d'habitats est attrayant pour la chasse et le transit de ces espèces.

Les enregistrements démontrent que la proportion entre les espèces de haut-vol (*Nyctalus/Eptesicus*) et les espèces de lisière-généraliste (*Pipistrellus*) n'est pas équivalente, avec une proportion nettement plus élevée de ces dernières

3.2.3.1.2 Répartition du nombre de contacts enregistrés par nuit

Le graphique suivant illustre l'activité chiroptérologique par nuit d'inventaire. Ainsi, l'activité inter-journalière des chauves-souris est très irrégulière. Le nombre de contacts enregistré par nuit varie de 0 à 105 contacts. **Cette variabilité journalière reste particulièrement complexe à anticiper, dépendant de multiples facteurs à l'exemple des conditions météorologiques ou de la présence de ressource alimentaire, etc.** Il est dans l'état des connaissances actuelles très difficile de comprendre ces variations mais une hypothèse de migration peut être formulée sur ce site. En effet, des pics d'activités très forts et concentrés sur certaines nuits peuvent survenir brusquement, comme au mois de juin et en automne, ce qui correspond pour partie aux périodes de mise-bas et élevage des jeunes et de migration vers les gîtes hivernaux.

Pour rappel, le dispositif fut opérationnel depuis le 23 mars 2021, et l'arrêt des écoutes dans le cadre des analyses suivantes a été fixé au 4 novembre 2021. Les premiers contacts de chauves-souris ont été recensés le 31 mars 2021.

Plusieurs nuits ont donc enregistré un nombre de contact conséquent. En effet, alors que la plupart des nuits ne dépassent pas la quarantaine de contacts enregistrés, il y a eu 89 contacts le 21 août et 105 contacts le 24 septembre. D'autres nuits d'octobre rencontrent un nombre de contacts plus fort que la moyenne, c'est notamment le cas pour les 5, 11 et 12 septembre avec plus de 60 contacts.

Tous ces contacts incluent surtout la Pipistrelle commune. Une activité migratoire locale pour la Pipistrelle commune entre des sites d'estivages et hivernaux est plausible, notamment en raison des pics situés au début puis à la fin de la saison d'activité des chiroptères. Le nombre de contact important sur le site pour l'espèce plaide aussi en faveur de phénomènes de déplacements entre différents sites de reproduction, de swarming et d'hibernation. La présence d'une colonie dans le secteur est donc probable.

Les noctules sont plus présentes en transits automnaux avec des contacts en août et septembre. Ici aussi un phénomène migratoire est possible, avec des individus de ces espèces passant potentiellement au-dessus du site afin d'aller hiberner plus au sud.

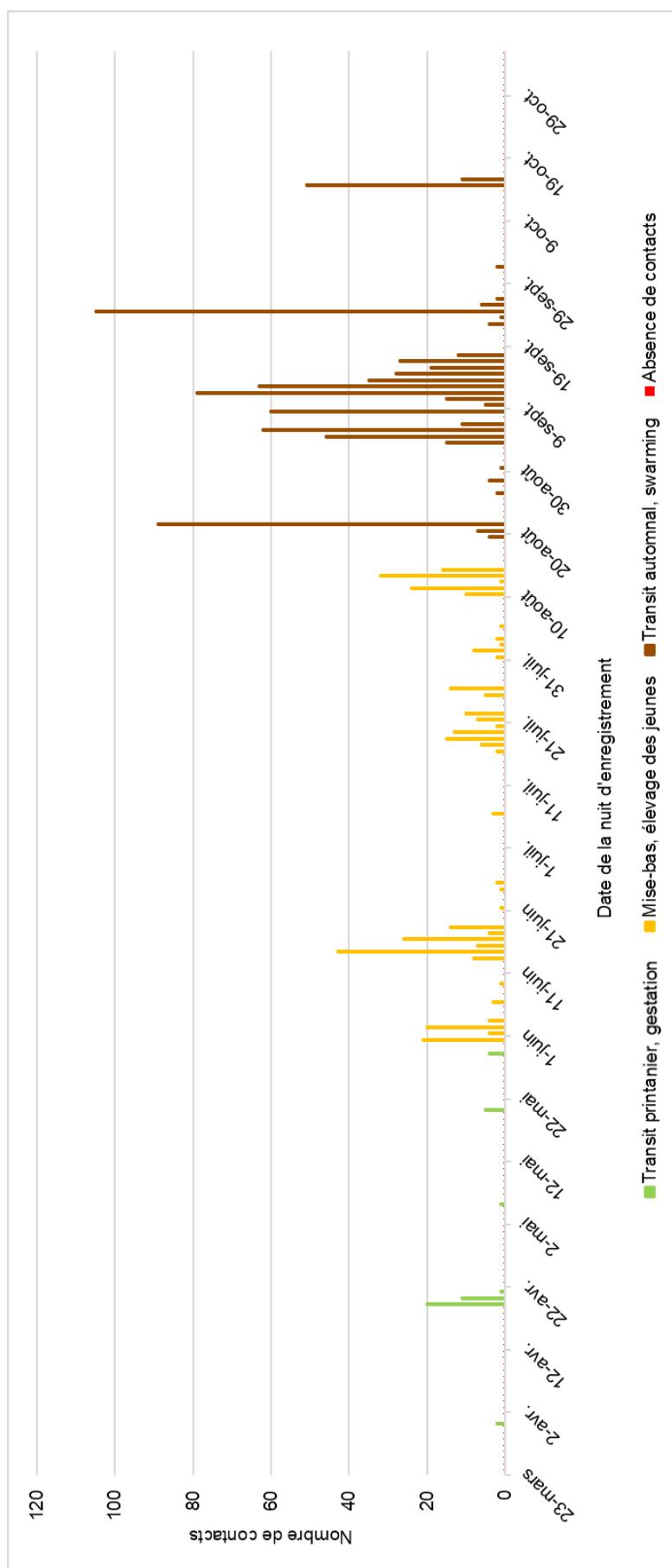


Figure 7 : Répartition du nombre de contacts par jours durant l'ensemble de la période d'inventaire

3.2.3.1.3 Résultats obtenus en fonction du mois d'inventaire des chiroptères

En comparant les mois entre eux, on note une forte prédominance du groupe des pipistrelles. Le complexe des Noctules / Sérotines sp. sont parfois plus nombreuses que certaines espèces de pipistrelles, notamment durant le mois d'août où leur présence est supérieure aux Pipistrelles de Kuhl et aux Pipistrelles de Natusius.

Le mois de septembre concentre 52 % des contacts, soit plus de 500 sur ce seul mois. C'est durant cette période que l'activité est la plus intense avec une large proportion de Pipistrelles communes, potentiellement en migration, suivi par la Pipistrelle de Kuhl. Vient juste ensuite le mois d'août avec 18 % des contacts et plus de 200 contacts avec toujours une large proportion de Pipistrelles communes mais cette fois suivie par les Noctules de Leisler et le complexe Noctules / Sérotines sp. Les mois de juin, juillet et octobre comptabilisent ensuite une proportion de contact plus faible, au-dessus toutefois de la barre des 130 contacts pour le mois de juin et plus de 60 contacts pour le mois de juillet et octobre. Le mois d'avril a une activité très faible. L'activité est nulle en mars mais l'inventaire a débuté seulement à partir du 25 de ce mois, un faible nombre de contacts est enregistré fin mars. Aucun contact n'a été enregistré du début du mois de novembre jusqu'à l'enlèvement du dispositif d'enregistrement.

Ainsi, selon cette figure, les mois d'août et septembre comprennent les plus forts enjeux avec près des deux tiers des contacts. Les mois de juin, juillet et octobre ont une proportion de contact bien plus faible mais sans être négligeable.

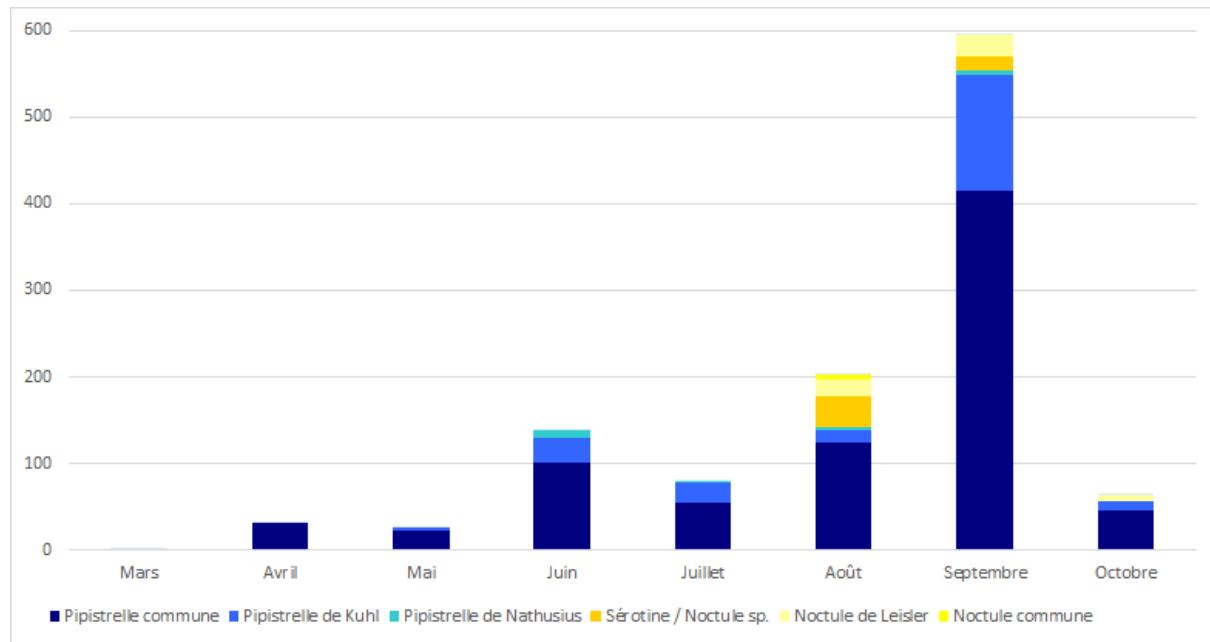


Figure 14 : Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement

Le tableau suivant présente les résultats du précédent graphique ramenés au nombre de nuits d'écoute, ce qui permet une comparaison des activités moyennes par nuit.

Les résultats obtenus permettent de valider la forte activité observée au mois de septembre et dans une moindre mesure au mois d'août et juin, qui regroupent respectivement

52 %, 18 % et 12 % des contacts enregistrés. Le mois d'octobre rassemble 6 % des contacts enregistrés. À l'inverse, les mois de mars, avril et mai affichent seulement 3 % ou moins des contacts ou moins (avec 0% pour les trois nuits de novembre).

Avec une moyenne de 20 contacts par nuit, le mois de septembre présente l'activité chiroptérologique la plus importante devant le mois d'août (7 contacts par nuit) et de juin (5 contacts par nuit).

	2021									
	Mars	Avril	Mai	Juin	JUIL.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Total
Nombre de contacts	2	32	31	138	79	202	595	64	0	1 143
Pourcentage des enregistrements	<1%	3%	3%	12%	7%	18%	52%	6%	<1%	100%
Nombre de nuits d'enregistrements	9	30	31	30	31	31	30	31	3	226
Moyenne du nombre de contacts par nuit	<1	1	1	5	3	7	20	2	0	5

Tableau 12 : Répartition du nombre de contacts en fonction de la mensualité

3.2.3.1.4 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	65	312	766	1143
Nombre de nuits d'enregistrements	69	76	81	226
Pourcentage des enregistrements	7 %	27 %	66 %	100,0 %
Moyenne du nombre de contacts par nuit	1	4	10	6

Tableau 13 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques

L'activité sur la période étudiée est de 1 143 contacts soit une moyenne de 6 contacts par nuit, ce qui représente une activité plutôt modérée.

On constate que la période de transits automnaux et swarming est la phase avec le plus d'activité, loin devant les autres. Elle concentre 66 % des contacts totaux avec 10 contacts par nuit (activité plutôt modérée). La période de mise-bas et d'élevage des jeunes arrive ensuite avec 27 % des contacts suivi, enfin, de la phase des transits printaniers et gestation (7 % des contacts).

Il est à noter que la phase printanière n'a pas été inventoriée au complet, en ramenant cependant au nombre moyen de contacts par nuits d'enregistrement, on constate que cette phase est bien celle avec l'activité la plus faible. De même pour la phase automnale qui met néanmoins en évidence que c'est la phase avec le plus d'activité.

Sur l'intégralité de la phase d'activité des chauves-souris, 1 143 contacts ont été enregistrés, soit une moyenne de 6 contacts par nuit. Cela représente une activité plutôt faible à cette hauteur.

La période automnale regroupe le plus de contacts (66 %), pour une activité particulièrement élevée comparativement aux autres saisons du cycle biologique. Ce résultat est à relier à l'activité remarquable durant les mois d'août et septembre. La période estivale présente également une activité importante avec 27 % des contacts enregistrés.

3.2.3.2 Activité chiroptérologique en fonction des facteurs astronomiques et météorologiques

3.2.3.2.1 Activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

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

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

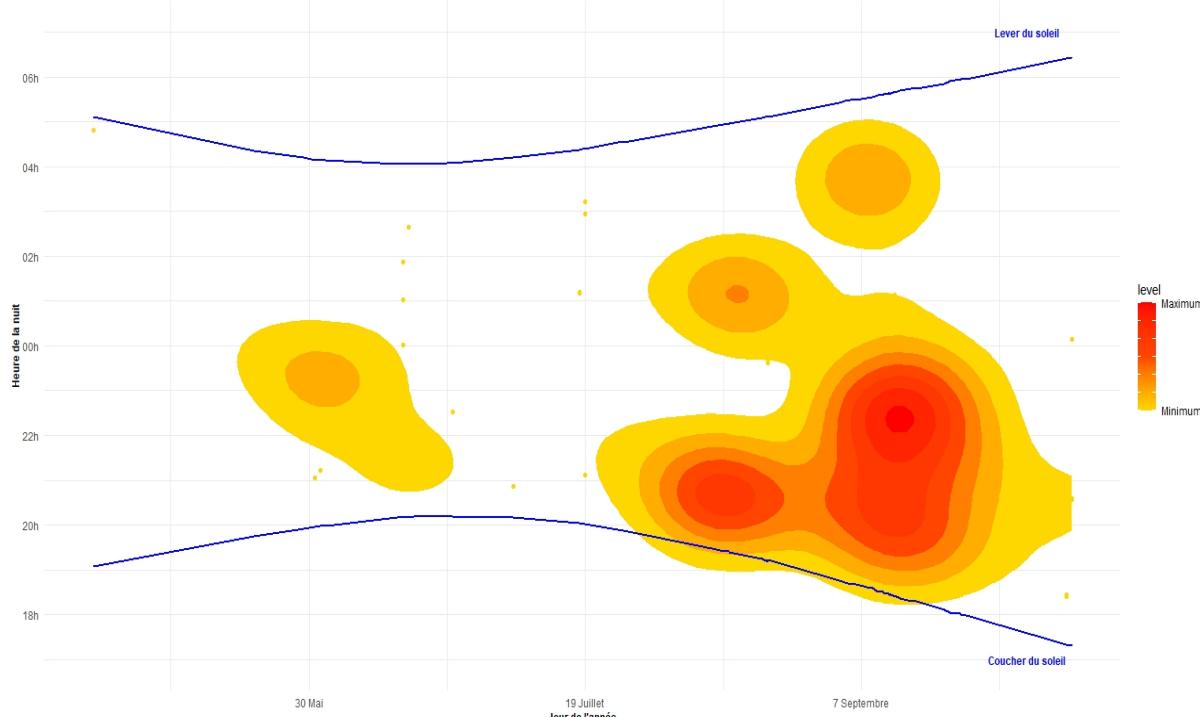


Figure 8 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien

La carte de chaleur ci-dessus affiche une activité chiroptérologique concentrée en trois périodes. Un premier pic fin-mai et début juillet, puis un second pic au mois d'août et enfin une activité plus intense en septembre.

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. La chute d'activité intervient généralement dans les 3 à 4 heures après le coucher du soleil.

Sur la période analysée cette tendance n'est pas réellement observée, hormis au printemps où l'activité a été plus faible. On constate en effet des niveaux d'activités qui peuvent rester assez réguliers dans la nuit à certaines périodes, voir même réaugmenter peu avant le lever du soleil. Cela est surtout observé à partir du mois d'août jusqu'à la fin du mois de septembre, avec même des niveaux plus forts au milieu et en fin de nuit pour ces derniers mois. A partir du mois d'octobre

et jusqu'au début du mois de novembre, l'activité est à contrario concentrée uniquement en début de nuit et diminue au fil des jours jusqu'à finir sur une plage horaire courte.

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

L'activité pendant les périodes printanières est relativement faible et même très faible au début du mois de juillet.

Lors des mois où l'activité chiroptérologique est plus significative, celle-ci se déroule majoritairement sur les premières heures de la nuit. Cette activité est possiblement due à un comportement de chasse en début de nuit. Enfin, les mois d'août et de septembre affichent une activité en deux temps avec une première activité de chasse en début de nuit qui se prolonge jusqu'en milieu de nuit en septembre, puis un second pic d'activité marqué par deux points de chaleur en milieu-fin de nuit qui pourrait laisser supposer la présence d'une activité migratoire ou d'une activité de swarming à proximité du parc éolien.

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

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

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

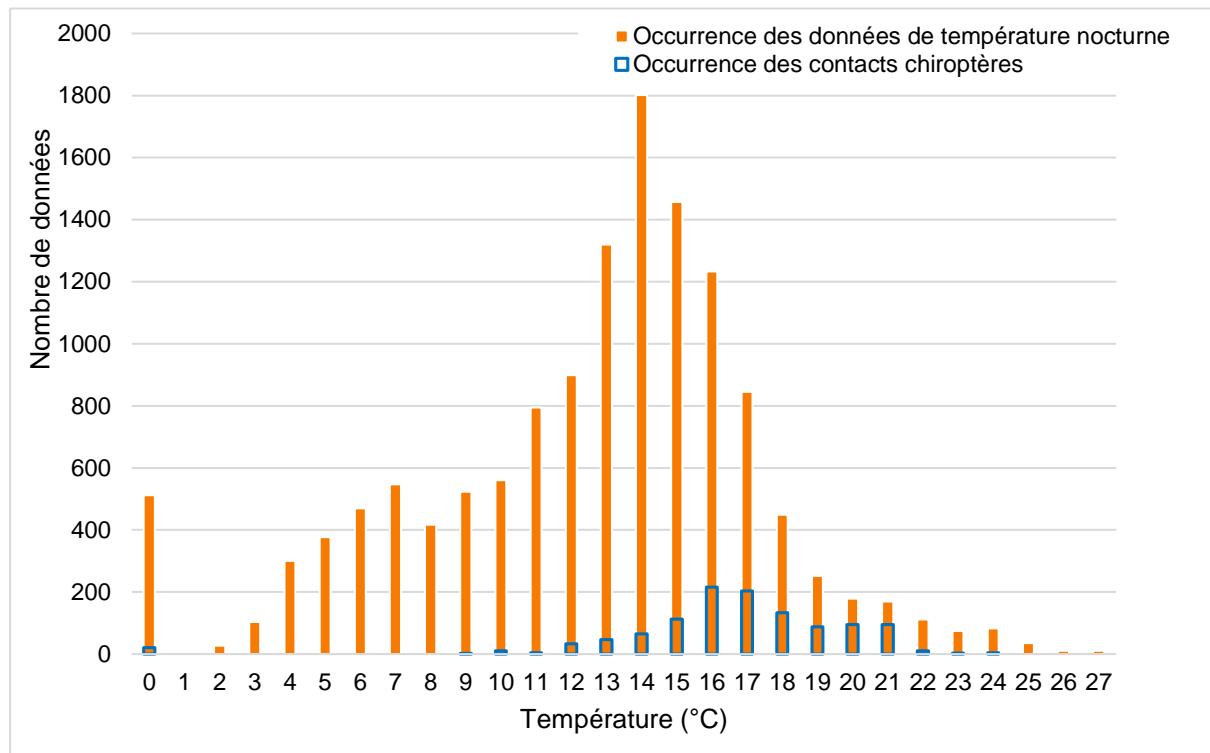


Figure 9 : Activité des chiroptères en fonction de la température

Les inventaires réalisés sur le site montrent ainsi que les chiroptères semblent concentrer leur activité entre 9 et 24 °C, en décalage avec les températures nocturnes « disponibles ». **L'activité semble démarrer réellement à partir de 12 °C et connaître son optimum jusqu'à 16 °C.**

Résultats obtenus par analyse mensuelle

L'analyse mensuelle de l'activité des chiroptères expose les mêmes tendances que celles observées sur l'ensemble de la période étudiée, à savoir qu'un maximum d'activité est mesuré à partir de 9 °C et jusqu'à plus de 24 °C de température. On voit clairement sur ce graphique la forte activité en août et septembre, avec des plages de températures variées utilisées par les chiroptères notamment au mois de septembre. À noter que ce sont les mois de mai et septembre qui sont responsables d'activités enregistrées dès 0 °C (avec 5 et 16 contacts) qui sont des contacts exceptionnels. Cependant l'activité des chiroptères débute de manière significative dès 9°C pour les mois de mai et avril avec un contact pour chaque mois.

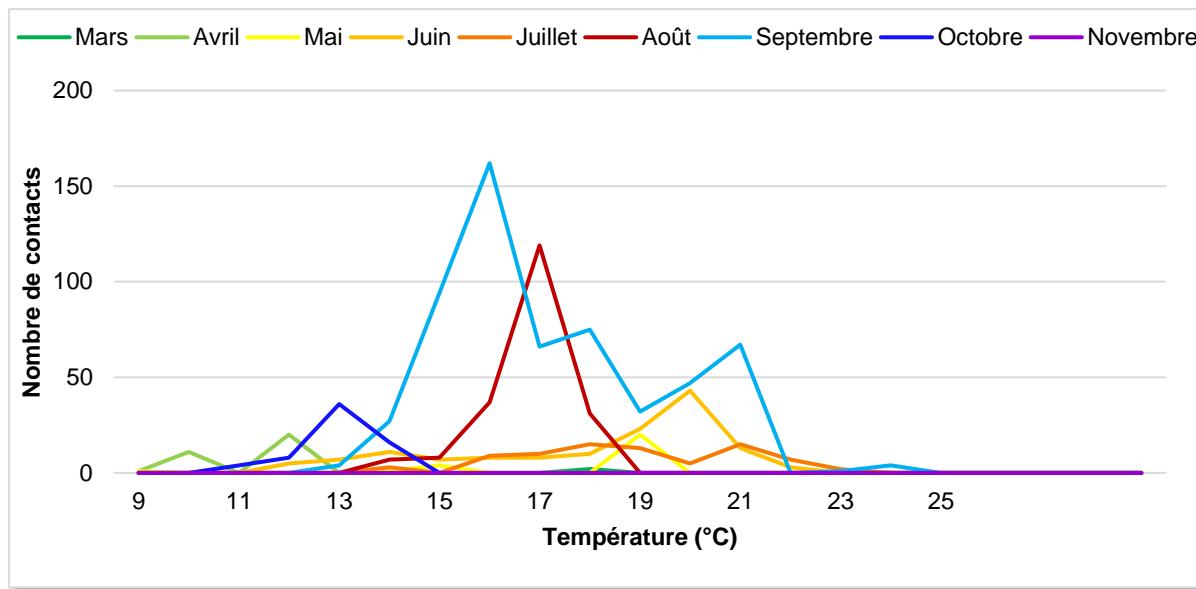


Figure 16 : Activité des chiroptères en fonction de la température par mois

Les inventaires réalisés montrent ainsi un décalage dans les distributions de l'activité chiroptérologique et des occurrences de températures enregistrées. Ainsi, les chiroptères semblent sélectionner les températures plus chaudes et concentrer leur activité entre 13 °C et 21 °C.

3.2.3.2.3 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.

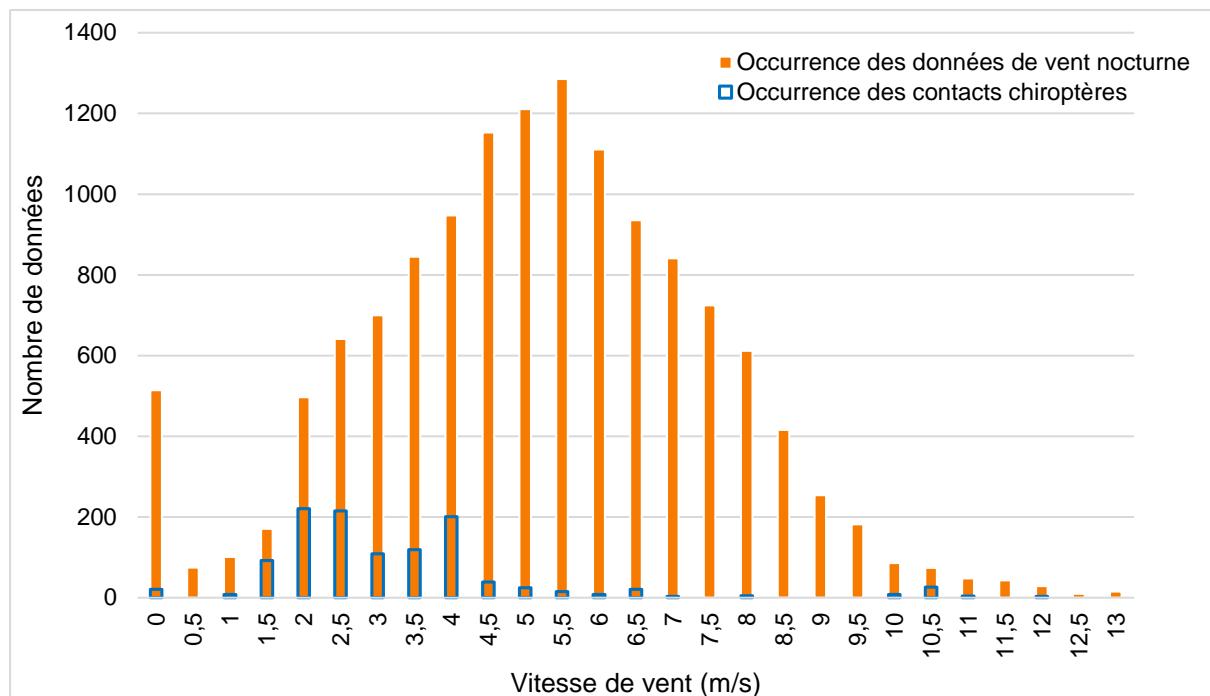


Figure 10 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent

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

L'activité chiroptérologique semble s'étaler entre des valeurs de vent comprises entre 0 et 12 m/s à hauteur de nacelle avec une importance accrue entre 1,5 et 4 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 et 8 m/s à hauteur de nacelle. Une baisse de l'activité des chiroptères est observable à partir de 4,5 m/s. L'activité ne devient pas pour autant négligeable, notamment entre 10 et 12 m/s en septembre.

Ce dernier mois enregistre les plus fortes valeurs et présente notamment une augmentation de l'activité à 10,5 m/s, l'espèce responsable de vol à ces vitesses de vent est la Noctule de Leisler. Ce chiroptère n'hésite effectivement pas à évoluer sous des vitesses de vents relativement fortes.

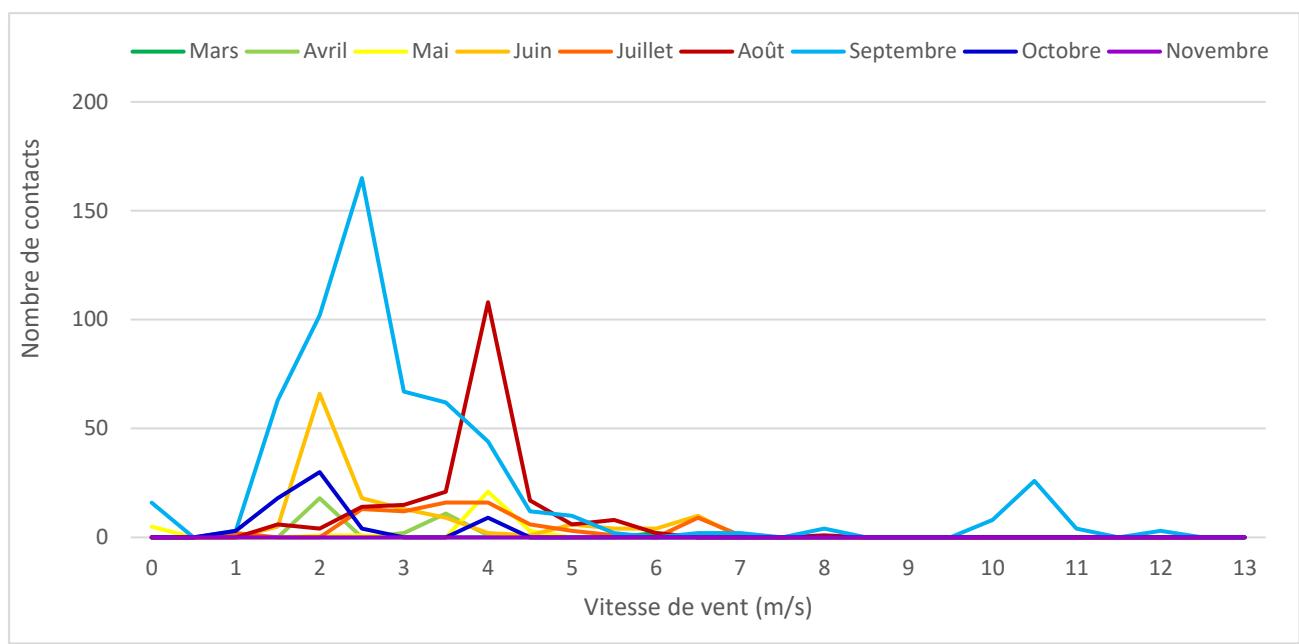


Figure 11 : Activité des chauves-souris en fonction de la vitesse du vent par mois

La grande majorité des chauves-souris volent par des vitesses de vent inférieures à 4,5 m/s en sélectionnant ainsi les vitesses de vent les plus faibles par rapport à la disponibilité.

3.2.4 Synthèse des résultats du suivi comportemental des chiroptères en nacelle

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

- la diversité spécifique est de cinq espèces confirmées, avec la Noctule commune, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Pipistrelle de Natusius ;*
- on retrouve au sein des espèces inventoriées, essentiellement des espèces pouvant évoluer en hauteur, en cohérence avec les connaissances bibliographiques. À noter la plus forte proportion de Pipistrelles communes, comparativement aux autres espèces présentes. Le genre Pipistrellus est très bien représenté globalement ;*
- l'activité chiroptérologique est plus importante en août et en septembre. L'activité est assez irrégulière et des phénomènes de déplacement, voire migratoires sont plausibles ;*
- l'activité chiroptérologique en hauteur, hormis sur les mois avec relativement peu de contacts (mars, avril, mai, octobre et novembre), est concentrée sur l'ensemble de la nuit. Les mois qui enregistrent la plus forte activité sur le site et dont les enjeux sont les plus importants (août, septembre) sont concernés. L'intensité de l'activité peut même augmenter en fin de nuit en septembre, cela est dû aux noctules, coutumières de ce comportement. Les mois avec le moins d'activité proposent un schéma plus « classique » avec les chiroptères actifs surtout en début de nuit ;*
- l'activité chiroptérologique en hauteur est présente surtout à partir de 16 °C ;*
- l'activité chiroptérologique en hauteur est principalement concentrée entre des vitesses de vent de 0 et 8 m/s. Au-delà de 4,5 m/s l'activité chute progressivement. À noter cependant des passages de Noctule de Leisler jusqu'à 10,5 m/s.*

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

3.2.5.1 Diversité spécifique

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

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence selon les études			
		Par P&T Technologie SAS		Par ENCIS ENVIRONNEMENT	
		Sous-traité par AMIKIRO	Sous-traité par AEPE-Gingko	Compléments d'inventaires : suivis d'activités des chiroptères au sol - 2016	Suivis d'activités des chiroptères au sol - 2021
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>			X	X
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>				X
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>				X
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>				X
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>				X
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>			X	X
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>				X
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>				X
Petit Rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>		X		X
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>		X		X
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X	X	X	X
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	X	X	X	X
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X		X	
<i>Recensements n'ayant pas pu être déterminés à l'espèce</i>					
Murin sp.	<i>Myotis sp.</i>	X	X	X	
Murin à oreilles échancrées / Alcathoe	<i>Myotis emarginatus / alcathoe</i>		X		
Oreillard sp.	<i>Plecotus sp.</i>		X	X	
Noctule / Sérotine sp.	<i>Nyctalus / Eptesicus</i>				X
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	<i>Pipistrellus kuhlii / nathusii</i>	X	X	X	
Total des espèces	13	3	5	11	5

Tableau 32 : Résultats de la diversité spécifique en fonction des études menées sur le site

L'étude d'impact de 2013 qui s'étend jusqu'au début de l'année 2014, incluant les résultats des inventaires chiroptérologiques au sol, a permis de recenser trois espèces certaines par

l'association AMIKIRO, contre cinq pour les inventaires complémentaires de 2016 réalisé par le bureau d'études AEPE-Gingko, et onze espèces identifiées par ENCIS Environnement en 2021.

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

En 2013 / 2014, AMIKIRO a réalisé cinq soirées d'écoute au sol sur 20 points ciblés sur des zones pouvant offrir une connexion avec des milieux naturels périphériques. En 2013, deux soirées ont été réalisées en période de transits printaniers et gestation dans des conditions météorologiques défavorables, une soirée en période de mise-bas et élevage des jeunes et une soirée aux transits automnaux et swarming. La dernière sortie a été réalisée au début de la période des transits printaniers et gestation de l'année 2014. Ces inventaires ont fait ressortir un cortège chiroptérologique plutôt faible qui est lié à des espèces généralistes et/ou de haut vol.

En 2016, le bureau d'étude AEPE-Gingko a réalisé des inventaires complémentaires qui ont été réalisés sur six soirées d'écoute au sol sur six points étagés entre les mois de mai et d'octobre (une soirée par mois). Ces inventaires ont fait ressortir un cortège chiroptérologique un peu plus important lié à des espèces évoluant majoritairement au sol.

En 2021, ENCIS Environnement a réalisé deux protocoles de suivi de l'activité des chiroptères avec des écoutes au sol et en altitude. Les écoutes au sol se sont effectuées en actif sur 10 points d'écoutes de 10 minutes chacun. Les écoutes en hauteurs ont été menées via un enregistreur automatique placé en nacelle d'éolienne durant 226 nuits de mars à novembre. Ces deux méthodes d'inventaires ont fait ressortir un cortège chiroptérologique plus exhaustif que les précédents avec des espèces qui jusque-là, n'avaient pas encore été identifiées. On retrouve des espèces communes en Europe comme la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, la Sérotine commune, qui sont des espèces capables de voler en hauteur. Des espèces appartenant à un cortège plus forestier (Murins, Rhinolophes, Oreillard, etc.) et des espèces de haut vol comme les Noctules ont été mises en exergue.

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

Les protocoles et inventaires ne sont pas comparables mais il y a une forte cohérence des espèces présentes. En effet, toutes les espèces contactées lors des inventaires des années 2013 / 2014 et 2016 sont retrouvées aux inventaires de 2021.

3.2.5.1.1 Activité recensée

Le tableau ci-dessous expose les différents résultats de l'indice d'activité moyenne des chiroptères (pondérée ou non) en fonction des différentes périodes d'inventaires réalisés par différents organismes. La comparaison entre les différentes études réalisées est difficile en raison des méthodes protocolaires différentes (variation du nombre de point d'écoutes, de leurs localisations, du nombre de sortie, de l'interprétation et la restitution des résultats). De plus, les résultats de la sortie du 18 Mars 2014 prévue par AMIKIRO n'ont pas été présentés dans le rapport d'étude d'impact de P&T Technologies SAS car le bureau d'études AEPE-Gingko a estimé que cette

sortie était dans une période très précoce par rapport à l'activité des chiroptères et qu'elle ne permettrait pas de recueillir des données significatives.

Année de suivi	Milieux	Indice d'activité moyenne (contacts/heure)
2013 / 2014 (AMIKIRO)*	Haies et Lisières	351
	Culture	9
	Activité moyenne	18
2016 (AEPE-Gingko)*	Haies et Lisières	171
	Culture	458
	Activité moyenne	314,5
* Le rapport d'étude d'impact de P&T Technologies SAS ne mentionne pas la pondération de l'activité selon la méthode de M.Barataud.		
2021 (ENCIS Environnement)**	Haies et Lisières	426,6
	Culture	129,1
	Activité pondérée moyenne	252,7
** Les résultats d'activité moyenne sont pondérés selon la méthode de M.Barataud vis-à-vis du coefficient de déetectabilité des espèces.		

Tableau 14 : Activité des chiroptères en fonction du type d'habitat et de l'année

En ce qui concerne l'activité par phase, les analyses d'activité montrent néanmoins une proportion plus importante de contact à la fin du mois d'août et la fin du mois d'octobre pouvant résulter d'une activité migratrice. On note la forte présence des chauves-souris également en mai 2013 et 2016, ce qui renforce l'hypothèse de migration (arrivée en début de saison et départ en fin de saison).

3.2.6 Principaux éléments à retenir du suivi ICPE

La conclusion après les deux années d'inventaires de l'étude d'impact ont permis de qualifier l'intérêt chiroptérologique de la zone d'étude comme modéré. Cette conclusion est établie par plusieurs constats comme la faible diversité spécifique avec seulement 5 espèces identifiées (jusqu'à 9 espèces potentiellement) ainsi que la faible activité des espèces recensées en période favorable (104,8 contacts par heure en moyenne, sans pondération selon la méthode de M.Barataud, sur toute la période du suivi). La valeur patrimoniale est considérée comme modérée de ces espèces (Deux espèces d'intérêts communautaires inscrites à l'annexe 2 de la Directive Habitats). Il aura été remarqué la faible disponibilité d'habitats très favorables : boisements relicuels et morcelés, espaces trophiques interrompus par des surfaces agricoles intensives, zones de bocage peu structurées pour offrir des zones d'alimentation et des corridors de déplacements, peu de zones favorables aux gîtes arboricoles, faible présence de points d'eau. A noter, l'absence de détection de la Sérotine commune, qui est pourtant une espèce détectable à longue distance, et la présence du Petit Rhinolophe qui n'était pas répertorié sur le secteur de Broons dans la bibliographie.

L'année 2021 vient confirmer la répartition par cortège et la fréquentation du site avec une forte présence de Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Kuhl, groupe d'espèces ubiquiste pouvant s'adapter au haut-vol (sensibles à l'éolien).

L'activité est plus forte en période de transits automnaux et swarming, particulièrement au mois d'août et septembre, elle est non négligeable à l'été (surtout au mois de juin) et reste présente mais plus faiblement en juillet et en octobre. La possibilité d'une activité migratoire sur le site se confirme en 2021.

Les inventaires 2021 sont fiables et vont servir de nouvelle référence à la mesure correctrice. Ainsi, une adaptation du plan de bridage est à préconiser.

En conclusion : le site de Broons - Côte d'Armor (22) présente une activité chiroptérologique non négligeable, qui est plutôt concentrée en automne. Le plan de bridage préventif adopté en 2018 en concertation avec l'exploitant reste nécessaire, il sera adapté avec les résultats 2021.

Ce plan a permis de faire diminuer la mortalité (Partie 4 du présent rapport).



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

4.1 Résultats des tests et paramétrage des méthodes d'estimation

4.1.1 Durée moyenne de l'intervalle

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

La durée moyenne de l'intervalle est : $I = 7$ jours

4.1.2 Efficacité du chercheur

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

Test	Chercheur	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres trouvés
T1	Laëtitia VIBERT	18 mai 2021	36	28
T2	Laëtitia VIBERT	24 août 2021	36	34
Total			72	62

Tableau 15 : Résultats des tests d'efficacité

Le coefficient d'efficacité du chercheur est : $d = 0,86$

4.1.3 Persistance des cadavres

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

Test	Date	Nombre de cadavres déposés	Nombre de cadavres restant				
			J+1	J+3	J+7	J+10	J+13
T1	Mai 2021	36	22	15	12	11	5
T2	Août 2021	36	27	14	3	1	1
Total		72	49	29	15	12	6

Tableau : Résultats des tests de persistance

La durée moyenne de persistance des cadavres est : t = 4,14

4.1.4 Surfaces prospectées et correction surfacique

La correction surfacique appliquée à l'estimation de la mortalité est calculée d'après les surfaces prospectées sur le terrain (tableau suivant). Celle-ci varie ainsi 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 10 000 m² par éolienne soit 60 000 m² par prospection pour l'ensemble du parc.

Sortie	Date	Surface prospectée / éolienne (m)						
		1	2	3	4	5	6	Total
1	07/04/2021	9716,232	7934	4723,49	10000	10000	2595,091	44968,813
2	15/04/2021	9716,232	7934	4723,49	10000	10000	2595,091	44968,813
3	21/04/2021	9716,232	7934	4723,49	10000	10000	2595,091	44968,813
4	27/04/2021	9716,232	7934	4723,49	10000	10000	2595,091	44968,813
5	04/05/2021	9716,232	7934	4723,49	10000	10000	2595,091	44968,813
6	11/05/2021	9549,213	5086,64	4723,49	10000	10000	2595,091	41954,434
7	18/05/2021	9549,213	5086,64	4723,49	10000	10000	2595,091	41954,434
8	26/05/2021	9549,213	5086,64	4723,49	10000	10000	2595,091	41954,434
9	31/05/2021	9549,213	5086,64	0	10000	10000	2595,091	37230,944
10	07/06/2021	9549,213	5086,64	3198,137	10000	10000	2595,091	40429,081
11	16/06/2021	9716,232	10000	3198,137	10000	10000	2595,091	45509,46
12	22/06/2021	1448,8	10000	3198,137	1314,8	1151,8	2595,1	19708,637
13	29/06/2021	1448,8	10000	3198,137	80000	10000	2595,1	107242,037
14	06/07/2021	1281,797	10000	1475,1	1314,1	1151,1	2595,1	17817,197
15	12/07/2021	1281,797	10000	1476,1	1314,1	1151,1	2595,1	17818,197
16	19/07/2021	1281,797	10000	1476,1	1314,1	1151,1	2595,1	17818,197
17	26/07/2021	1281,797	10000	1476,1	1314,1	1151,1	2595,1	17818,197
18	02/08/2021	1281,797	10000	1476,1	1314,1	1151,1	2595,1	17818,197
19	09/08/2021	1281,797	10000	1476,1	1314,1	1151,1	2595,1	17818,197
20	17/08/2021	1281,797	4375,2135	1476,1	1314,1	1151,1	8920,9	18519,2105
21	24/08/2021	1448,735	1269,272	6263	1314,1	1151,1	9684,7	21130,907
22	30/08/2021	1448,735	1269,272	6263	1314,1	1151,1	9684,7	21130,907
23	06/09/2021	1448,735	1269,272	6263	1314,1	1151,1	9684,7	21130,907
24	14/09/2021	1448,735	1269,272	8279	1314,1	1151,1	10000	23462,207
25	23/09/2021	1448,735	1269,272	8279	1314,1	1151,1	10000	23462,207
26	29/09/2021	1448,735	1269,272	8279	1314,1	1151,1	10000	23462,207
27	06/10/2021	1448,735	1270,272	8279	1314,1	1151,1	10000	23463,207

28	13/10/2021	1448,735	1270,272	9404,1	1314,1	10000	10000	33437,207
29	21/10/2021	10000	1270,272	9404,1	1314,1	10000	10000	41988,472
30	27/10/2021	10000	1270,272	10000	1314,1	10000	10000	42584,372
31	04/11/2021	10000	1270,272	7010,7	10000	10000	5134	43414,972
Moyenne sur l'ensemble du suivi		5145	5595	4795	7215	5718	5239	33707
A		1,94	1,79	2,09	1,39	1,75	1,91	0,30

Tableau 16 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés

La proportion moyenne de surface prospectée sur l'ensemble du suivi est de 0,56 (soit 56 %).

Le coefficient de correction surfacique moyen sur l'ensemble du parc et des prospections est de : A = 1,78.

4.2 Mortalité de l'avifaune

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

4.2.1.1 Les principaux facteurs de mortalité de l'avifaune

À l'exception des parcs éoliens denses et situés dans des zones particulièrement riches en oiseaux, la mortalité par collision est généralement faible par rapport aux autres activités humaines (tableau suivant). Le taux de mortalité varie selon les parcs de 0 à 60 oiseaux par éolienne et par an (programme « éolien biodiversité » - parcs européens). Ces chiffres dépendent de la configuration du parc éolien, de la densité et des caractéristiques des oiseaux qui fréquentent le site, du relief, et plus globalement, des caractéristiques topographiques et paysagères (présence de voies de passage, de haies, de zones d'ascendance thermique). À titre de comparaison, le réseau routier serait responsable de la mort de 30 à 100 oiseaux par km/an, le réseau électrique de 40 à 120 oiseaux par km/an.

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

Tableau 17 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE)

Les différentes espèces interagissent différemment face à un parc éolien :

- les espèces plus sensibles à l'effarouchement (limicoles, anatidés, grues, aigles, etc.), sont plus méfiantes vis-à-vis des éoliennes en mouvement et par conséquent moins sensibles au risque de collision ;

- les espèces moins farouches sont potentiellement plus sensibles à la mortalité par collision avec les pales (milans, buses, Faucon crécerelle, busards, martinets, hirondelles, etc.).

4.2.1.1.1 Situations et facteurs à risques

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

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

4.2.1.1.2 Sensibilité et vulnérabilité des espèces

Il est possible de déterminer un **indice de sensibilité** des espèces d'oiseaux vis-à-vis du risque de collision en se basant sur les cas de mortalité recensés en Europe (Dürr, 2020) et sur l'abondance des espèces (BirdLife International, 2017). Un niveau de sensibilité de 0 à 4 a ainsi été attribué à chaque espèce présente en Europe.

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

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

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

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

Figure 12 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)

4.2.1.1.3 Espèces les plus impactées

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Pour finir, huit parcs ont fait l'objet d'estimation selon les quatre méthodes préconisées soit 1,38 % des éoliennes françaises. Ces parcs possèdent tous une sensibilité particulière : proximité

d'une ZPS, de forêts de feuillus ou présence d'une mosaïque de milieux. Les estimations sont comprises entre 0,3 et 26,8 oiseaux/éolienne/an. Toutefois, une fois exclu des calculs un parc comprenant une forte mortalité de pigeons (présence d'un silo à grain à proximité), la mortalité estimée est de 0,3 à 7,6 oiseaux/éolienne/an, soit une moyenne de 4,2 et une médiane de 3,6.

D'un point de vue qualitatif (figure suivante et Annexe 5), les groupes d'espèces les plus impactés en Europe sont, par ordre décroissant, les Passeriformes, les Accipitriformes, les Charadriiformes puis les Falconiformes (d'après Dürr, 2020).

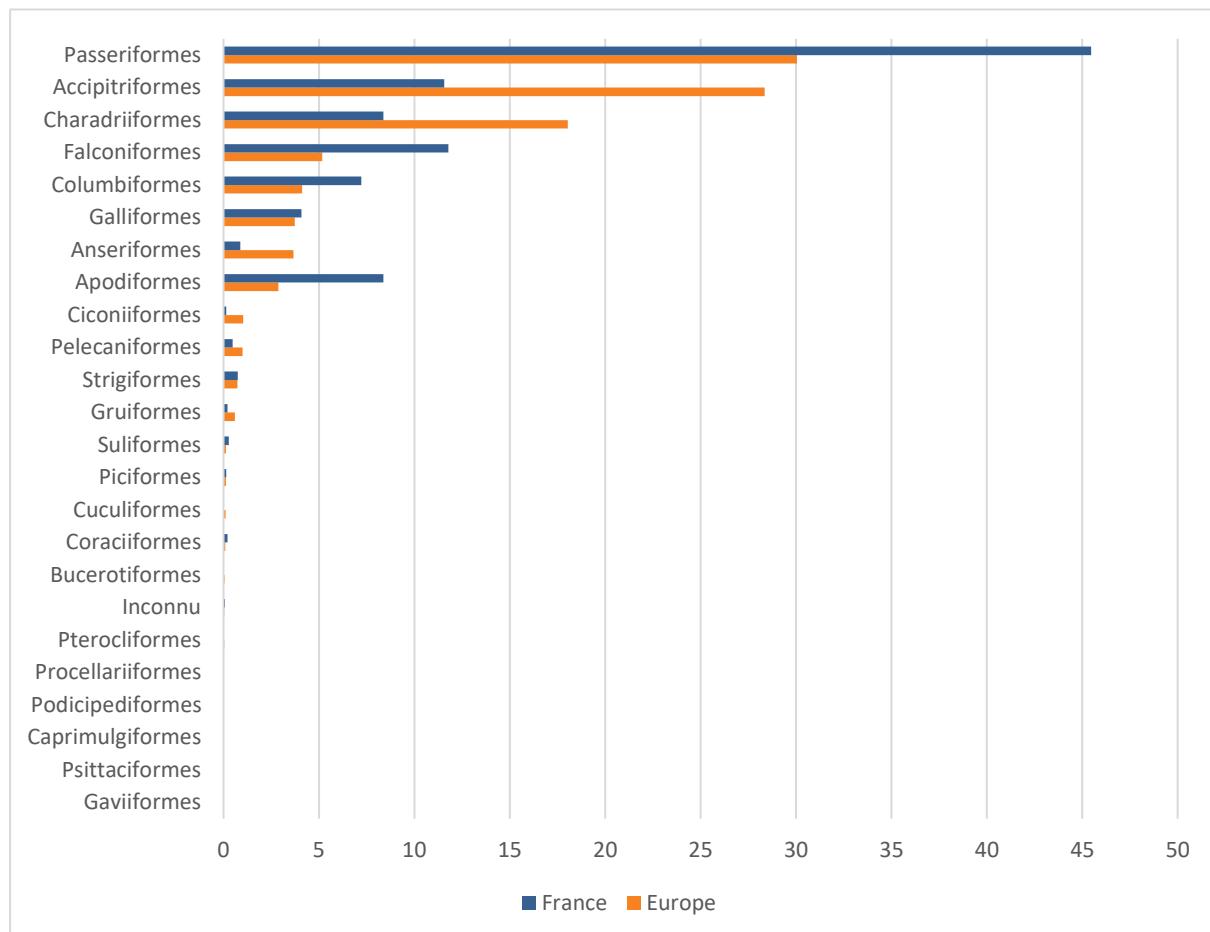


Figure 13 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe
(d'après Dürr, 2020)

4.2.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2013 - 2014 par le bureau d'étude AEPE Gingko, a révélé la présence de 36 espèces lors de l'ensemble des périodes du cycle biologique des oiseaux dont 13 possèdent un enjeu (figure suivante) :

Nom vernaculaire	Nom Scientifique	Notation	Enjeu
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>	1.5	Fort
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	1	Faible
Verdier d'Europe	<i>Carduelis chloris</i>	1	Faible
Linotte mélodieuse	<i>Carduelis cannabina</i>	1	Faible
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>	1	Faible
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	0.5	Faible
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	0.5	Faible
Tarier pâtre	<i>Saxicola torquata</i>	0.5	Faible
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	0.5	Faible
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	0.5	Faible
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>	0.5	Faible
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisu</i>	0.5	Faible
Mésange nonnette	<i>Poecile palustris</i>	0.5	Faible

Tableau 28 : Les espèces contactées sur le site du projet de parc éolien Biterne Sud présentant un enjeu

Figure 14 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2013-2014 (AEPE Gingko)

4.2.3 Résultats globaux du suivi de l'avifaune en 2018

4.2.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Broons, un cadavre d'oiseau a été retrouvé (figure suivante). Cela représente une mortalité brute de 0,16 individu / éolienne durant la période de suivi s'étalant d'avril à début novembre, soit 31 prospections, à raison d'une prospection par semaine. Cette mortalité brute est ainsi équivalente à 0,054 individu / éolienne / sortie.

L'unique espèce retrouvée sur le parc éolien de Broons est le Martinet noir.

Ordre	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Total
Apodiformes	Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1

Tableau 23 : Mortalité brute recensée pour l'avifaune durant le suivi sur l'ensemble du parc

Avec un cadavre d'oiseaux recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Broons est de 0,16 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à début novembre.

4.2.3.2 Mortalité estimée

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

Méthodes	Mortalité estimée				Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
	Globale	/éolienne	/sortie	/éolienne/sortie	
Erickson	3,46	0,58	0,11	0,0186	0,48 - 24,26
Jones	4,77	0,80	0,15	0,0256	0,66 - 33,35
Huso	4,23	0,71	0,14	0,0227	0,59 - 29,77
Moyenne	4,15	0,69	0,13	0,0223	

Tableau 18 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées

Les estimations varient de 3,46 à 4,23 oiseaux tués sur l'ensemble du parc durant la période de suivi.

La moyenne des estimations est de 4,15 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.

La mortalité estimée moyenne ($n = 4,15$) reste cohérente par rapport à la mortalité brute ($n = 1$).

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

4.2.3.3 Analyse par groupes taxonomiques

Le cadavre d'oiseau trouvé correspond à un apodiforme. Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par groupe taxonomique.

Les apodiformes font effectivement partie des groupes impactés en France et en Europe (cf. 6.2.1.2 : bilan national de la mortalité avifaune). Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Broons et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

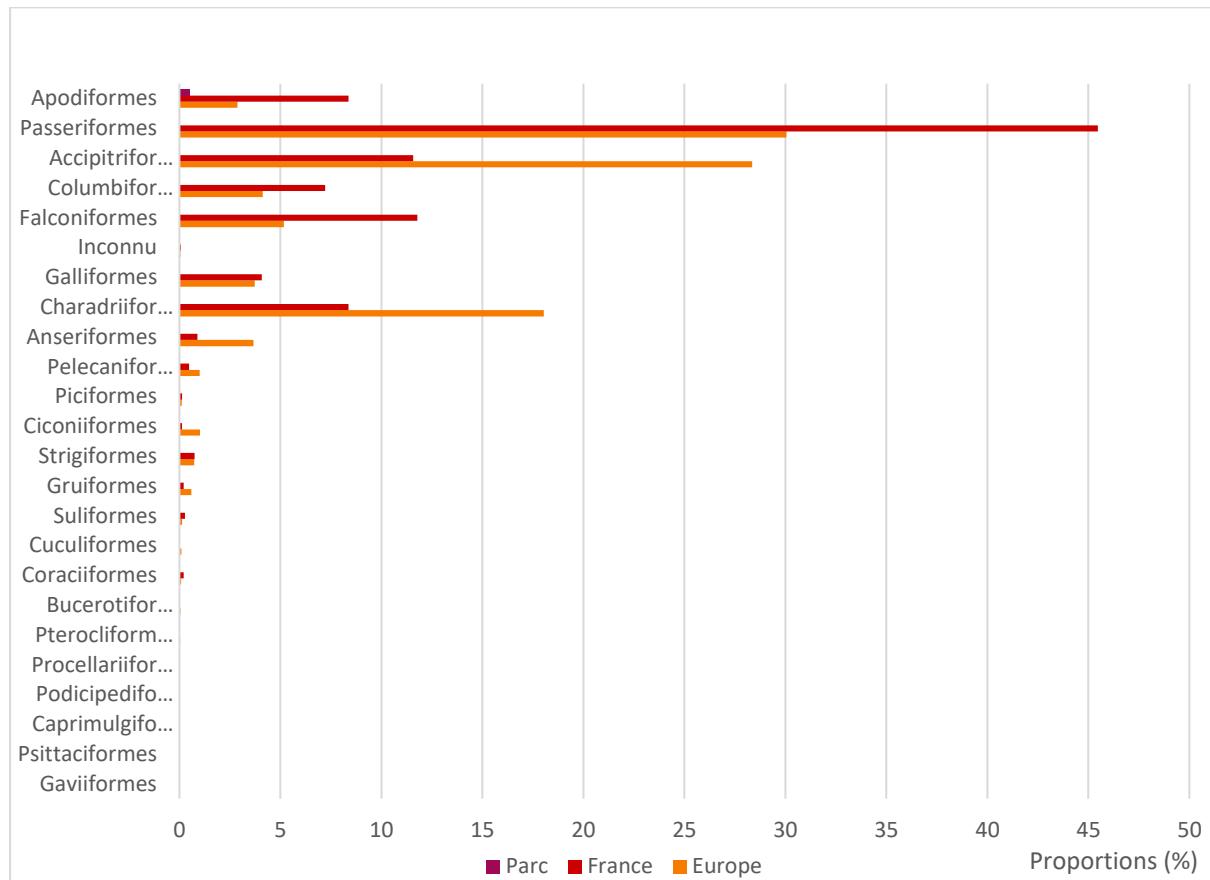


Figure 15 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes par ordre taxonomique, en France, en Europe et sur le parc de Broons

Sur le parc de Broons, avec un cadavre de Martinet noir retrouvé, le groupe des apodiformes est considéré comme étant le plus impacté par le parc.

4.2.4 Résultats saisonniers

4.2.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, l'unique cadavre d'oiseau a été retrouvé durant le mois de juin (figure suivante).

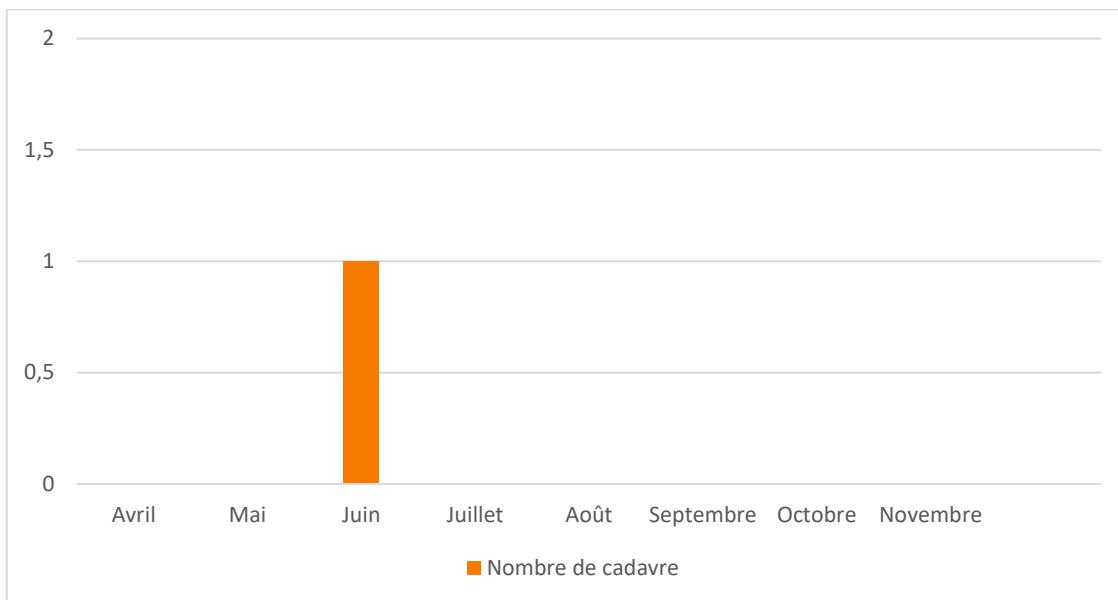


Figure 16 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

L'unique cadavre a été observé lors du mois de juin. Ce mois correspond à la période de reproduction pour cette espèce (Martinet noir). Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée durant la période de migration prénuptiale et postnuptial.

Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes.

4.2.4.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées en fonction des différentes périodes du cycle biologique des oiseaux. Ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflète pas nécessairement la phase biologique des individus concernés, étant donnée la variabilité phénologique des différentes espèces et inter-individuelle. Compte tenu des éventuelles différences du nombre de prospections par période, les résultats présentés sont proportionnés à la sortie. La précision des estimations est jugée insuffisante pour pouvoir interpréter les résultats (intervalles de confiance).

Méthodes	Mortalité estimée (individus / période)			
	Hivernage (décembre à février, 0 visites)	Migration prénuptiale (mars à avril, 4 visites)	Reproduction (mai à août, 18 visites)	Migration postnuptiale (septembre à novembre, 9 visites)
Erickson	0	0	5,53 (0,80– 40,28)	0
Huso	0	0	6,78 (0,99 – 49,14)	0
Jones	0	0	7,63 (1,10 – 55,30)	0
Moyenne	0,0	0,0	6,6	0,0

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 19 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

Avec une moyenne de 6,6 individus, la mortalité estimée durant la période de reproduction est la plus élevée (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été constaté durant les migrations prénuptiale et postnuptiale, les estimations sur ces périodes sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence de mortalité).

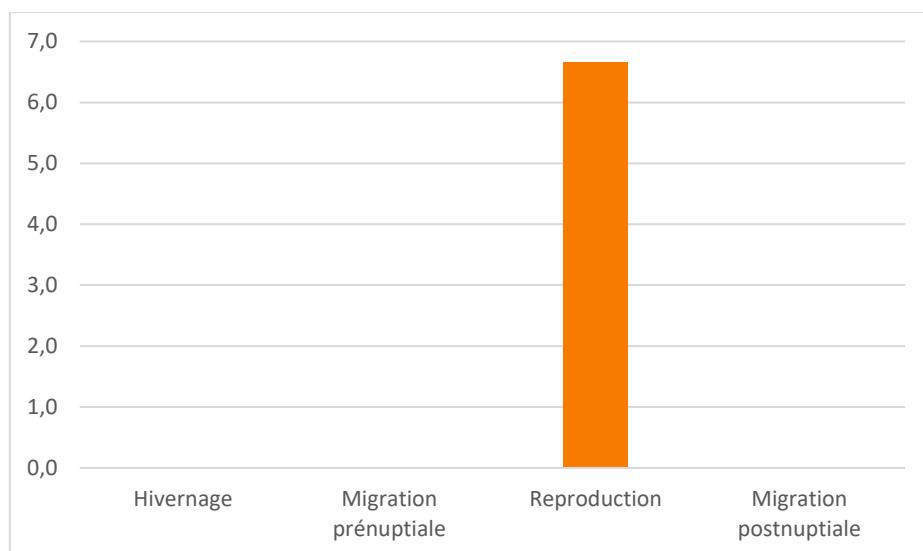


Figure 17 : Moyenne de la mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

La mortalité de l'avifaune sur le parc de Broons est concentrée sur la période de reproduction. Il est possible que les oiseaux reproducteurs soient effectivement les plus impactés, cependant, le faible nombre de données exploitées ne permet pas de conclure sur ce point.

4.2.4.3 Analyse taxonomique

Étant données les dates de découvertes et compte tenu de la phénologie des espèces :

- le Martinet noir était très probablement en phase de reproduction lors de leur collision,

4.2.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.2.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, un cadavre d'oiseau a été retrouvé sous l'éolienne E1 (carte suivante). Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédateur, il n'est pas impossible que d'autres éoliennes aient provoqué une mortalité non observée lors du suivi.



Carte 7 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne

4.2.5.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées par éolienne.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / éolienne)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Erickson	3,81 (0,53 - 27,53)	0	0	0	0	0
Huso	4,68 (0,66 - 33,59)	0	0	0	0	0
Jones	5,26 (0,73 - 37,93)	0	0	0	0	0
Moyenne	4,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 20 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

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

L'éolienne où la mortalité estimée est la plus élevée est la E1 avec plus de 4 individus / éolienne estimés sur la période suivie (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été constaté sous les éoliennes E2, E3, E4, E5 et E6, les estimations les concernant sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité).

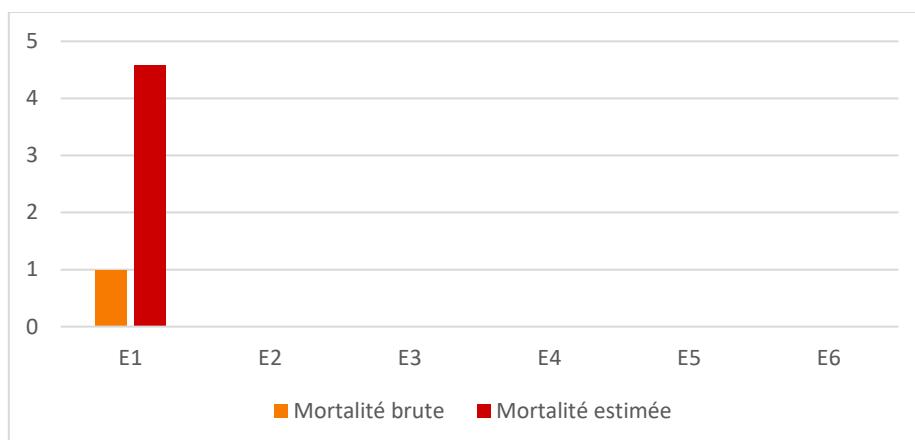


Figure 18 : Mortalités brute et estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

Selon les résultats, l'éolienne E1 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, avec un seul cadavre de retrouvé sous E1, il est difficile de conclure sur ce point.

4.2.5.3 Analyse taxonomique

Durant le suivi, un cadavre de Martinet noir a été retrouvé sous l'éolienne E1 (figure suivante).

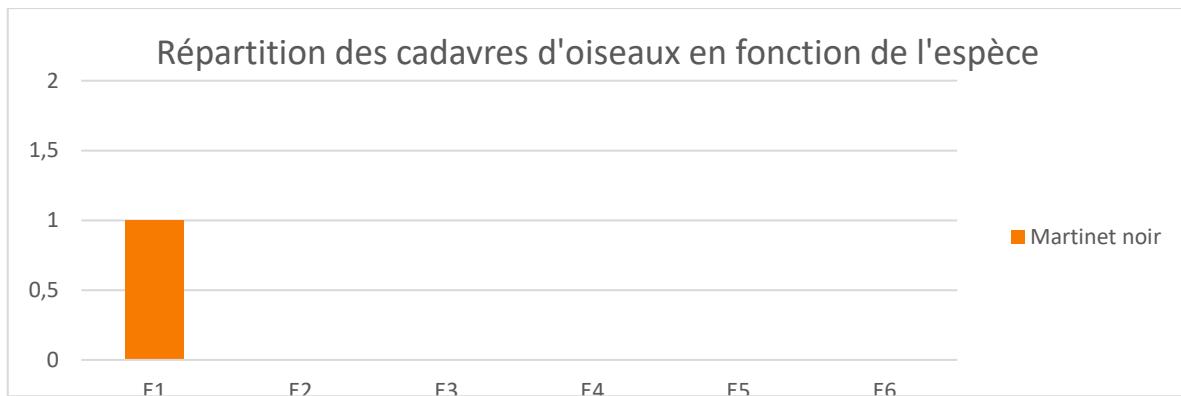


Figure 19 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne

D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E1 présente un risque plus accru pour le Martinet noir. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

4.2.5.4 Analyse phénologique

Durant le suivi, un cadavre de Martinet noir a été retrouvé sous l'éolienne E1 en période de reproduction.

D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E1 présente un risque plus accru pour les espèces durant la période de reproduction. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

4.2.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

4.2.6.1 Généralités

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des oiseaux avec les turbines. Ceux-ci peuvent être liés à :

- l'espèce (sensibilité),
- la période (comportements à risque, abondance des individus, etc.),
- la localisation du parc et son agencement (relief, présence d'un couloir de migration, présence de boisements, etc.),
- les conditions météorologiques (brouillard, vent, etc.).

L'origine d'une collision est le plus souvent liée à un recouplement de plusieurs de ces facteurs. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes principales de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

4.2.6.1.2 Identification des causes

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

Date	Espèce	Éolienne	Statut	Sexe	Âge	Blessure
16/06/2021	Martinet noir	E1	Reproduction	-	Adulte	Aile gauche

Tableau 21 : Précisions sur chaque individu découvert

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

4.2.6.1.3 Causes saisonnières

L'analyse effectuée par période révèle une mortalité plus forte (un cadavre de Martinet noir) lors de la période de reproduction. En outre, et étant donnée la phénologie de cette espèce, l'individu retrouvé durant cette période semblent effectivement avoir été tué lors de la période de reproduction. Néanmoins des individus précoces peuvent déjà entamer leur migration postnuptiale à cette période de l'année.

4.2.6.1.4 Causes spatiales

Un individu de Martinet noir a été retrouvé sous l'éolienne E1. Par ailleurs, au sein du parc, cette éolienne est présente au sein de cultures et d'une haie, ce qui peut expliquer cette mortalité. La présence d'une haie peut en effet favoriser la présence d'insecte dont le cette espèce se nourrit. Toutefois, la mortalité engendrée par cette turbine reste relativement faible.

4.2.6.1.5 Causes non définies

La cause de la collision du Martinet noir peut être liée à de nombreux facteurs environnementaux aléatoires, qui dans ce contexte, ne semblent pas s'inscrire dans un schéma récurrent.

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

- la période de reproduction et donc, potentiellement, une période risquée pour les Martinet noir sur ce parc, même si un seul individu a été retrouvé ;***
- l'emplacement de l'éolienne E1, dans une zone de culture et à proximité d'une haie, peut engendrer un risque sur l'avifaune. Toutefois, la mortalité estimée sous cette éolienne reste faible.***

4.2.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur l'avifaune

4.2.7.1 Patrimonialité, sensibilité et vulnérabilité des espèces

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

Ordre	Espèce	Statut de protection		Statut de protection national			Risque de collision		Effectifs
		Directive oiseaux	Oiseaux protégés (France)	Nicheur	Migrateur	Hivernant	Sensibilité	Vulnérabilité*	
Apodiformes	Martinet noir	-	Article 3	NT	-	DD	1	2	1
NT : Quasi-menacée / DD : Données insuffisantes * : éléments de patrimonialité. *(de la phase biologique concernée)									

Tableau 22 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées

Au regard des statuts de conservation correspondant à la phase du cycle biologique de l'individu découvert et de l'indice de sensibilité et de vulnérabilité au risque de collision, le Martinet noir est à considérer avec vigilance sur le parc de Broons :

Le Martinet noir (*Apus apus*) a été noté en juin au pied de l'éolienne E1. Ce dernier niche dans des cavités étroites situées sous les toitures ou dans les bâtiments. Les populations de Martinet noir semblent montrer une certaine stabilité des effectifs, et ce, aux niveaux européen et national. Le Martinet noir est classé « Quasi menacée » au niveau national.

Le Martinet noir présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction « Quasi-menacée ». Par ailleurs, le Martinet noir est sujet à une sensibilité (1) et une vulnérabilité (2) modérée face au risque de collision.

4.2.7.2 Incidences sur les populations des espèces concernées

Parmi les espèces portant des enjeux élevés, ciblées lors de l'étude d'impact de 2014 (Bruant jaune), aucun cas de mortalité n'a été avéré. On notera un cas de mortalité sur une espèce considérée comme enjeu faible au moment de l'étude d'impact, le Martinet noir.

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

Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Broons ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière. Toutefois, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur le Martinet noir durant les prochaines années de suivi.

4.2.8 Synthèse

- *Avec un cadavre d'oiseaux recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Broons est de 0,16 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à début novembre.*
- *La moyenne des estimations est de 4,15 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.*
- *La mortalité estimée sur le parc de Broons est qualifiée de faible.*
- *L'individu de Martinet noir retrouvé durant le suivi appartient à l'ordre des Apodiformes, soit un groupe assez régulièrement impacté par des cas de collision.*
- *La mortalité de l'avifaune sur le parc de Broons est concentrée sur la période de reproduction. Il est possible que les oiseaux reproducteurs soient effectivement les plus impactés, cependant, le faible nombre de données exploitées ne permet pas de conclure sur ce point.*
- *Selon les résultats, l'éolienne E1 pourrait être la plus mortifère. Toutefois, avec un seul cadavre de retrouvé sous E1, il est difficile de conclure sur ce point.*
- *Les causes principales de la mortalité sur le parc semblent être liées à :*
 - *la période de reproduction et donc, potentiellement, une période risquée pour les Martinet noir sur ce parc, même si un seul individu a été retrouvé ;*
 - *l'emplacement de l'éolienne E1, dans une zone de culture et à proximité d'une haie, peut engendrer un risque sur l'avifaune. Toutefois, la mortalité estimée sous cette éolienne reste faible.*
- *Le Martinet noir présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale en période de reproduction « Quasi-menacée ». Par ailleurs, le Martinet noir est sujet à une sensibilité (1) et une vulnérabilité (2) modérée face au risque de collision.*
- *Parmi les espèces à enjeu, ciblées lors de l'étude d'impact, aucun cas de mortalité n'a été avéré.*
- *Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés, le parc de Broons ne présente pas, à l'heure actuelle, d'impact significatif sur une espèce particulière. Toutefois, il sera nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur le Martinet noir durant les prochaines années de suivi.*

4.3 Mortalité des chiroptères

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

4.3.1.1 Les principaux facteurs de la mortalité des chiroptères

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

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

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

4.3.1.1.1 Mortalité indirecte

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

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

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

La majorité des auteurs s'accordent sur le fait que la **saisonnalité** joue un rôle prépondérant sur la mortalité des chiroptères par collision avec des aérogénérateurs : l'activité chiroptérologique et donc la mortalité sont les plus élevées en fin d'été-début d'automne (Arnett *et al.*, 2006 ; Dürr,

2002 ; Doty & Martin, 2012 ; Hull & Cawthen, 2013 ; Brinkmann *et al.*, 2006, 2011 ; Grodsky *et al.*, 2012 ; etc.).

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

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

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

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

4.3.1.1.3 Des comportements à risques de collision, facteurs de mortalité

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

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

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

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

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

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

4.3.1.1.4 Sensibilité et vulnérabilité des espèces

Il est possible de calculer un **indice de sensibilité** (SFEPM, 2012) des espèces de chiroptères par rapport au nombre de cas de mortalité connus pour une espèce en Europe (Dürr, 2020). Un niveau de sensibilité de 0 à 4 a ainsi été attribué à chaque espèce européenne. À la suite de cette analyse, quatre espèces ont été définies comme les plus sensibles (niveau 4). Il s'agit de la Noctule commune, de la Noctule de Leisler, de la Pipistrelle de Nathusius et de la Pipistrelle commune. Cinq autres espèces, telles que la Pipistrelle de Kuhl ou la Sérotine commune atteignent le niveau de sensibilité 3.

Un **indice de vulnérabilité** peut être calculé en fonction de la sensibilité au risque de collision et du statut IUCN national. Ceci est détaillé dans la figure suivante, issue du « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » de novembre 2015.

Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces

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

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

Figure 20 : « Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces » (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, novembre 2015)

4.3.1.2 Bilan national et européen de la mortalité des chiroptères

2 826 cas de collision avec les éoliennes ont été recensés en France au 23 novembre 2020 (Dürr, 2020). L'espèce la plus fortement impactée (environ 35 %) est de loin la Pipistrelle commune (cf. Annexe 4 et figure suivante). La Pipistrelle de Natusius, la Pipistrelle de Kuhl et les Pipistrelles indéterminées sont retrouvées dans de plus faibles proportions (environ 8 à 11 % pour chaque espèce). Enfin, dans des proportions encore plus faibles, la Pipistrelle pygmée (6 %), la Noctule de Leisler (5 %), la Noctule commune (4 %), le Vesper de Savi (2 %) et la Sérotine commune (1 %) sont identifiées. Il est précisé que 15 % des chiroptères retrouvées restent indéterminées.

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

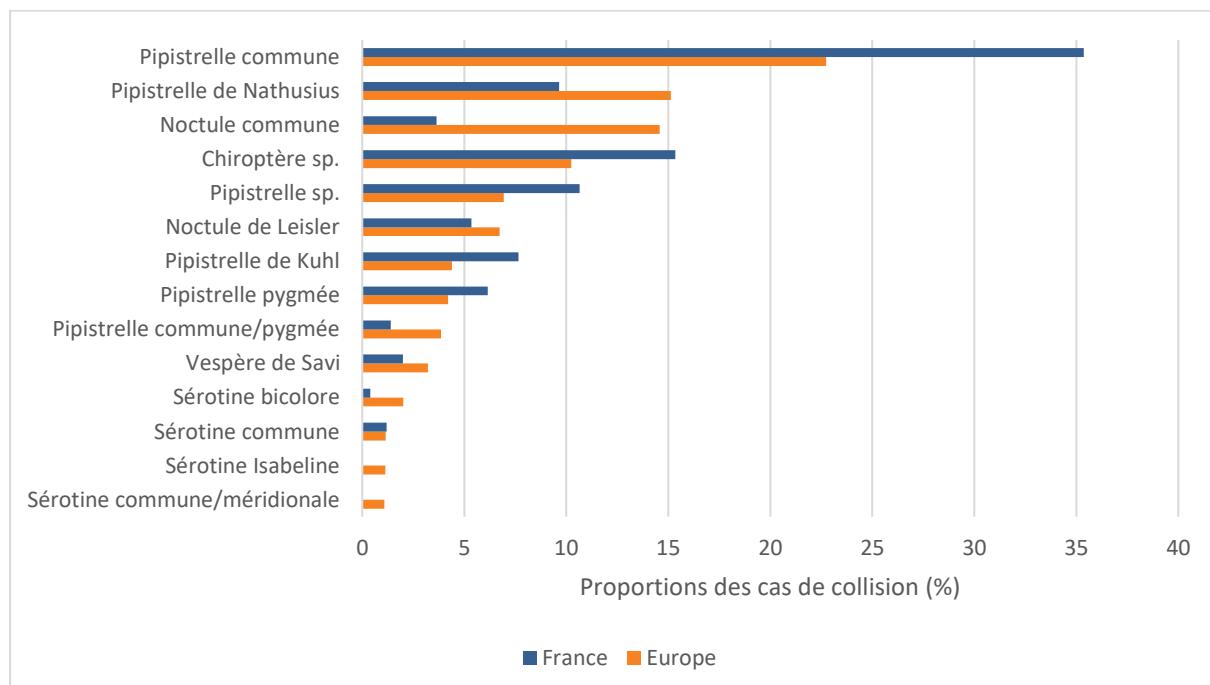


Figure 21 : Proportions des cas de collision avec les éoliennes en fonction des espèces, en France et en Europe (espèces représentant plus de 1% des cas de mortalité en Europe, d'après Dürr, 2020)

4.3.2 Bilan des connaissances de l'étude d'impact

L'étude d'impact, réalisée en 2013 - 2014 par le bureau d'étude AEPE Gingko, a révélé la présence de neuf dont cinq espèces à enjeu moyen et/ou fort et sensibles au risque de collisions dont il conviendra de surveiller l'apparition d'éventuels cas de mortalité (figure suivante) :

- la Pipistrelle de Kuhl,
- la Pipistrelle de Natusius,
- la Sérotine commune,
- la Pipistrelle commune,
- la Pipistrelle commune/Natusius

Nom français	Nom latin	note de risque	Enjeux
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	3	moyen
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	2,5	moyen
Pipistrelle de Natusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	3,5	fort
Barbastelle d'Europe	<i>Barbastella barbastellus</i>	1,5	faible
Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	1	faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	2,5	moyen
Oreillard sp.	<i>Plecotus sp.</i>	1,5	faible
Murin à oreilles échancrées/ Alcathoe	<i>Myotis emarginatus/Alcathoe</i>	1 ou 1,5	faible
Pipistrelle commune/Natusius	<i>Pipistrellus pipistrellus/nathusii</i>	3 ou 3,5	moyen ou fort
Murin sp.	<i>Myotis sp.</i>	de 1 à 2	faible

Tableau 34 : Le niveau de vulnérabilité des espèces de Chiroptères contactées sur le site du projet de parc éolien Biterne Sud

Figure 22 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2013 - 2014 (AEPE Gingko)

4.3.3 Résultats globaux du suivi des chiroptères en 2021

4.3.3.1 Mortalité brute

Sur le parc de Broons, sept cadavres de chiroptères ont été retrouvés (figure suivante). Cela représente une mortalité brute de 1,17 individu / éolienne durant la période de suivi s'étalant d'avril à début novembre, soit 31 prospections, à raison d'une prospection par semaine. Cette mortalité brute est ainsi équivalente à 0,037 individu / éolienne / sortie.

L'espèce la plus retrouvée est la Pipistrelle commune (trois cadavres). Par ailleurs, quatre autres individus ont été recensées dont un de Pipistrelle de Kuhl, un Chiroptère sp. Et une Pipistrelle sp..

Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Total
Vespertilionidée	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	3
	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	1

	Sérotine commune	Eptesicus serotinus	1
	Chiroptère sp.	-	1
	Pipistrelle sp.	-	1

Tableau 23 : Mortalité brute recensée pour les chiroptères durant le suivi sur l'ensemble du parc

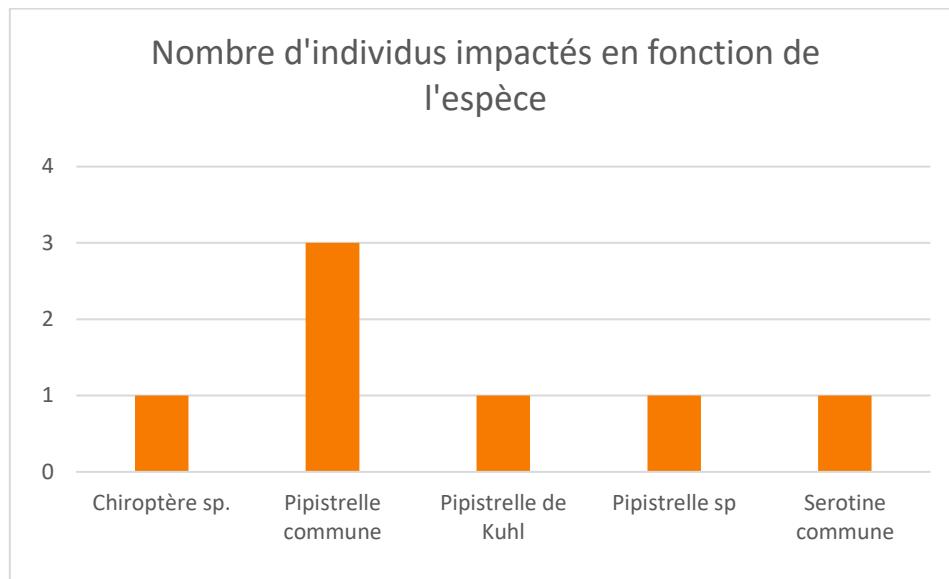


Figure 23 : Mortalité brute recensée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction des espèces

Avec sept cadavres de chiroptères recensés, la mortalité brute observée sur le parc de Broons est de 1,17 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à début novembre.

4.3.3.2 Mortalité estimée

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

Méthodes	Mortalité estimée				Intervalle de confiance à 95 % (mortalité globale)
	Globale	/éolienne	/sortie	/éolienne/sortie	
Erickson	23,74	3,96	0,77	0,1276	6,19 - 51,15
Jones	32,88	5,48	1,06	0,1768	8,67 - 70,10
Huso	29,14	4,86	0,94	0,1567	7,86 - 60,95
Moyenne	28,59	4,76	0,92	0,15	

Tableau 23 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées

Les estimations varient de 23,74 à 32,88 chiroptères tués sur l'ensemble du parc durant la période de suivi.

La moyenne des estimations est de 28,59 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.

La mortalité estimée moyenne ($n = 28,59$) est élevée en comparaison de la mortalité brute ($n = 7$).

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

Les paramètres correcteurs ont ici un impact fort. C'est notamment le cas pour les valeurs correctives liées à la persistance des cadavres, qui reflète une prédation relativement forte sur le parc de Broons. En outre, la correction surfacique est assez élevée étant donné le grand nombre de zones non prospectables autour des éoliennes, dû notamment à la présence des cultures. Ceci indique pourquoi la précision des estimations est si peu élevée.

4.3.3.3 Analyse taxonomique

Les sept cadavres de chiroptères trouvés correspondent à trois Pipistrelles communes, une Pipistrelle de Kuhl, une Sérotine commune, un Chiro sp. et une Pipistrelle sp.. Il convient de considérer que cette mortalité observée n'est pas nécessairement représentative de la mortalité réelle par espèce.

Les Pipistrelle font partie des espèces les plus impactées en France et en Europe (figure suivante). Le Sérotine commune fait quant à elle partie des espèces modérément impactées. Une comparaison entre ces résultats doit cependant être étudiée avec prudence étant donné le faible nombre de données issues du parc de Broons et donc de la faiblesse statistique qui en découle.

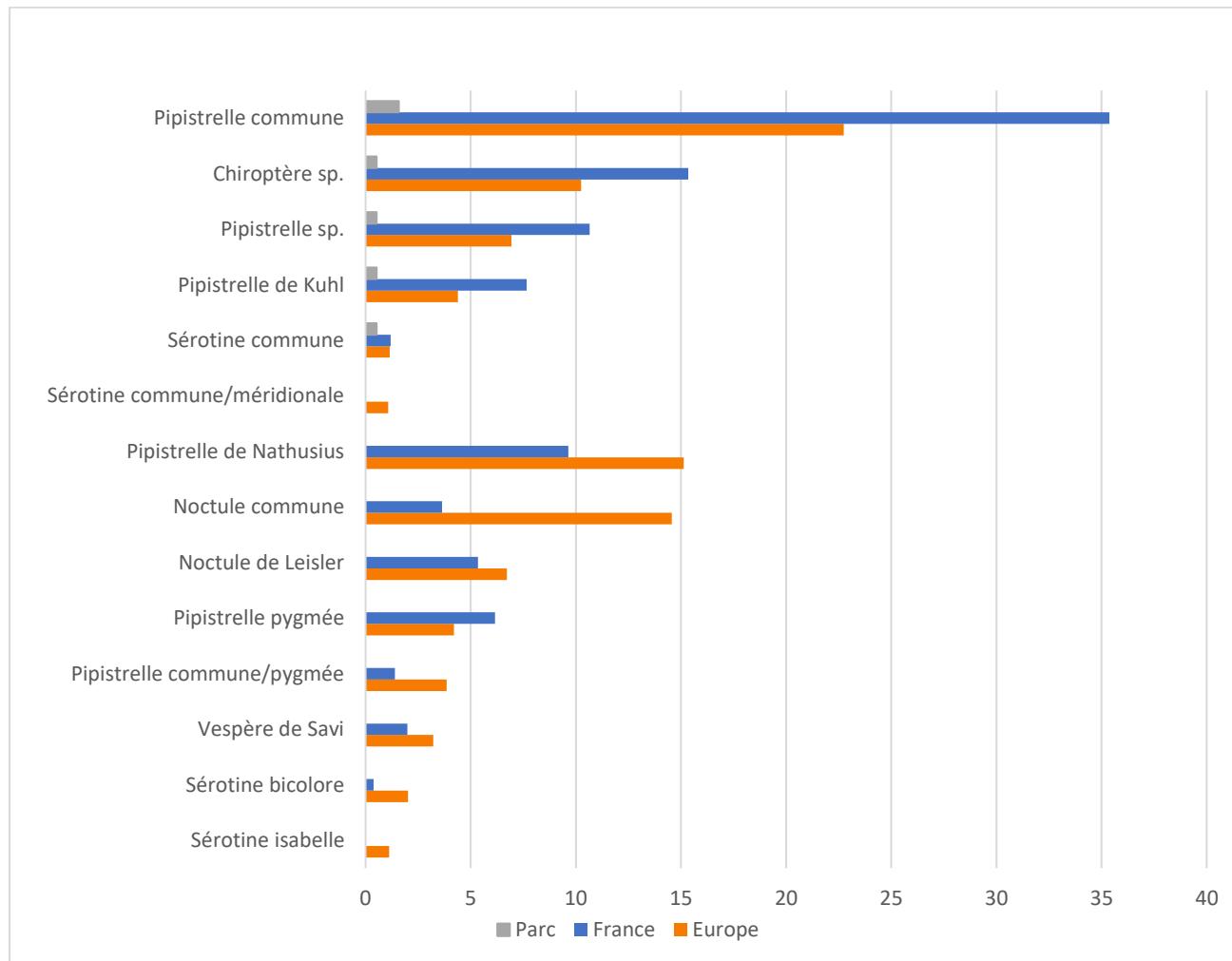


Figure 24 : Proportions (%) des cas de mortalité avec les éoliennes par espèce, en France, en Europe et sur le parc de Broons

Les Pipistrelles découvertes sur le parc de Broons sont des espèces fréquemment concernées par des cas de mortalité. Le cadavre de Chiro sp. et de Pipistrelle sp. font aussi partie des cas fréquent de mortalité sur les parcs. La Sérotine commune quant à elle fait partie des espèces moins fréquemment retrouvées.

4.3.4 Résultats saisonniers

4.3.4.1 Mortalité brute

Au cours de ce suivi, les cadavres de chiroptères ont été retrouvés durant les mois de juin, juillet, août et septembre (figure suivante).

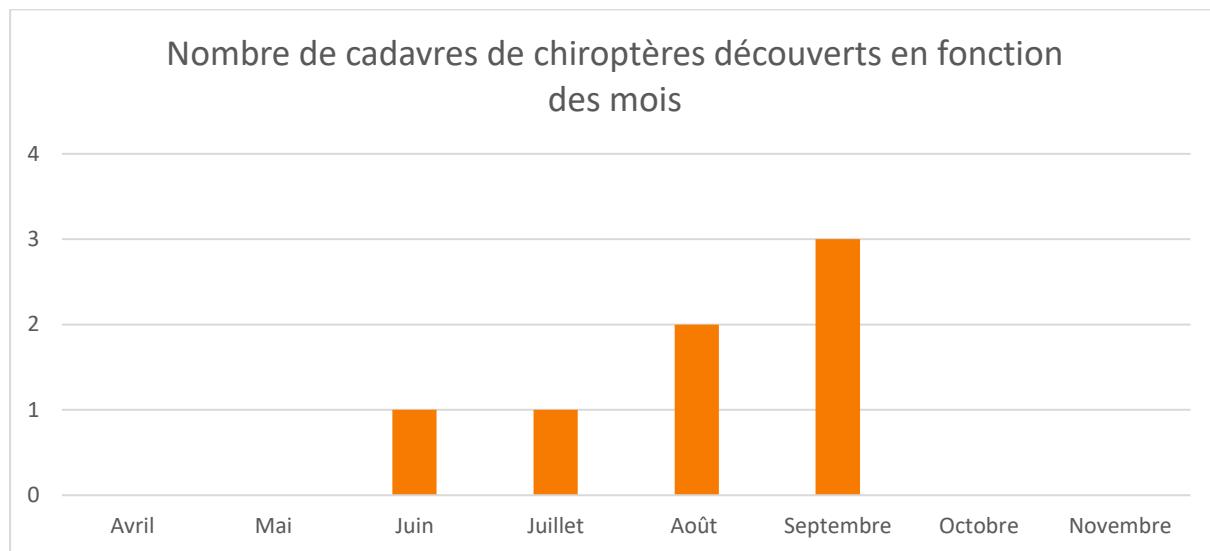


Figure 25 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi

La mortalité observée est la plus importante au mois de septembre, correspondant à la période de transit automnal et de swarming. Dans une moindre mesure, la période de mise-bas et d'élevage des jeunes est aussi concernée. Par ailleurs, une absence de mortalité est constatée durant la période de transit printanier.

La mortalité fluctue entre 1 et 3 individus sur les mois concernés. Le faible nombre de données ne peut pas permettre de dégager une tendance claire entre ces périodes. De plus, étant donnés les potentiels prélèvements de cadavres entre les prospections, il n'est pas impossible que d'autres périodes aient aussi été mortifères lors du suivi.

4.3.4.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées en fonction des différentes périodes du cycle biologique des chiroptères. Ces périodes sont données à titre indicatif mais ne reflète pas nécessairement la phase biologique des individus concernés, étant donnée la variabilité phénologique des différentes espèces et inter-individuelle. Compte tenu des éventuelles différences du nombre de prospections par période, les résultats présentés sont proportionnés à la sortie. La précision des estimations est jugée insuffisante pour pouvoir interpréter les résultats (intervalles de confiance).

Méthodes	Mortalité estimée (individus / période)		
	Transit printanier	Mise-bas	Transit automnal
	16 mars au 31 mai, 16 visites	1er juin au 15 août, 25 visites	16 août au 15 novembre, 26 visites
Erickson	0	6,93 (2,59 – 18,07)	20,86 (13,79 – 31,81)
Huso	0	8,48 (3,20 – 22,24)	25,58 (17,13 – 38,63)
Jones	0	9,55 (3,58 – 24,99)	28,77 (19,14 – 43,73)
Moyenne	0,0	8,3	25,1

Tableau 24 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

Avec une moyenne de 25,1 individus, la mortalité estimée durant la période de transit automnal est la plus élevée (figure suivante). La mortalité estimée est plus faible durant la période de mise-bas et élevage des jeunes avec une moyenne de 8,3 individus. Aucun cas de mortalité n'a été constaté durant les périodes de transit printanier et d'hibernation, les estimations sur ces périodes sont donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité).

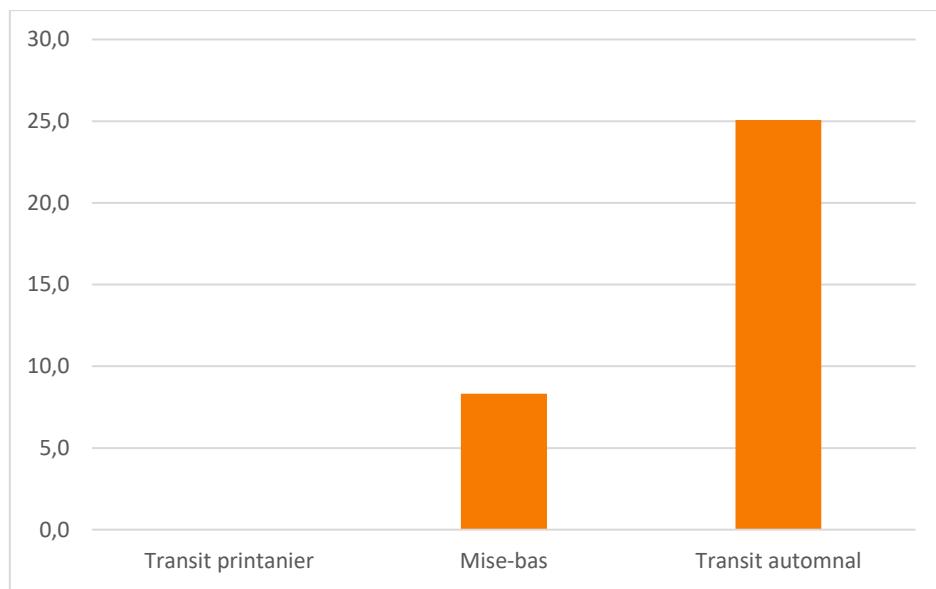


Figure 26 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc

La mortalité des chiroptères sur le parc de Broons semble principalement concentrée sur la période de transit automnal et à moindre mesure sur la période de mise-bas et élevage des jeunes.

4.3.4.3 Analyse taxonomique

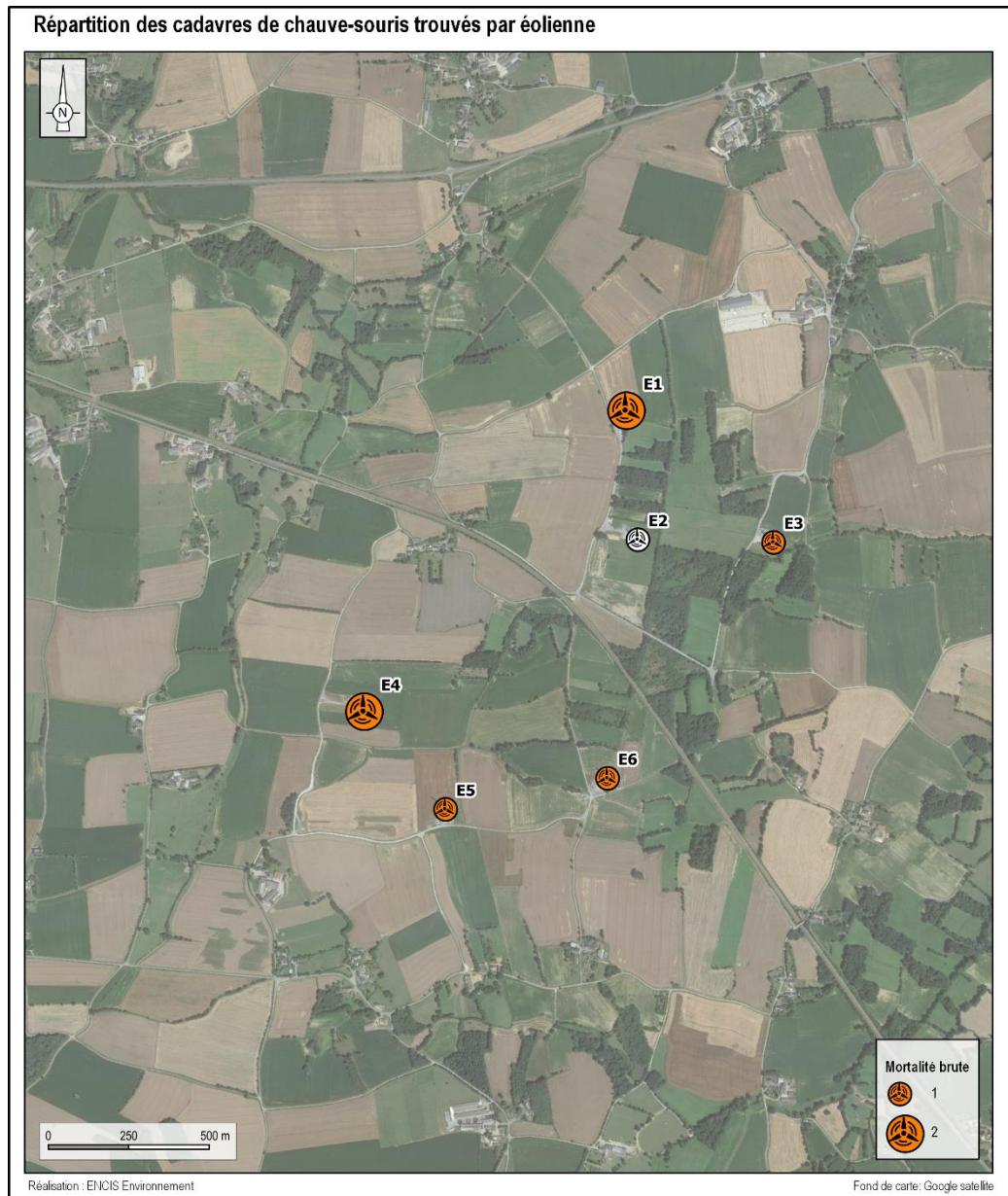
Étant données les dates de découvertes et compte tenu de la biologie des espèces :

- la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl étaient très probablement en phase d'élevage des jeunes lors de leur collision,
- les Pipistrelles communes, la Sérotine commune, la Pipistrelle sp. et le Chrio sp. étaient probablement en phase de swarming lors de leur collision.

4.3.5 Résultats spatialisés par éolienne

4.3.5.1 Mortalité brute

Durant ce suivi, les sept cadavres de chiroptères ont été retrouvés sous les éoliennes E1, E3, E4, E5 et E6 (carte suivante). Étant donnés les facteurs tels que, notamment, la prédateur, il n'est pas impossible que l'éolienne E2 ait également provoqué une mortalité non observée lors du suivi.



Carte 8 : Répartition des cadavres de chiroptères trouvés par éolienne

4.3.5.2 Mortalité estimée

Le tableau suivant présente les mortalités estimées par éolienne.

Méthodes	Mortalité estimée (individus / éolienne)					
	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Erickson	7,7 (2,86 - 20,99)	0	3,54 (0,51 - 26,05)	5,5 (2,03 - 14,72)	3,53 (0,49 - 24,71)	3,77 (0,53 - 27,37)
Huso	9,46 (3,53 - 25,53)	0	4,34 (0,63 - 31,65)	6,72 (2,50 - 18,1)	4,32 (0,6 - 30,43)	4,63 (0,65 - 33,55)
Jones	10,63 (3,97 - 28,76)	0	4,89 (0,70 - 35,80)	7,58 (2,82 - 20,27)	4,86 (0,68 - 34,16)	5,2 (0,73 - 37,78)
Moyenne	9,26	0,00	4,26	6,60	4,24	4,53

Entre parenthèses : intervalles de confiance à 95 %

Tableau 25 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

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

Les éoliennes où la mortalité estimée est la plus élevée sont la E1 avec 9,26 individus / éolienne et la E4 avec 6,6 individus / éolienne estimés sur la période suivie. Les éoliennes E3, E5 et E6 le sont également à moindre mesure avec environ 4,5 individus / éolienne (figure suivante). Aucun cas de mortalité n'a été constaté sous l'éolienne E2, l'estimation la concernant est donc nulles (cela n'est pas synonyme d'une absence totale de mortalité réelle).

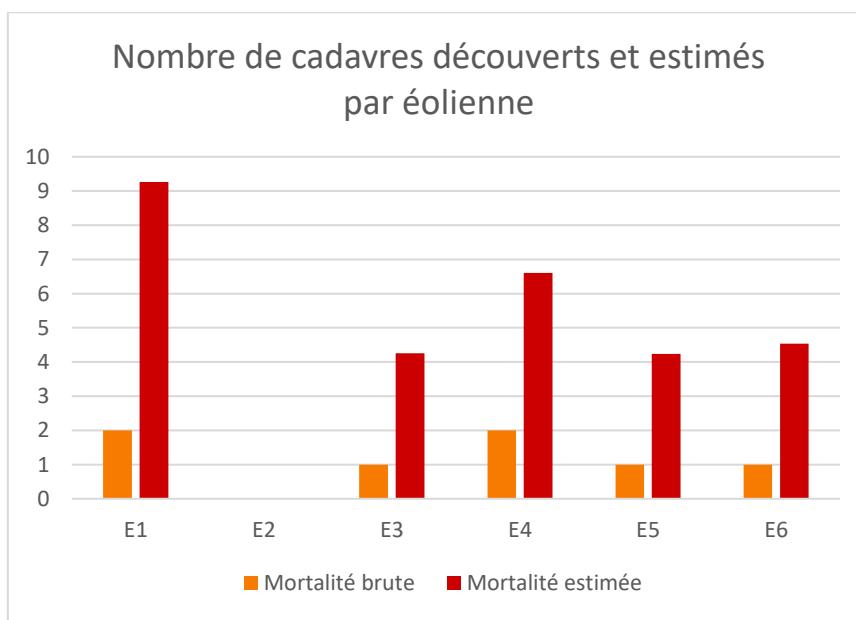


Figure 27 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi

D'après ces résultats, les éoliennes E1 et E4 pourraient être légèrement les plus mortifères. Les éoliennes E3, E5 et E6 sont, dans une moindre mesure, également

mortifère. Toutefois, les faibles différences entre ces données ne permettent pas de conclure sur ce point.

4.3.5.3 Analyse taxonomique

Durant le suivi, deux cadavres de Pipistrelles, commune et de Kuhl, ont été retrouvés sous l'éolienne E1 (figure suivante). Une Pipistrelle commune a également été retrouvée sous E3 et E5. Sour l'éolienne E4, une Pipistrelle sp. et une Sérotine commune ont été retrouvées. Un cadavre de Chiroptère sp. a été observé sous E6.

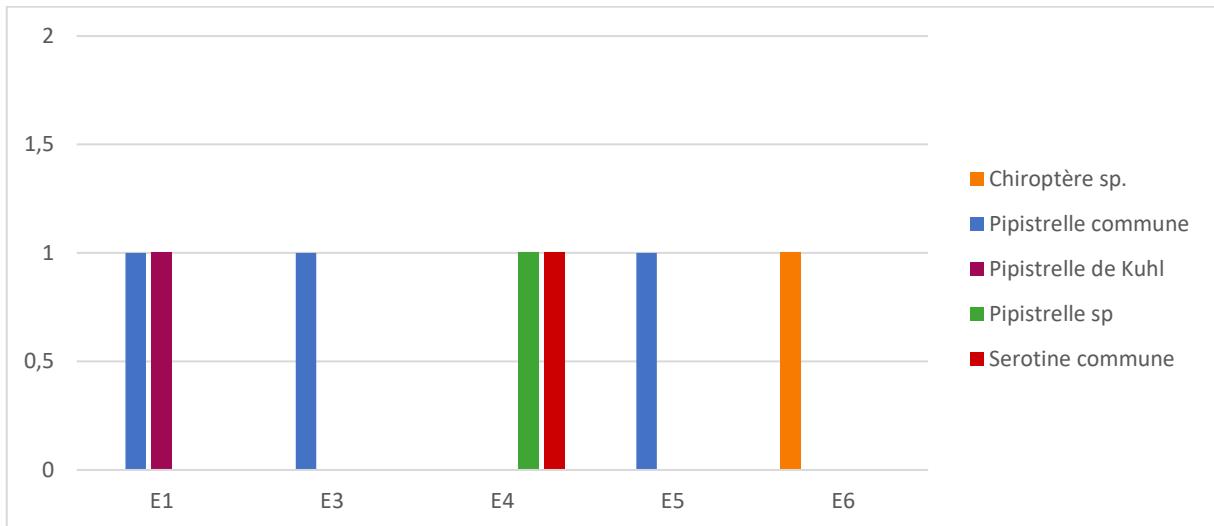


Figure 28 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne

D'après ces résultats, il est possible que les éoliennes E1 et E4 présentent un risque plus accru sur les pipistrelles. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.

4.3.5.4 Analyse phénologique

Durant le suivi, deux cadavres ont été retrouvés sous l'éolienne E1 durant la période de mise-bas et élevage des jeunes (figure suivante). Par ailleurs, cinq cadavres ont été découverts durant la période de transit automnal et swarming, sous les éoliennes E3, E4, E5 et E6.

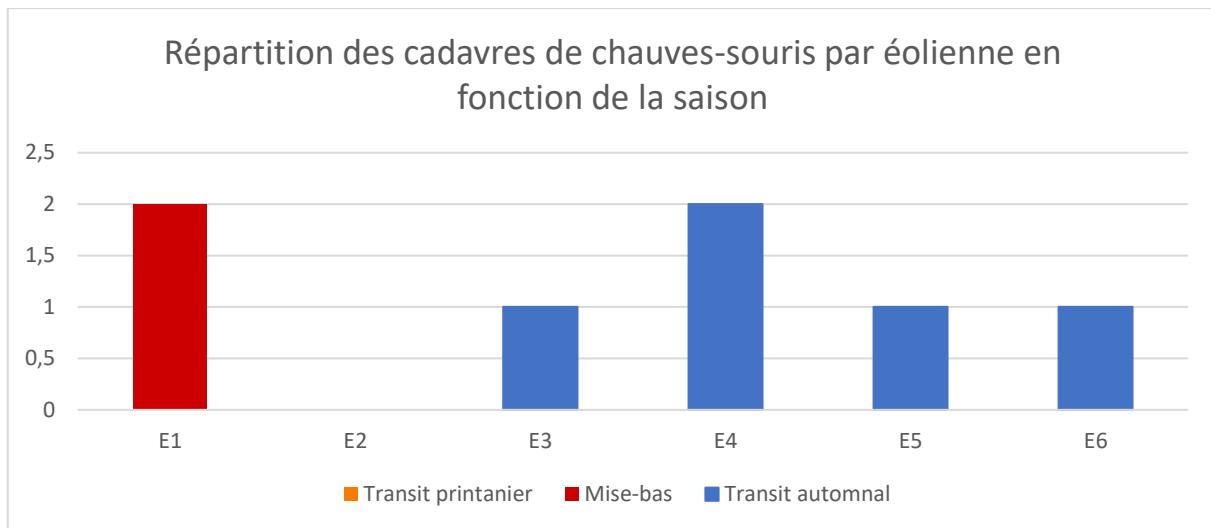


Figure 29 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne

D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E1 présente un risque plus accru pour les espèces durant la période de mise-bas et élevage des jeunes. Les autres éoliennes (sauf E2) présentent un risque plus accru lors de la période de transit automnal et swarming. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point. Par ailleurs, la période en question ne reflète pas nécessairement la phase biologique des individus concernés.

4.3.6 Identification des causes potentielles de la mortalité engendrée sur le parc éolien

4.3.6.1 Généralités

Il existe de nombreux facteurs pouvant engendrer ou accroître les risques de collision des chiroptères avec les turbines. Ceux-ci peuvent être liés à :

- l'espèce (sensibilité),
- la période (comportements à risque, abondance des individus, etc.),
- la localisation du parc et son agencement (présence de boisements, de haies, etc.),
- la météorologie (température, vent, etc.).

L'origine d'une collision est le plus souvent liée à un recouplement de plusieurs de ces facteurs. Il convient ainsi, lorsque cela est possible, de les identifier afin de déterminer les causes principales de la mortalité sur le parc éolien, et si cela est justifié, d'appliquer d'éventuelles mesures correctrices.

4.3.6.1.2 Identification des causes

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

Date	Espèce	Éolienne	Statut	Sexe	Âge	Blessure
16/06/2021	Pipistrelle commune	E1	Mise bas / Elevage des jeunes	F	Ad	Barotraumatisme et blessure externe
19/07/2021	Pipistrelle de Kuhl	E1	Mise bas / Elevage des jeunes	-	-	-
24/08/2021	Pipistrelle commune	E3	Transits automnaux / Swarming	F	Ad	Fracture épaule gauche
24/08/2021	Pipistrelle commune	E5	Transits automnaux / Swarming	-	-	Fracture avant-bras gauche
06/09/2021	Serotine commune	E4	Transits automnaux / Swarming	F	Juv	Œdème flanc gauche
14/09/2021	Chiroptère sp.	E6	Transits automnaux / Swarming	-	-	0
14/09/2021	Pipistrelle sp	E4	Transits automnaux / Swarming	M	Juv	0

Tableau 26 : Précisions sur chaque individu découvert

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

4.3.6.1.3 Causes saisonnières

L'analyse effectuée par période révèle une mortalité plus forte lors de la saison de transit automnal et de swarming. En outre, et étant donnée leur phénologie, les cinq individus retrouvés durant cette période semblent effectivement avoir été tués lors d'un contexte de rassemblements postnuptiaux (swarming). Compte tenu de ces éléments, le parc éolien de Broons pourrait effectivement représenter un risque pour les chiroptères en période de swarming. La mortalité sur cette période est considérée comme modérée à forte. On notera que le parc de Broons présente également un risque, plus faible, lors de la période de mise-bas et élevage des jeunes.

4.3.6.1.4 Causes spatiales

Des cadavres ont été retrouvées à proximité des éoliennes E1, E3, E5 et E6. Celle-ci sont situées à proximité d'une haie et/ou de petits boisements pouvant servir de corridor de

déplacement pour l'espèce et/ou de zone de chasse. Bien que l'éolienne E4 soit dans un contexte de grande culture, il est tout à fait possible que la haie située à quelques dizaines de mètres au nord puisse également avoir un effet attractif pour les chiroptères. La mortalité étant considérée comme modérée / forte, le parc présente un risque de mortalité accru autour des ces éoliennes.

4.3.6.1.5 Causes multifactorielles

La mortalité observée lors de la période de transit automnal et de swarming est liée en aux éoliennes E3, E4, E5 et E6. La présence de cadavre aux pieds de ces éoliennes pourrait indiquer des regroupements d'individus (swarming) à proximité du parc. L'éolienne E1 quant à elle, a été mortifère lors de la période de mise bas et élevage des jeunes. Il est tout à fait possible que des colonies de reproduction soient présentes à proximité du parc.

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

- la période de swarming et de transit automnal et, potentiellement, à l'emplacement du parc sur un secteur de swarming régulier pour les pipistrelles. Cela semble être notamment le cas toutes les éoliennes sauf E1 et E2, concernées par plusieurs cas de mortalité sur cette période. La mortalité estimée sous ces éoliennes est modérée à forte ;*
- l'emplacement des éoliennes, en bordure de haies et de boisements, pouvant engendrer un risque accru sur les chiroptères, les milieux boisés et les alignements arborés et arbustifs étant généralement riches et densement fréquentés par les chiroptères.*

4.3.7 Incidences spécifiques du parc éolien sur les chiroptères

4.3.7.1 Patrimonialité, sensibilité et vulnérabilité des espèces

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

Espèce	Statuts réglementaires		Statut de conservation national (UICN)	Sensibilité au risque de collision (0 à 4)	Vulnérabilité au risque de collision (0,5 à 4,5)	Effectifs
	Directive Habitat-Faune-Flore	Mammifères protégés France				
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	NT	4	3,5	3
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	Article 2	LC	3	2,5	1
Sérotine commune	Annexe IV	Article 2	NT	3	3	1

LC : Préoccupation mineure / NT : Quasi menacée
 : Éléments de patrimonialité

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

Au regard des statuts de conservation correspondant à la phase du cycle biologique des individus découverts et à la sensibilité et la vulnérabilité des espèces concernées face au risque de collision, deux espèces sont à considérer avec vigilance sur le parc de Broons : La Pipistrelle commune et la Sérotine commune.

La Pipistrelle commune, est l'espèce la plus rencontrée en France et il est certain que des colonies vivent à proximité du parc. Possédant la faculté de voler en hauteur tout comme en rase-motte, il n'est donc pas étonnant de retrouver plusieurs cadavres sous les éoliennes. Elle présente des caractéristiques de comportement à risque vis-à-vis des éoliennes par sa prépondérance à chasser les insectes là où ils pullulent, notamment près des mâts d'éoliennes qui, en état de marche, attirent les insectes par la chaleur dégagée. Néanmoins, les suivis Vigie-nature et les comptages des colonies sur le long terme montrent une tendance significative de déclin de l'espèce¹². Il semble donc qu'à terme, l'incidence des parcs éoliens sur la population locale de Pipistrelle commune devienne non-négligeable.

Concernant la Sérotine commune, les femelles vivent en grandes colonies et sont assez

¹² Arthur L. & Lemaire M. 2015. *Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg & Suisse*. Biotope Editions, Mèze, Publications scientifiques du Muséum, Paris.

sédentaires. Les mâles vivent en petits groupes et estivent à l'écart des colonies de femelles. L'individu retrouvé étant une femelle, cela peut indiquer la présence, d'une colonie à proximité du parc éolien.

La Pipistrelle commune présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT). Par ailleurs, la Pipistrelle commune est sujette à une sensibilité (4) et une vulnérabilité (3,5) élevées face au risque de collision.

La Sérotine commune présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT). De plus, la Sérotine commune est sujette à une sensibilité (3) et une vulnérabilité (3) élevées face au risque de collision.

4.3.7.2 Corrélation avec le suivi comportemental

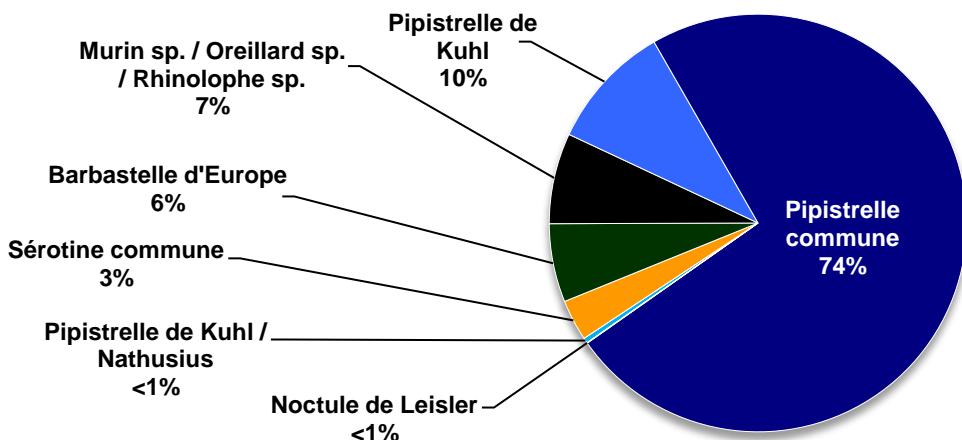


Figure 30 : Répartition de l'activité par espèce sur l'ensemble de la période d'étude

Il est intéressant de noter que l'activité chiroptérologique recensée sur le parc est essentiellement due à celle des Pipistrelles de commune (74 % des contacts). Les autres espèces contactées sont principalement la Pipistrelle de kuhl (10 % des contacts), les Murin sp./ Oreillard sp. / Rhinolophe sp. (7 %) et la Barbastelle d'Europe (6 %). Ces résultats confirment le panel d'espèces retrouvées sous les éoliennes du parc, à savoir des espèces comme la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Sérotine commune. Les proportions par espèces, de chauve-souris retrouvée morte sembleraient coïncider avec la répartition de l'activité par espèce.

On notera que les nuits présentant une forte activité coïncident globalement avec les périodes durant lesquelles une mortalité est apparue. D'ailleurs, cette activité concernant essentiellement la Pipistrelle de commune, et de fait il n'est pas illogique de retrouver plus de cadavre de Pipistrelle commune.

La mortalité chiroptérologique estimée sur le parc de Broons a été considérée comme forte, en comparaison d'autres parcs éoliens français. Les premières conclusions du suivi

comportemental à hauteur de nacelle montrent une activité chiroptérologique non-négligeable sur le site.

***Sur le site de Broons, l'activité chiroptérologique est jugée comme non-négligeable.
Elle est corrélée avec une mortalité estimée forte.***

4.3.7.3 Incidences sur les populations des espèces concernées

Parmi les espèces portant des enjeux modérés/elevés, ciblées lors de l'étude d'impact réalisée en 2013-2014 (Sérotine commune, Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl et Pipistrelle de Natusius), trois ont été recensées lors de ce suivi. Seule la Pipistrelle de Natusius n'a pas fait l'objet de cas de mortalité observé.

La Pipistrelle commune, classée « Quasi menacée » en période de reproduction à l'échelle nationale, et présentant des indices de sensibilité et de vulnérabilité élevés face au risque de collision, a fait l'objet de trois cas de mortalité recensé sur le parc de Broons en 2021. La récurrence de la mortalité observée chez cette espèce ($n=3$), l'impact du parc peut être qualifié comme faible à modéré. Il est ainsi nécessaire de surveiller si d'éventuels nouveaux cas surviennent, afin de pouvoir éventuellement en limiter les causes.

La Sérotine commune, classée « Quasi menacée » en période de reproduction à l'échelle nationale, et présentant des indices de sensibilité et de vulnérabilité élevés face au risque de collision, a fait l'objet d'un cas de mortalité recensé sur le parc de Broons en 2021. En tenant compte de ces paramètres, l'impact du parc peut être qualifié comme faible et non-significatif. Il conviendra tout de même de surveiller si d'éventuels nouveaux cas surviennent en quantité inquiétante.

Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact la Sérotine commune et la Pipistrelle commune ont été recensées durant de ce suivi. Un individu de Pipistrelle de Kuhl a aussi été découvert.

Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés ($n=7$), le parc de Broons peut être considéré comme ayant un d'impact significatif sur des populations d'espèces. Il est ainsi nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur la Pipistrelle commune et de la Sérotine commune durant les prochaines années de suivi. Des mesures de bridage pourront également être mises en place afin de limiter la mortalité sur le parc.

4.3.8 Synthèse

- *Avec sept cadavres de chiroptères recensés (Pipistrelle commune (n=3), Pipistrelle de Kuhl (n=1), Sérotine commune (n=1), Pipistrelle sp. (n=1) et Chiro sp. (n=1), la mortalité brute observée sur le parc de Broons est de 1,17 individu / éolienne sur la période de suivi s'étalant d'avril à début novembre.*
- *La moyenne des estimations est de 28,59 individus pour l'ensemble du parc sur la période de suivi.*
- *La mortalité estimée sur le parc de Broons est qualifiée de forte.*
- *Les Pipistrelles découvertes sur le parc de Broons sont des espèces fréquemment concernées par des cas de mortalité. Le cadavre de Chiro sp. et de Pipistrelle sp. font aussi partie des cas fréquent de mortalité sur les parcs. La Sérotine commune quant à elle fait partie des espèces moins fréquemment retrouvées.*
- *La mortalité des chiroptères sur le parc de Broons semble principalement concentrée sur la période de transit automnal et à moindre mesure sur la période de mise-bas et élevage des jeunes.*
- *La mortalité des chiroptères sur le parc de Broons semble principalement concentrée sur la période de transit automnal et à moindre mesure sur la période de mise-bas et élevage des jeunes.*
- *D'après ces résultats, les éoliennes E1 et E4 pourraient être légèrement les plus mortifères. Les éoliennes E3, E5 et E6 sont, dans une moindre mesure, également mortifère. Toutefois, les faibles différences entre ces données ne permettent pas de conclure sur ce point.*
- *D'après ces résultats, il est possible que les éoliennes E1 et E4 présentent un risque plus accru sur les pipistrelles. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point.*
- *D'après ces résultats, il est possible que l'éolienne E1 présente un risque plus accru pour les espèces durant la période de mise-bas et élevage des jeunes. Les autres éoliennes (sauf E2) présentent un risque plus accru lors de la période de transit automnal et swarming. Toutefois, d'avantage de données seraient nécessaires pour conclure avec certitude sur ce point. Par ailleurs, la période en question ne reflète pas nécessairement la phase biologique des individus concernés.*
- *Les causes principales de la mortalité sur le parc des Landes semblent liées à :*
 - *la période de swarming et de transit automnal et, potentiellement, à l'emplacement du parc sur un secteur de swarming régulier pour les pipistrelles. Cela semble être notamment le cas toutes les éoliennes sauf E1 et E2, concernées par plusieurs cas de mortalité sur cette période. La mortalité estimée sous ces éoliennes est modérée à forte ;*
 - *l'emplacement des éoliennes, en bordure de haies et de boisements, pouvant engendrer un risque accru sur les chiroptères, les milieux boisés et les alignements*

arborés et arbustifs étant généralement riches et densement fréquentés par les chiroptères.

• La Pipistrelle commune présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT). Par ailleurs, la Pipistrelle commune est sujette à une sensibilité (4) et une vulnérabilité (3,5) élevées face au risque de collision.

La Sérotine commune présente un état de conservation défavorable à l'échelle nationale (NT). De plus, la Sérotine commune est sujette à une sensibilité (3) et une vulnérabilité (3) élevées face au risque de collision.

• Parmi les espèces à enjeu et/ou sensibilité élevés, ciblées lors de l'étude d'impact la Sérotine commune et la Pipistrelle commune ont été recensées durant de ce suivi. Un individu de Pipistrelle de Kuhl a aussi été découvert.

• Compte tenu de la mortalité observée et des effectifs concernés (n=7), le parc de Broons peut être considéré comme ayant un d'impact significatif sur des populations d'espèces. Il est ainsi nécessaire de surveiller avec attention l'évolution des cas de mortalité sur la Pipistrelle commune et de la Sérotine commune durant les prochaines années de suivi.

• Une programmation préventive des éoliennes est aussi recommandée afin de limiter l'impact du parc sur les chiroptères, et notamment, sur les espèces à enjeux précédemment citées.

5 Mesures correctrices

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

Les résultats du suivi d'année 1 (2021) montrent une activité assez forte et de la mortalité chiroptérologique, ceci induisant la mise en place de mesure de réduction de cette dernière.

Mesure prise suite au suivi d'année 1 (2021) pour la seconde année (2022)

Programmation préventive des éoliennes en fonction de l'activité chiroptérologique

Cette mesure est détaillée ci-après :

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

Type de mesure : Mesure de réduction.

Impact brut : Risque de collision par les chiroptères.

Objectif : Diminuer la mortalité directe sur les chiroptères.

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

Paramètres utilisés pour la mesure correctrice

Période de l'année

Le premier critère d'arrêt est lié au cycle biologique des chiroptères. Ces derniers étant en phase d'hibernation entre la fin-novembre et la mi-mars (en fonction des conditions climatiques), un arrêt des éoliennes n'est pas jugé nécessaire durant cette période. Sur Broons, les premiers inventaires montrent une activité plus importante en automne (mois d'août et septembre particulièrement).

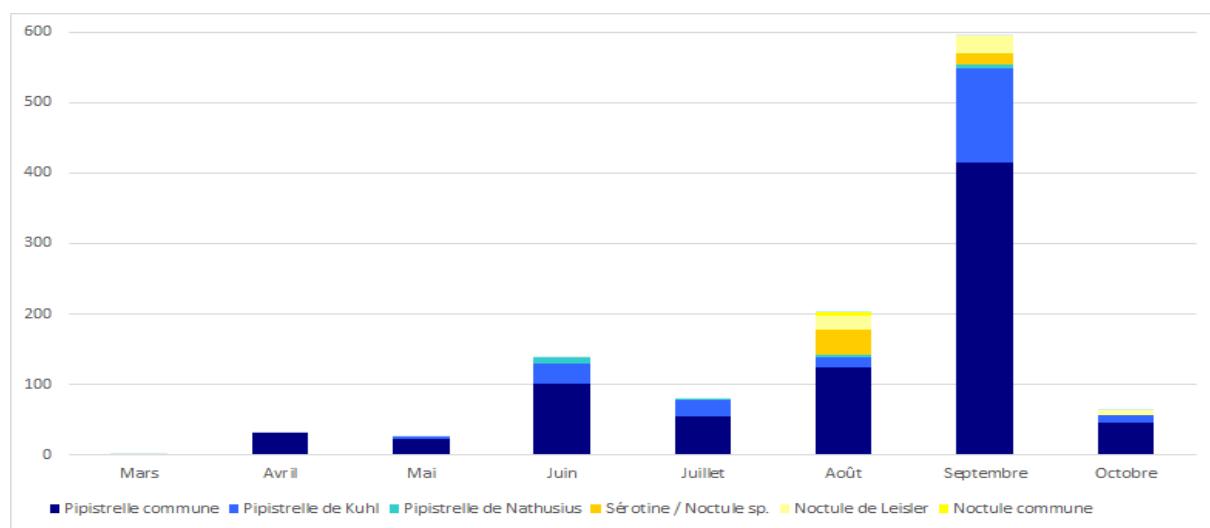


Figure 31: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement

Ainsi les seuils de déclenchement seront choisis en corrélation avec l'activité et seront plus forts sur les saisons où se concentre la majorité de l'activité.

Horaires

Pour la phase d'activité, le premier critère utilisé correspond à la tranche horaire journalière. L'activité des chiroptères étant nocturne, les arrêts se feront seulement à l'intérieur de la phase comprise entre le coucher et le lever du soleil. À l'intérieur de cette phase, les études et connaissances bibliographiques montrent que l'activité se concentre durant les premières heures de la nuit, mais peut persister également durant la nuit à certaines périodes. Les enregistrements sur le site montrent une activité plus forte en début de nuit mais qui peut rester assez régulière toute la nuit lors de certaines périodes, notamment en août et septembre.

Les périodes les plus sensibles sont situées durant la période automnale. Lors de cette période, les comportements lors des transits (vol d'altitude sur de longues distances) rendent les chauves-souris particulièrement vulnérables aux collisions. On note également qu'à ces périodes, un regain d'activité est identifié dans la première heure avant le lever du soleil (surtout en présence de Noctule Leisler).

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

Vitesses de vent

Les connaissances bibliographiques et les retours d'études montrent une corrélation entre l'activité chiroptérologique et la vitesse du vent. Plus le vent est fort, plus l'activité chiroptérologique est faible.

Lorsque l'on corrèle le nombre de contacts enregistrés en hauteur avec la vitesse de vent mesurée en nacelle, un maximum d'activité chiroptérologique pour des valeurs de vents comprises entre 1,5 et 4 m/s est identifié. Pour autant l'activité reste non négligeable au-delà de ce seuil et ce notamment en septembre, où des contacts sont enregistrés jusqu'à 12 m/s.

Les seuils choisis tiendront compte de la vitesse du vent enregistrée en fonction de l'activité par mois.

Température

En ce qui concerne la température, son effet sur l'activité chiroptérologique est moins évident. Nos retours d'expériences montrent en effet que la corrélation entre activité chiroptérologique et température peut varier grandement en fonction des conditions locales et des années, les animaux pouvant être actifs par temps frais si la nourriture vient à manquer par exemple.

Le paramètre température est important pour l'activité des chiroptères selon MARTIN & al. (2017). Les seuils définis dans le plan de programmation sont relativement conservateurs. MARTIN & al. (2017) préconisent notamment un seuil de 9,5 °C pour les saisons fraîches (début du printemps et automne).

Sur la période inventoriée, 100 % du nombre total de cris est obtenu pour des températures supérieures à 9 °C. Cette tendance peut s'expliquer par la rareté des proies lorsque les températures sont trop basses et par la saison inventoriée.

La mesure de programmation tient compte de la température pour des modalités de redémarrage des éoliennes, un seuil de 7 à 12 °C (en fonction du mois) est proposé conformément à la bibliographie et aux résultats sur le site.

Précipitations

Les précipitations limitent également fortement l'activité, notamment de chasse. L'arrêt de l'éolienne ne sera pas effectif en cas de pluie.

Présentation de la mesure pour toutes les éoliennes :

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

Les critères retenus sont présentés dans le tableau suivant. Notons que dans le tableau est affiché le pourcentage de l'activité chiroptérologique couvert par la mesure pour chaque mois d'inventaire et finalement pour l'ensemble de la période étudiée (23 mars au 4 novembre).

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

Périodes	Mois	Contacts par mois	Pourcentage d'activité des chiroptères couvert par les critères suivants	Modalités d'arrêt		Modalités de redémarrage
				Heures après le coucher du soleil	Vitesse du vent à hauteur de moyeu	
Cycle actif des chiroptères	Phase printanière	Mars	2	0,0%		
		Avril	32	96,9%	Les 4 h après le coucher du soleil	Vitesse de vent inférieur à 4,5 m/s
		Mai	31	77,4%	Les 4 h après le coucher du soleil	Vitesse de vent inférieur à 4,5 m/s
	Phase estivale	Juin	138	86,2%	Les 8 h après le coucher du soleil	Vitesse de vent inférieur à 5 m/s
		Juillet	79	86,1%	Les 8 h après le coucher du soleil	Vitesse de vent inférieur à 5 m/s
		Aout	202	94,6%	Toute la nuit	Vitesse de vent inférieur à 5 m/s
	Phase automnale	Septembre	595	88,7%	Toute la nuit	Vitesse de vent inférieur à 5 m/s
		Octobre	64	93,8%	Les 5 h après le coucher du soleil	Vitesse de vent inférieur à 5 m/s
		Novembre	0	0 %		
Total sur la période inventoriée (23 mars au 4 novembre).		1 143	89,3%			

Modalités de suivi de la mesure : Suivi de mortalité et de comportement acoustique en nacelle.

Responsable : Maître d'ouvrage / Écologue.

5.1.1.1.2 Mesures correctrices proposées pour réduire l'incidence avifaune

Le parc n'ayant pas d'incidence significative aux vues des résultats 2021, aucune mesure spécifique n'est proposée.

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Dispositif installé dans la nacelle d'éolienne (copyright : B.A.T.).....	22
Figure 2 : Indices de confiance établis par SonoChiro® et risques d'erreurs associés	23
Figure 3 : Schéma du parcours théorique au pied d'une éolienne.....	32
Figure 4 : Répartition de l'activité par espèce sur l'ensemble de la période d'étude	46
Figure 5 : Activité pondérée des chiroptères en fonction du type d'habitat et de la phase du cycle biologique	52
Figure 6 : Répartition des contacts par espèces ou groupes d'espèces sur l'ensemble de la période d'étude	56
Figure 7 : Répartition du nombre de contacts par jours durant l'ensemble de la période d'inventaire	58
Figure 8 : Répartition de l'activité chiroptérologique en fonction du cycle circadien.....	62
Figure 9 : Activité des chiroptères en fonction de la température	64
Figure 10 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent	66
Figure 11 : Activité des chiroptères en fonction de la vitesse du vent par mois	67
Figure 12 : Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015)	79
Figure 13 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes en fonction des ordres, en France et en Europe (d'après Dürr, 2020)	81
Figure 14 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2013-2014 (AEPE Gingko)	82
Figure 15 : Proportions (%) des cas de collision avec les éoliennes par ordre taxonomique, en France, en Europe et sur le parc de Broons.....	84
Figure 16 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	85
Figure 17 : Moyenne de la mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc.....	86
Figure 18 : Mortalités brute et estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	89
Figure 19 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne	90
Figure 20 : « Indice de vulnérabilité de l'état de conservation des espèces » (Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, novembre 2015)	99
Figure 21 : 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, 2020)	100
Figure 22 : Espèces à enjeu et sensibles au risque de collision, inventoriées durant l'étude d'impact réalisée en 2013 - 2014 (AEPE Gingko)	101
Figure 23 : Mortalité brute recensée durant le suivi sur l'ensemble du parc en fonction des espèces	102

Figure 24 : Proportions (%) des cas de mortalité avec les éoliennes par espèce, en France, en Europe et sur le parc de Broons.....	104
Figure 25 : Mortalité brute observée sur le parc en fonction de chaque mois suivi	105
Figure 26 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc.....	107
Figure 27 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	109
Figure 28 : Mortalité brute en fonction de chaque espèce, recensée par éolienne	110
Figure 29 : Périodes biologiques de découverte des individus, par éolienne	111
Figure 30 : Répartition de l'activité par espèce sur l'ensemble de la période d'étude	115
Figure 31: Répartition du nombre de contacts par mois complet d'enregistrement.....	121

Tableaux

Tableau 1 : Intensité d'émission, distances de détection et coefficient de détectabilité des chauves-souris	20
Tableau 2 : Pression d'inventaire du suivi des chiroptère en fonction de la vulnérabilité des espèces	22
Tableau 3 : Habitat et type de milieu inventorié	25
Tableau 4 : Paramètres des tests de d'efficacité effectués sur l'année de suivi	34
Tableau 5 : Postulats de chaque méthode d'estimation	38
Tableau 6 : Espèces de chiroptères inventoriées sur le site d'étude	45
Tableau 7 : Diversité spécifique et indice d'activité mesurés par point d'écoute ultrasonique	48
Tableau 8 : Activité moyenne lors des inventaires selon la phase biologique	51
Tableau 9 : Activité pondérée des chiroptères en fonction du type d'habitat et de la phase du cycle biologique	52
Tableau 10 : Répartition des contacts par type de comportement	53
Tableau 11 : Répartition du nombre de contacts par espèce et par éolienne	55
Tableau 12 : Répartition du nombre de contacts en fonction de la mensualité	60
Tableau 13 : Répartition du nombre de contacts au sol et en hauteur en fonction des phases biologiques	60
Tableau 14 : Activité des chiroptères en fonction du type d'habitat et de l'année	71
Tableau 15 : Résultats des tests d'efficacité	75
Tableau 16 : Synthèse des surfaces prospectées et des facteurs de correction surfacique associés	77
Tableau 17 : Cause de mortalité des oiseaux (Guide de l'étude d'impact des parcs éoliens 2010, d'après les données issues de la LPO, AMBE).....	78
Tableau 18 : Estimations de la mortalité de l'avifaune pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	83
Tableau 19 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc.....	86
Tableau 20 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	89
Tableau 21 : Précisions sur chaque individu découvert	91

Tableau 22 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	93
Tableau 23 : Estimations de la mortalité des chiroptères pour l'ensemble du parc sur la période de suivi selon les méthodes utilisées	103
Tableau 24 : Mortalité estimée par période sur l'ensemble du parc.....	106
Tableau 25 : Mortalité estimée par éolienne sur l'ensemble de la période de suivi	109
Tableau 26 : Précisions sur chaque individu découvert.....	112
Tableau 27 : Statuts des différentes espèces impactées et nombre de collision observées	114

Cartes

Carte 1 : Localisation du parc éolien de Broons.....	9
Carte 2 : Localisation du parc éolien de Broons sur photographie aérienne.....	10
Carte 3 : Répartition des points d'écoute pour l'inventaire des chiroptères	25
Carte 4 : Localisation du dispositif BATmode S2+	26
Carte 5 : Dates et conditions météorologiques des inventaires des chiroptères	27
Carte 6 : Répartition de l'activité et de la diversité chiroptérologiques sur le cycle biologique complet	50
Carte 7 : Répartition des cadavres d'oiseaux trouvés par éolienne	88
Carte 8 : Répartition des cadavres de chiroptères trouvés par éolienne	108

Annexes

Annexe 1 : Fiche de données remplie à chaque sortie mortalité

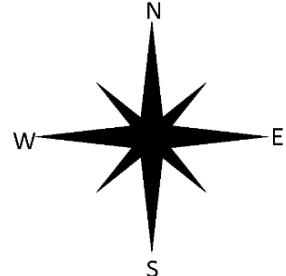
Type (O/C)	N°	Espèce	Sexe	Age	Point GPS X	Y	Etat sex	Mesure AB	Etat cadavre	Blessure	Codes photos	Végétation
Remarque :												
Remarque :												
Remarque :												
Notes météo jours précédents :												

Age : Adulte (Ad) ; immature (Im) ; juvénile (juv)

Etat sex : Post-lactante (PL = tétones visibles); Epididymes et/ou gonades gonflées (EG/GG); Non reproductrice (NR); Epididymes/gonades non gonflées (ENG/GNG)

Etat cadavre : Frais (F); Avancé (Av); Décomposé (Déc); Sec (S)

Annexe 2 : Fiche de saisie standardisée de la mortalité

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

Annexe 3 : Sorties mortalité réalisées en 2018

Chercheurs	Date	Heure début	Heure fin	Température	Temps	Vent	Eol. En marche (O/N)	Orientation éolienne
L VIBERT	15.04.2021	11:00	13:30	9,5°C	beau puis couvert	faible à modéré	O	NE
L VIBERT	21.04.2021	10:35	13:10	17,5°C	beau	faible	O (sauf E4 et E6)	E/NE
L VIBERT	27.04.2021	11:10	13:20	19°C	beau	modéré	O (sauf E6)	N
L VIBERT	04.05.2021	10:50	12:40	12°C	Nuages et pluie	20 km/h	O (sauf E4)	N
L VIBERT	11.05.2021	10:45	12:35	17,5°C	beau, qq nuages	26 km/h	O (E4, E5 et E6 au ralenti)	SSO
L VIBERT	18.05.2021	11:30	16:30	12°C	couvert, averses	15 km/h	O (E3 au ralenti)	SO
L VIBERT	26.05.2021	11:00	13:05	14°C	couvert	20 km/h	O (E4 au ralenti)	N
L VIBERT	31.05.2021	10:55	13:25	22°C	beau	15 km/h	O (sauf E4)	O
L VIBERT	07.06.2021	11:30	13:30	21°C	beau, quelques nuages	5 km/h	O (sauf E2, E4 et E5), E6 au ralenti	SSO
L VIBERT	16.06.2021	10:00	12:50	25°C	beau	0 km/h	O au ralenti (sauf E1 et E6)	SO
L VIBERT	22.06.2021	10:20	11:40	12°C	pluie	30 km/h	O	N
L VIBERT	29.06.2021	10:30	12:40	22°C	nuageux	10 km/h	O	NO
L VIBERT	06.07.2021	9:50	11:20	15°C	couvert	30 km/h	O	NE
L VIBERT	12.07.2021	10:15	11:45	19°C	nuageux	20 km/h	O (sauf E6)	EO
L VIBERT	19.07.2021	8:45	10:50	24°C	beau	12 km/h	O (sauf E5)	N puis E
L VIBERT	26.07.2021	8:45	10:20	20°C	couvert	10 km/h	O (sauf E6)	NO
L VIBERT	02.08.2021	8:40	10:00	17°C	couvert	5 km/h	O (ralenti)	NO
L VIBERT	09.08.2021	9:00	10:30	15 à 17°C	couvert	20 km/h	O	SO
L VIBERT	17.08.2021	8:50	10:00	13 à 15°C	pluie puis nuages	15 km/h	O	O
L VIBERT	24.08.2021	11:00	14:00	23°C	beau	30 km/h	O (sauf E6)	NE
L VIBERT	30.08.2021	08:50	10:40	18°C	couvert	25 km/h	O	N
L VIBERT	06.09.2021	09:00	11:15	19 à 23°C	beau	10 km/h	O	E
L VIBERT	14.09.2021	09:30	11:40	20°C	couvert	15 km/h	O	S
L VIBERT	23.09.2021	12:30	14:00	19 à 24°C	beau		O	NO
L VIBERT	29.09.2021	09:20	11:15	12 à 16°C	beau	20 km/h	O	O

L VIBERT	06.10.2021	09:25	11:00	12 à 15°C	beau	15 km/h	O	O
L VIBERT	13.10.2021	09:10	11:35	6 à 20°C	beau	5 km/h	O	NO
R FOUCRET	21.10.2021	09:10	11:35	8 à 21°C	beau	15 km/h	O	N
L VIBERT	27.10.2021	09:00	11:45	12°C	couvert	20 km/h	O	S
L VIBERT	04.11.2021	09:10	11:50	8°C	couvert, averses	20 km/h	O	N

Annexe 4 : Cas de collision avec des chiroptères recensés en France et en Europe au 23 novembre 2020 (d'après Dürr, 2020)

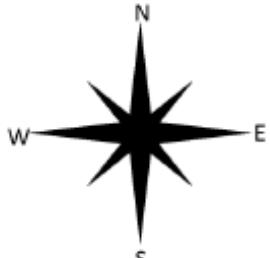
Espèces	France	Europe
Chiroptère sp.	439	1 096
Pipistrelle sp.	305	741
Pipistrelle de Nathusius	276	1 617
Pipistrelle de Kuhl	219	469
Pipistrelle pygmée	176	449
Noctule de Leisler	153	719
Noctule commune	104	1 558
Vespère de Savi	57	344
Pipistrelle commune/pygmée	40	412
Sérotine commune	34	123
Pipistrelle commune	1 012	2 431
Sérotine bicolore	11	215
Grande Noctule	10	41
Minioptère de Schreiber	7	13
Barbastelle d'Europe	4	6
Grand Murin	3	7
Murin à oreilles échancrées	3	5
Molosse de Cestoni	2	84
Noctule sp.	1	22
Petit Murin	1	7
Murin de Daubenton	1	11
Murin de Bechstein	1	1
Murin à moustaches	1	5
Murin sp.	1	10
Sérotine Isabelle	0	120
Sérotine commune/méridionale	0	115
Sérotine de Nilsson	0	45
Murin des marais	0	3
Murin de Natterer	0	3
Murin de Brandt	0	2
Oreillard gris	0	9
Oreillard roux	0	8
Grand Rhinolophe	0	1
Rhinolophe de Mehely	0	1
Rhinolophe sp.	0	1

Annexe 5 : Cas de collision avec l'avifaune recensés en France et en Europe au 23 novembre 2020 (d'après Dürr, 2020)

Ordre	France	Europe
Passeriformes	668	4 722
Falconiformes	173	813
Accipitriformes	170	4 455
Apodiformes	123	452
Charadriiformes	123	2835
Columbiformes	106	648
Galliformes	60	586
Anseriformes	13	575
Strigiformes	11	114
Pelecaniformes	7	158
Suliformes	4	21
Coraciiformes	3	14
Gruiformes	3	93
Piciformes	2	19
Ciconiiformes	2	161
Inconnu	1	7
Gaviiformes	0	1
Psittaciformes	0	1
Caprimulgiformes	0	2
Podicipediformes	0	3
Procellariiformes	0	3
Pterocliformes	0	6
Bucerotiformes	0	9
Cuculiformes	0	16

Annexe 6 : Fiches de saisie standardisées de la mortalité du parc éolien de BROONS

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BROONS			
Point n° 7	Date : 14 septembre 2021	Heure : 10:00	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 314256,4113 Longitude : 6815227,543 Numéro de l'éolienne la plus proche : E6 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 24 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : champ, terre nue			
N° de photos : 20210914_E6_chiro_sp			
Description et identification : Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) : Chiroptère sp.			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre : <input type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input checked="" type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...): collision ou barotraumatisme			
COMMENTAIRES : État ne permettant pas les mesures pour l'identification			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE OISEAUX			
Nom du parc éolien : BROONS			
Point n° 1	Date : 16 juin 2021	Heure : 11:20	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 6816376,044 Longitude : 314276,4933 Numéro de l'éolienne la plus proche : E1 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 6.5 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : O Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : interrang maïs, terre nue			
 N° de photos :			
Description et identification : Taille de l'oiseau (ailes déployées) :			
Particularités (couleur, forme quelconque) :			
Identification (famille, espèce si possible) : Marinet noir (<i>Apus apus</i>)			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment			
Etat 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			
COMMENTAIRES : Blessure aile gauche démise			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BROONS			
Point n° 4	Date : 24 août 2021	Heure : 11:00	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 6815956,0722 Longitude : 314743,5472 Numéro de l'éolienne la plus proche : E3 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 3 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : S Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme			
N° de photos :			
Description et identification : Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input checked="" type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...): collision			
COMMENTAIRES : fracture épaule gauche			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BROONS			
Point n° 5	Date : 24 août 2021	Heure : 13:30	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 6815106,0810 Longitude : 313719,1228 Numéro de l'éolienne la plus proche : E5 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 22 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : S Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme			
N° de photos :			
Description et identification : Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : AB 30.6 mm D3 28.8 mm D5 39.0 mm Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input checked="" type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...): collision			
COMMENTAIRES : fracture AB gauche			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS				
Nom du parc éolien : BROONS				
Point n° 3	Date : 19 juillet 2021	Heure : 09:30	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT	
Localisation :				
Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte				
Latitude : 6816368,795				
Longitude : 314288,6847				
Numéro de l'éolienne la plus proche : E1				
Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 3.5 m				
Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E				
Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : Plateforme				
N° de photos :				
Description et identification :				
Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : AB 32.7 mm D3 57 mm D5 41.5 mm				
Particularités (couleur, forme quelconque) :				
Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)				
Etat de l'individu :				
<input type="checkbox"/> Vivant (blessé)		<input checked="" type="checkbox"/> Mort	<input type="checkbox"/> Fragment	
<input checked="" type="checkbox"/> Blessure apparente		<input type="checkbox"/> Sans blessure visible		
Etat du cadavre :				
<input checked="" type="checkbox"/> Frais		<input type="checkbox"/> Avancé	<input type="checkbox"/> Décomposé	<input type="checkbox"/> Sec
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) :				
Barotraumatisme possible				
COMMENTAIRES : pas de blessure apparente				

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS				
Nom du parc éolien : BROONS				
Point n° 8	Date : 14 septembre 2021	Heure : 11:15	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT	
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 313475,8421 Longitude : 6815435,1270 Numéro de l'éolienne la plus proche : E4 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 3.7 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme				
N° de photos : 8_20210914_E4_Pipistrelle				
Description et identification : AB 33.9 Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : D3 62 D5 47 Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle sp. (<i>Pipistrellus sp.</i>)				
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible				
Etat du cadavre : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec				
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...): barotraumatisme				
COMMENTAIRES :				

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BROONS			
Point n° 2	Date : 16 juin 2021	Heure : 11:30	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 6816368,465 Longitude : 314291,1889 Numéro de l'éolienne la plus proche : E1 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 6.5 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : E Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : interrang maïs, terre nue			
N° de photos :			
Description et identification : Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : AB 30.6 mm D3 28.8 mm			
Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) : Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input checked="" type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...): Barotraumatisme possible + collision			
COMMENTAIRES : un peu de sang au niveau des parties génitales + blessure sur flanc/dos droit			

FICHE DE TERRAIN STANDARDISEE – MORTALITE CHAUVES-SOURIS			
Nom du parc éolien : BROONS			
Point n° 6	Date : 06 septembre 2021	Heure : 11:10	Nom du découvreur : Laëtitia VIBERT
Localisation : Coordonnées GPS (en WGS 84) + indication sur carte Latitude : 313453,1069 Longitude : 6815440,0270 Numéro de l'éolienne la plus proche : E4 Distance au mât de l'éolienne la plus proche (en m) : 13 m Orientation par rapport à l'éolienne la plus proche : O Couverture végétale au niveau de la découverte (type, hauteur) : plateforme			
N° de photos : 20210906_1 à 20210906_10			
Description et identification : Taille de la chauve-souris (ailes déployées) : AB 51.7 mm D3 95.0 mm D5 69.0 mm Particularités (couleur, forme quelconque) : Identification (famille, espèce si possible) : Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)			
Etat de l'individu : <input type="checkbox"/> Vivant (blessé) <input checked="" type="checkbox"/> Mort <input type="checkbox"/> Fragment <input type="checkbox"/> Blessure apparente <input type="checkbox"/> Sans blessure visible			
Etat du cadavre : <input checked="" type="checkbox"/> Frais <input type="checkbox"/> Avancé <input type="checkbox"/> Décomposé <input type="checkbox"/> Sec			
Cause présumée de la mort (collision avec pale, barotraumatisme...) : collision ou barotraumatisme			
COMMENTAIRES : pas de blessure visible, mais œdème flanc gauche			

Bibliographie

Actes du séminaire citoyen Lucéole (2012). Coexistence Milan royal et parc éolien – pour une compréhension ouverte d'un problème complexe.

Albouy, S., Dubois, Y. & Picq, H. 2001. Suivi ornithologique des parcs éoliens du plateau de Garrigue-Haute (Aude). Rapport final, octobre 2001. ABIES/LPO Aude/ADEME, Gardouch – Gruissan. 56 p + annexes.

Alcalde, J.T. (2003): Impacto de los parques eólicos sobre las poblaciones de murciélagos. Barbastella 2: 3-6.

Ahlén, I. (1997): Migratory behaviour of bats at south Swedish coasts. Zeitschrift für Säugetierkunde 62: 375-380.

Ahlén, I. (2002): Fladdermöss och fåglar dödade av vindkraftverk. Fauna och Flora 97 (3): 14-22.

Alhen I Bach L. Baagoe H.J. & Pettersson J. 2007. Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. The Swedish Environmental Protection Agency, Report 5571.

Amorim F. Rebelo H. Rodrigues L. 2012. Factors influencing bat activity and mortality at a wind farm in the Mediterranean region. Acta Chiropterologica 14(2): 439-457.

André, Y. (2005): Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort, 21 pages.

Arnett, E.B., technical editor (2005): Relationships between Bats and Wind Turbines in Pennsylvania and West Virginia: an Assessment of Fatality Search Protocols, Pattern of Fatality, and Behavioral Interactions with Wind Turbines. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 187 pp.

Arnett E.B. Barclay R.M.R & Hein C.D. 2013a. Thresholds for bats killed by wind turbines. Frontiers in Ecology and the Environment 11: 171–171. doi:10.1890/15409295-11.4.171 & 2013a.

Arnett E.B. Huso M.M.P. Reynolds D.S. & Schirmacher M. 2007. Patterns of preconstruction bat activity at a proposed wind facility in northwest Massachusetts. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 35 p.

Arnett, E.B., M.M.P. Huso, J.P. Hayes & M. Schirmacher (2010): Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International, Austin, Texas, USA.

Arnett E.B. Huso M.M.P. Schirmacher M.& Hayes J.P. 2011. Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities. Front Ecol. Environ. 2011, 9(4): 209– 214.

Arnett, E.B., G.D. Johnson, W.P. Erickson & C.D. Hein (2013c): A synthesis of operational mitigation studies to reduce bat fatalities at wind energy facilities in North America. A report submitted to the National Renewable Energy Laboratory. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.

Arnett, E.B., C.D. Hein, M.R. Schirmacher, M.M.P. Huso & J.M. Szewczak (2013b): Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. PLoS ONE 8(6): e65794.

- Arnett E.B. Brown W.K. Erickson W.P. Fiedler J. Hamilton B.L. Henry T.H. Jain A. Johnson G.D. Kerns J. Koford R.R. Nicholson C.P. O'Connell T. Piorkowski M. & 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).
- 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. Herpéo. 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.
- Bastos, R., M. Santos & J.A. Cabral (2013): A new stochastic dynamic tool to improve the accuracy of mortality estimates for bats killed at wind farms. Ecological Indicators, 34: 428-440.
- Bauer K. 1960. Die Säugetiere des Neusiedlersee-Gebietes (Österreich), Bonn. Zool. Beitr. 11(2-4): 141-344.
- Behr, O. & O. von Helversen (2005): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen. Wirkungskontrolle zum Windpark "Roßkopf" (Freiburg i. Br.). - Unpubl. report: 37 pp + maps.
- Behr, O. & O. von Helversen (2006): Gutachten zur Beeinträchtigung im freien Luftraum jagender und ziehender Fledermäuse durch bestehende Windkraftanlagen – Wirkungskontrolle zum Windpark „Roßkopf“ (Freiburg i. Br.) im Jahre 2005. Unpubl. report for 2005 on behalf of Regiowind GmbH & Co. KG Freiburg, 32 pages + maps.
- Behr O. Brinkmann R. Niermann I. & Korner-Nievergelt F. 2011. Akustische Erfassung der Fledermausaktivität an Windenergieanlagen. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & M. Reich, (Hrsg.): Entwicklung
- Bernardino J., R. Bispo, H. Costa & M. Mascarenhas (2013): Estimating bird and bat fatalities at wind farms: a practical overview of estimators, their assumptions and limitations. New Zealand Journal of Zoology 40 (1): 63-74.
- Bernardino, J., R. Bispo, R. Rebelo, M. Mascarenhas & H. Costa (2011): Enhancing carcass removal trials at three wind energy facilities in Portugal. Wildl. Biol. Pract. 7(2): 1-14.
- Beucher, Y., V. Kelm, F. Albespy, M. Geyelin, L. Nazon & D. Pick (2013): Parc éolien de Castelnau-Pegayrols (12): Suivi pluriannuel des impacts sur les chauves-souris. Bilan des campagnes des 2ème, 3ème et 4ème années d'exploitation (2009-2001), 111 pages
- Bispo, R., G. Palminha, J. Bernardino, T. Marques, & D. Pestana (2010): A new statistical method and a web-based application for the evaluation of the scavenging removal correction factor. Proceedings of the VIII Wind Wildlife Research Meeting, Denver, USA.
- Brinkmann, R., H. Schauer-Weisshahn & F. Bontadina (2006): Survey of possible operational impacts on bats by wind facilities in Southern Germany. Final report submitted by the Administrative District of Freiburg, Department of Conservation and Landscape management and supported by the foundation Naturschutzfonds
- Brinkmann, R., O. Behr, I. Niermann & M. Reich (ed.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum 4, 457 pages
- Camina, A. (2012): Bat fatalities at wind farms in northern Spain – lessons to be learned. Acta Chiropterologica 14(1): 205-212
- Collins J. & Jones G. 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. Acta Chiropterol., 11(2): 343-350.

- Cornelis N, Strehler-Perrin C, Balsiger L et al. (2016). Evaluation 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. Gorrensen P.M. Hein C.D. Schirmacher M.R. Diehl R.H. Huso M.M. Hayman D.T.S. Fricker P.D. Bonaccorso F.J. Johnson D.H. Hesit. H. & Dalton D.C. 2014. Behavior of bats at wind turbines. PNAS. doi: 10.1073/pnas.1406672111
- De Lucas M et al., (2008). Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance.
- Dechmann, D.K.N., Wikelski, M., Ellis-Soto, D., Safi, K. & O'Mara, M.T. (2017) Determinants of spring migration departure decision in a bat. Biology letters, 13, 20170395.
- DGPR, DGALN, MTES, MNHN, LPO, SFEPM, SER, FEE. Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, révision 2018.
- Dietz C. Von Helversen O. & Nill D. 2009. L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : Biologie, caractéristiques, protection. Delachaux et Niestlé, Paris, France. 400 p.
- Drewitt AL et al. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. (p14).
- Dubourg-Savage M.-J., Bach L. & Rodriges 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 pages
- Dürr, T. (2001): Fledermäuse als Opfer von Windkraftanlagen. – Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg 10: 182.
- Dürr, T. 2007. Möglichkeiten zur Reduzierung von Fledermausverlusten an Windenergieanlagen in Brandenburg. Nyctalus (N.F.) 12 (2-3): 238-252
- Dürr, T. & L. Bach (2004): Fledermäuse als Schlagopfer von Windenergieanlagen - Stand der Erfahrungen mit Einblick in die bundesweite Fundkartei. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz Band 7: 253-264
- Ecosphère, (2016). Impact de l'activité éolienne sur les populations de chiroptères : enjeux et solutions » (Écosphère, 2016, complété en 2017).
- Ecosphere, Roue S, Thauront M, Jung, 2013. Suivis de mortalité : Protocoles, abaques, optimisation des fréquences de passage et collecte nationale de données.

- Endl, P., U. Engelhart, K. Seiche, S. Teufert & H. Trapp (2005): Untersuchungen zum Verhalten von Fledermäusen und Vögeln an ausgewählten Windkraftanlagen im Landkreis Bautzen, Kamenz, Löbau-Zittau, Niederschlesischer Oberlausitzkreis, Stadt Görlitz Freistaat Sachsen. Unpubl. report for Staatliches Umweltfachamt Bautzen: 135 pp.
- Erickson, W. P. et al. 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001 — December 2003. — Tech. Rep. peer-reviewed by and submitted to FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council, and the Stateline Technical Advisory Committee.
- Erickson et al. 2011. Avian and bat mortality associated with the Vansycle Wind Project, Umatilla County, Oregon: 1999 study year. WEST, Inc. for Umatilla County Department of Resource Services and Development, Pendleton, Oregon. 21 p.
- Erickson WP, Johnson GD, Strickland DM, Young DP Jr., Sernka KJ, Good RE (2001). Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States.
- Erickson WP, Johnson GD, Young DP Jr. (2005). A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions.
- Erkert H.G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms, p. 201-242. In: T.H. Kunz (Ed.), Ecology of bats. New York, Plenum Press, XVIII+425p.
- Fielding AH et al. (2006). Spatial association as an indicator of the potential for future interactions between wind energy developments and golden eagles *Aquila chrysaetos* in Scotland.
- Frick, W.F., Baerwald, E.F., Pollock, J.F., Barclay, R.M.R., Szymanski, J.A., Weller, T.J., Russell, A.L., Loeb, S.C., Medellin, R.A. & McGuire, L.P. (2017) Fatalities at wind turbines may threaten population viability of a migratory bat. *Biological Conservation*, 209, 172–177.
- Fure, A. (2006): Bats and lighting. *The London Naturalist* 85: 1-20.
- Garcia DA, Canavero G, Ardenghi F, Zambon M (2015). Analysis of wind farm effects on the surrounding environment : Assessing population trends of breeding passerines.
- Gelman, A. and Pardoe, I. 2006. Bayesian measures of explained variance and pooling in multilevel (hierarchical) models. — *Techno metrics* 48: 241–251.
- Georgiakakis, P. Kret E. Cárcamo B. Doutau B. Kafkaleto-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. Gandler, 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 Landesamtes für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein: 92 pp.
- Grünkorn T, von Rönn J, Blew J, Nehls G, Weitekamp S, Timmermann H, Reichenbach M, Coppack T (2016). Détermination des taux de collision des oiseaux (y compris rapaces) et principes fondamentaux pour prévoir et évaluer le risque de collision dans la conception des projets éoliens (projet de recherche PROGRESS). (p27).
- Hayes, M.A. (2013): Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities. BioScience 63(12): 975-979.
- Hayes, M. A., L. A. Hooton, K. L. Gilland, C. Grandgent, R. L. Smith, S. R. Lindsay, J. D. Collins, S. M. Schumacher, P. A. Rabie, J. C. Gruver, and J. Goodrich-Mahoney. (2019) A smart curtailment approach for reducing bat fatalities and curtailment time at wind energy facilities. Ecological Applications 00(00):e01881.
- Hedenström A. 2009. Optimal migration strategies in bats. Journal of Mammalogy, 90(6):1298–1309, 2009
- Heim, O., Schröder, A., Eccard, J., Jung, K. & Voigt, C.C. (2016) Seasonal activity patterns of European bats above intensively used farmland. Agriculture, Ecosystems and Environment, 233, 130–139.
- Hensen, von F. (2004): Gedanken und Arbeitshypothesen zur Fledermausverträglichkeit von Windenergieanlagen. Nyctalus (N.F.) 9 (5): 427-435.
- Hodos W (2003). Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. (p43).
- Horn J.W. Arnett E.B. & Kunz T.H. 2008. Behavioral responses of bats to operating wind turbines. The Journal of Wildlife Management 72(1): 123-132
- Holzhaider J. & Zahn A. 2001. Bats in the Bavarian Alps : species composition and utilization of higher altitudes in summer. Z. Säugetierk., 66(2) : 144-154.
- Hötker H, Thomsen KM, Jeromin H (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. (p65).
- Hull C.L. & Cawthen L. 2013. Bat fatalities at two wind farms in Tasmania, Australia: Bat characteristics, and spatial and temporal patterns. New Zealand Journal of Zoology 40(1): 5–15.
- Huso, M.M.P. (2010): An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics: doi: 10.1002/env.
- Huso, M. et al. 2012. Fatality estimator users guide. — US Geological Survey Data Series 729.
- Hutterer R. Ivanova T. Meyer-Cords C. & Rodrigues L. 2005. Bat migrations in Europe. A review of banding data and literature. Natursch. Biol. Vielf., 28 : 3-162 + app.
- Jain, A. et al. 2007. Annual report for the Maple Ridge wind power project: post-construction bird and bat fatality study 2006. Final report. — L. Curry & Kerlinger. Syracuse, NY, Curry & Kerlinger, LLC: 53.

- Johnson G.D. Erickson W.P. Strickland M.D. Shepherd M.F. & Shepherd D.A. 2003. Mortality of bats at a Large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. – Am. Midl. Nat.150: 332-342.
- Jones *et al.* (2009). Altamont Pass Wind Resource Area 48-Hour Search Interval Bird Fatality Study. (p22).
- Kaňuch P. and Krištín A. 2007. Factors influencing bat assemblages in forest parks. *Ekológia* (Bratislava)24:45-56.
- Kapfer G. & Aron S. 2007. Temporal variation in flight activity, foraging activity and social interactions by bats around a suburban pond. *Lutra*, 50(1) : 9-18.
- Kerns J. Erickson W.P. & Arnett E.B. 2005. Bat and bird fatality at wind energy facilities in Pennsylvania and West Virginia in Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines, Pour Bat and Wind Energy Cooperative. E.B Arnett, ed. pp. 24-95.
- Körner-Nievergelt, F., Brinkmann R., I. Niermann & O. Behr (2013): Estimating Bat and Bird Mortality Occurring at Wind Energy Turbines from Covariates and Carcass Searches Using Mixture Models. *PLoS ONE* 8 (7): e67997. doi: 10.1371/journal.pone.0067997
- Korner-Nievergelt, F., P. Korner-Nievergelt, O. Behr, I. Niermann, R. Brinkmann & B. Hellriegel (2011): A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildl. Biology* 17 (4): 350-363
- Kronwitter F. 1988. Population structure, habitat use and activity patterns of the Noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking. *Myotis*, 26: 23 -85.
- Krijgsveld KL et al. (2009). Collision risk of birds with modern large wind turbines. (p10).
- Krüger T, Garthe S (2001). Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and speed. (p14).
- Kunz, T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., R.W. Thresher & M.D. Tuttle (2007). Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs and hypotheses. *Frontiers in Ecology* 5: 315–324.
- Lagrange, H., E. Roussel, A.-L. Ughetto, F. Melki, G. Steinmetz & C. Kerbiriou (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. Kerbiriou (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, Zoogdiervereniging & Bureau Waardenburg.
- Long, C. V., J.A. Flint & P.A. Lepper (2011): Insect attraction to wind turbines: does colour play a role? European Journal of Wildlife Research 57 (2), 323-331.
- Loss SR, Will T, Marra PP (2013). Estimates of bird collision mortality at wind facilities in the contiguous United States. (p9).
- Madders M, Whitfield DP (2006). Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. (p14).
- Martin, C.M., Arnett, E.B., Stevens, R.D. & Wallace, M.C. (2017) Reducing bat fatalities at wind facilities while improving the economic efficiency of operational mitigation. Journal of Mammalogy, 98, 378–385.
- Marx G., (2017). Le parc éolien français et ses impacts sur l'avifaune. Etude des suivis de mortalité réalisés en France de 1997 à 2015. Juin 2017, actualisé en esptembre 2017, 92 p.
- McAney C.M. & Fairley J.S. 1990. Observations at summer roosts of the lesser horseshoe bat in co clare. Ir. Nat. J. 23(1).
- MRNF. 2008. Protocole de suivi des mortalités d'oiseaux de proie et de chiroptères dans le cadre de projets d'implantation d'éoliennes au Québec – 8 janvier 2008. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec. 18 pages.
- Natural England (2007): Disturbance and protected species: understanding and applying the law in England and Wales. Natural England, 24/8/07, 30 pages. Available: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140605090108/http://www.natualengland.org.uk/Images/esisgd_tcm6-3774.pdf
- Niermann, I., O. Behr & R. Brinkmann (2007): Methodische Hinweise und Empfehlungen zur Bestimmung von Fledermaus-Schlagopferzahlen an Windenergiestandorten. Nyctalus (N.F.) 12 (2-3): 152-162.
- Niermann I. Brinkmann R. Korner-Nievergelt F. Behr O. 2011. Systematische Schlagopfersuche - Methodische Rahmenbedingungen, statistische Analyseverfahren und Ergebnisse. In: Brinkmann, R., Behr, O., Niermann, I. & Reich, M. (ed.): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen. Umwelt und Raum 4: 40-115
- Norberg U.M. Rayner J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 316: 335-427.
- Parsons S. & Jones G. 2000. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. J. exp. Biol. 203: 2641±2656.
- Parsons, K.N., G. Jones, I. Davidson-Watts & F. Greenaway (2003): Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. Biol. Conservation 111 (1): 63-70.

- Péron, G., J.E. Hines, J.D. Nichols, W.L. Kendall, K.A. Peters & D.S. Mizrahi (2013) Estimation of bird and bat mortality at wind-power farms with superpopulation models. *Journal of Applied Ecology* 50(4): 902-911.
- Pollock, R. 2007. Recommended formulas for adjusting fatality rates. California guidelines for reducing impacts to birds and bats from wind energy development. Final commission report. C. E. C. a. C. D. o. F. a. Game. — California Energy Commission, Renewables Committee, and Energy Facilities Siting Divisions, and California Dept of Fish and Game, Resources Management and Policy Division, pp. 117-118.
- Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres, 2015.
- Rachwald A. 1992. Habitat preference and activity of the noctule bat *Nyctalus noctula* in the Białowieża Primeval Forest. *Acta Theriol.* 37, 413-422.
- Redell D. Arnett E.B. Hayes J.P. & Huso M. 2006. Patterns of pre-construction bat activity at a proposed wind facility in south-central Wisconsin. A final report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA. 52 p.
- Rico, P. & H. Lagrange (2011): Chirotech, Bilan des tests d'asservissement sur le parc du Ma de Leuze (commune de Saint-Martin-de-Crau, 13) 2011. Rapport Biotope, contrat n°8 pour l'ADEME, 51 pages.
- Rodrigues L. Bach L. Dubourg-Savage M.-J. Goodwin J. & Harbush C. 2008. Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens. EUROBATS Publication Series No. 3 (version française). PNUE/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany
- Rodrigues, L. Bach, M-J. Dubourg-Savage, B.Karapandza, D.Kovac, T.Kervyn, J.Dekker, A.Kepel, P.Bach, J.Collins, C.Harbusch,K.Park, B.Micevski, J.Minderman (2015) Lignes directrices pour la prise en compte des chauves-souris dans les projets éoliens – Actualisation 2015. EUROBATS Plublication Serie N° 6 (Version française). UNEP/EUROBATS Secrétariat, Bonn, Allemagne, 133p.
- Rollins, K.E., D. K. Meyerholz, G.D. Johnson, A.P. Capparella & S.S. Loew (2012): A Forensic Investigation Into the Etiology of Bat Mortality at a Wind Farm: Barotrauma or Traumatic Injury? *Veterinary Pathology* 49 (2): 362-371
- Russ J.M. 1999a. The bats of Britain and Ireland. Echolocation calls, sound analysis and species identi@cation. Newtown: Alana Books. 102
- Russ J.M. 1999b. The Microchiroptera of Northern Ireland: community composition, habitat associations and ultrasound. Unpbl. PhD thesis, The Queen's University of Belfast
- Rydell J. Bach L. Dubourg-Savage M-J. Green M. Rodrigues L. & Hedenström A. 2010a. Bat mortality at wind turbines in northwestern Europe. *Acta Chiropterologica* 12(2): 261-274
- Rydell J. Bach L. Dubourg-Savage M-J. Green M. Rodrigues L. & Hedenström A. 2010b. Mortality of bats at wind turbines links to nocturnal insect migration? *Eur. J. Wildl. Res.*, 56(6) : 823-827.
- Sané, F. (2012): Contrôle de l'impact post-implantation du parc éolien de Lou Paou sur les habitats, l'avifaune et les chiroptères : Bilan de 3 années de suivi (2008-2009-2010). ALEPE, unpublished report for EDF EN, 111 pages.

- Sattler T. & Bontadina F. 2005. Bases pour l'évaluation écologique de deux secteurs d'installations éoliennes en France sur la base de la diversité et l'activité des chauvessouris. – Compte-rendu succinct, SWILD, Zürich par ordre de Megawatt Eole, Stuttgart, 23p.
- Schaub, A., J. Ostwald & B.M. Siemers (2008): Foraging bats avoid noise. *The Journal of Experimental Biology* 211 : 3174-3180.
- Seiche K. Endl P. & Lein M. 2007. Fledermäuse und Windenergieanlagen in Sachsen – Ergebnisse einer landesweiten Studie. *Nyctalus (N.F.)* 12 (2-3): 170-181.
- Silva R. 2009. Effet des conditions météorologiques sur l'activité de chasse des Chiroptères. M.N.H.N., C.R.B.P.O., 36p.
- Smallwood, K. 2007. Estimating wind turbine – Caused bird mortality. — *Journal of wildlife management* 71(8) : 2781-2791.
- Stone, E.L., G. Jones & S. Harris (2009): Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19(13): 1123-1127. Doi:10.1016/j.cub.2009.05.058.
- Swift S.M. 1980. Activity patterns of pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology*, London, 190, 285-295.
- Therkildsen OR, Elmeros M (2015). First year post-construction monitoring of bats and birds at wind turbine test Centre Østerild. (p128).
- Thonnerieux Y - Natur'ailes (2005). Eoliennes et Oiseaux : quelles conséquences?. (p6).
- Voigt, Ch.C., A.G. Popa-Lisseanu, I. Niermann & S. Kramer-Schadt (2012): The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations. *Biological Conservation* 153: 80-86
- Warren-Hicks, W., J. Newman, R. Wolpert, B. Karas & L. Tran (2013): Improving methods for estimating fatality of birds and bats at wind energy facilities. *Public Interest Energy Research (PIER) Program. Final Project Report. California Energy Commission*. February 2013.
- Whitaker J.O.Jr. 1998. Life history and roost switching in six summer colonies of eastern pipistrelles in buildings. *Journal of Mammalogy* 79 (2): 651-659.
- Young Jr DP, Erickson WP, Strickland MD, Good RE, Sernka KJ (2003). Comparison of avian responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines. (p67).