



Parc éolien de Teillay, commune de Teillay (35)

VALOREM
avril 2020

**Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères**

Citation recommandée	Biotope, 2020. Parc éolien de Teillay, commune de Teillay (35), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. VALOREM. 75 p.	
Version/Indice	V2	
Date	7 avril 2020	
Nom de fichier	EOL_VALOREM_TEILLAY_Suivi2019_Morta_V2	
Référence dossier	2019278	
Maître d'ouvrage	VALOREM	
Interlocuteurs	Franck LATRAUBE	Contact : franck.latraube@valorem-energie.com Tél : 02 28 03 90 04 Tél : 06 46 25 64 43
Biotope, Rédaction de l'étude	Michaël GUILLOU	Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 06 29 83 22 43
Biotope, Contrôleur qualité	Florian LECORPS	Contact : flecorps@biotope.fr Tél : 06 78 87 22 94

Avant-propos

Le parc éolien de Teillay (Ille-et-Vilaine) a été mis en service en novembre 2018.

La société Teillay Energies a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2019, ainsi que pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 2019 par le bureau d'études BIOTOP. L'objectif de ce suivi est d'estimer les taux de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liés à l'exploitation du parc éolien de Teillay.

Au regard des éléments fournis (volet faune de l'étude d'impact) et des échanges réalisés pour la réalisation de l'offre commerciale, un protocole adapté, issu du document validé par le Ministère « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens », fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité, a été mis en œuvre.

Le protocole suivi dans le cadre de cette étude et le rapport qui en découle tiennent compte des évolutions du protocole national dont une révision est parue en mars 2018. Le nombre de sessions d'expertise réalisées dans le cadre de cette étude va au-delà des recommandations minimales établies par le protocole national.

Sommaire

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	8
1 Contexte – Présentation du parc et données historiques	9
1.1 Présentation du parc éolien	9
1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact	10
2 Méthodologie appliquée	12
2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	12
2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	14
2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité	20
2.4 Équipe de travail	27
2 Synthèse et analyse des résultats	28
1 Résultats du suivi de mortalité	29
1.1 Résultats bruts	29
1.2 Analyse des résultats	39
1.3 Synthèse du suivi de mortalité	46
2 Facteurs d'impact et mesures correctives	49
2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact	49
2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	51
3 Mesures correctives	58
3 Bibliographie	59
Annexes	62

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	20
Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (24 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).	23
Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	26
Tableau 4 : Équipe de travail	27

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	34
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Teillay	35
Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	36
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Teillay	38
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	39
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	40
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.	41
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	43
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi	44
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi	45
Tableau 15 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	49
Tableau 16 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	57
Tableau 17 : Résultats du suivi mortalité	63

Liste des illustrations

Figure 1 : Eolienne 1 le 11 juillet 2019 et Eolienne 2 le 16 mai 2019 (de gauche à droite)	9
Figure 2 : Eolienne 3 et 4 le 16 mai 2019 (de gauche à droite)	9
Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Teillay (de gauche à droite, E01, E02, E03 et E04)	10
Figure 4 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	12
Figure 5 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	13

Figure 6 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	23
Figure 7 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04 (de gauche à droite et de haut en bas) le 16 mai 2019 (premier passage en haut) et le 26 septembre 2019 (passage 20)	24
Figure 8 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	25
Figure 9 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	26
Figure 10 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Teillay	29
Figure 11 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Martinet noir, Alouette lulu, Roitelet à triple bandeau, Noctule commune, Pipistrelle commune et Pipistrelle commune © Biotope	30
Figure 12 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Teillay	31
Figure 13 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	31
Figure 14 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Teillay. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	32
Figure 15 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	33
Figure 16 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préddation	40
Figure 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2019 sur 161 jours	45
Figure 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2019 sur 161 jours	46
Figure 19 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Teillay	51
Figure 20 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité	52
Figure 21 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Teillay	53
Figure 22 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité	53
Figure 23 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées	

par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données)	54
Figure 27 : Actogramme du groupe des Sérotules sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données)	55
Figure 28 : Actogramme de la Sérotine commune sur la période du suivi de mortalité.	55
Figure 29 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité	55
Figure 30 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl sur la période du suivi de mortalité	56
Figure 31 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité	56

Tables des cartes

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres	63
---	----



1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte – Présentation du parc et données historiques

1.1 Présentation du parc éolien

Le parc éolien de Teillay se situe dans le département de l'Ille et Vilaine (35), en région Bretagne. Il est localisé à environ 35 km au sud-est du centre-ville de Rennes.

Le parc, mis en service en novembre 2018, comprend 4 éoliennes GAMESA G97/2000 de 2 MW de puissance unitaire et d'orientation ouest-est. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 83.5 m et disposent d'un rotor de 97 m de diamètre. Cela représente un bas de pôle à 35 m d'altitude.

Le parc de Teillay se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage avec un bocage dégradé. À noter la présence de prairies permanentes au niveau des éoliennes E3 et E4, et de quelques haies sur l'ensemble du parc.



Figure 1 : Eolienne 1 le 11 juillet 2019 et Eolienne 2 le 16 mai 2019 (de gauche à droite)



Figure 2 : Eolienne 3 et 4 le 16 mai 2019 (de gauche à droite)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

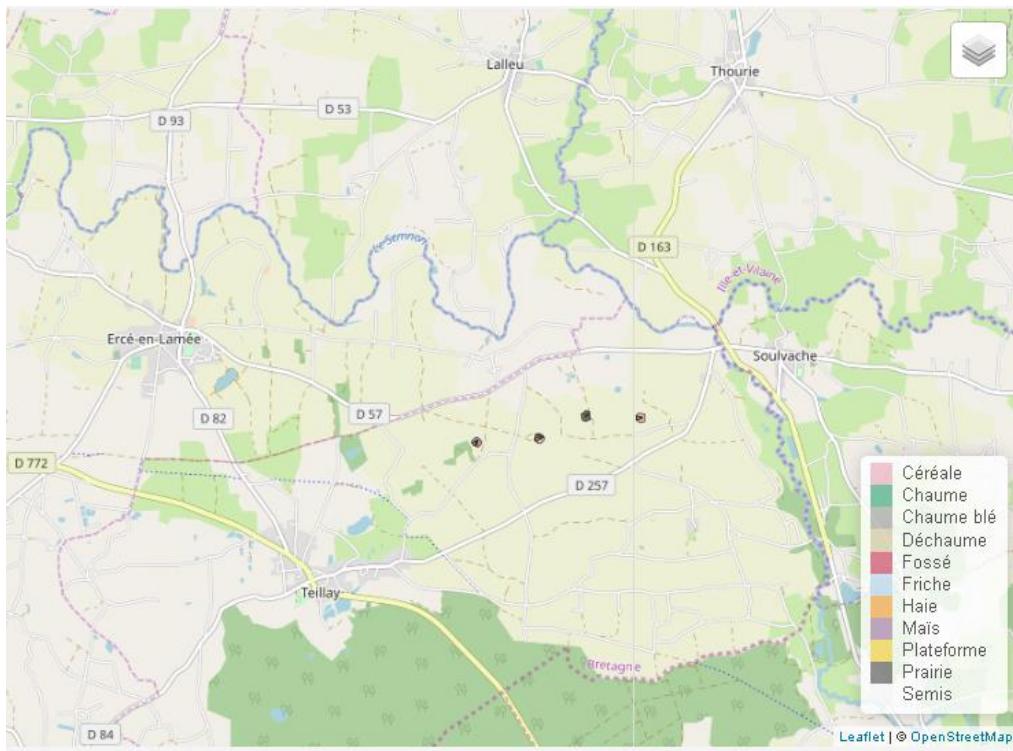


Figure 3 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Teillay (de gauche à droite, E01, E02, E03 et E04)

1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2003/2004 et rédigée en 2005.

Au regard de l'ancienneté de l'étude d'impact, il demeure délicat de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2019, même si ces comparaisons sont attendues par le protocole national.

1.2.1 Présentation de l'aire d'étude initiale et des techniques employées

L'aire d'étude initiale correspond à un périmètre de 4 kilomètres dans l'axe ouest/est sur 1,5 kilomètres pour « replacer le projet dans un contexte plus large, afin d'affiner le diagnostic ».

Pour la partie « oiseaux », 12 passages ont été réalisés entre février 2003 et novembre 2004 couvrant l'ensemble du cycle biologique annuel : migrations pré et postnuptiales, hivernage et reproduction. L'ensemble des observations directes ont été réalisées en parcourant l'aire d'étude pour chacun des 12 passages. Cette méthode a permis d'apprecier l'utilisation du site par les oiseaux nicheurs ou en transit mais aussi de préciser les espèces hivernantes et en passage migratoire.

Pour l'étude des chauves-souris, deux techniques ont été déployées : l'utilisation de détecteurs d'ultrasons et de capture temporaire aux filets. Deux soirées d'inventaire ont été mobilisées en juin 2004 pour réaliser 9 points d'écoutes suivi de captures aux filets sur deux secteurs différents.

*Suivi de mortalité de l'avifaune
et des chiroptères*

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Les points d'écoute localisés au niveau de points hauts et répartis sur 2 soirées, ont été effectués à l'aide d'un détecteur d'ultrasons Pettersson Electronics D220 (mode hétérodyne uniquement). Les captures ont nécessité le déploiement d'au « moins 3 filets par soirée ». « Leurs dimensions sont variables, de 6 m de long sur 5 m de hauteur et de 12 m de long sur 4,20 m de hauteur. Les filets sont montés et tendus par des cannes télescopiques permettant de les étendre de 4 m à 6 m au-dessus du sol. »

1.2.2 Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par l'étude d'impact

Durant la période interruptriale, « l'ensemble des espèces recensées sont communément observées en Bretagne et en Loire-Atlantique. » « Un seul Busard Saint-Martin a été contacté » et il « est donc possible que l'oiseau observé soit cantonné en forêt de Teillay, ne visitant la zone d'étude que lors de ses prospections alimentaires. » Un groupe de Vanneau huppé « comptant entre 250 et 300 oiseaux fréquente la zone d'étude, exploitant les milieux cultivés et prairiaux ouverts. »

Durant la période de nidification, « Le peuplement d'oiseaux est caractéristique d'un bocage relativement ouvert. » « Le martinet noir ne niche pas sur la zone d'étude mais utilise le site comme zone d'alimentation ». Parmi ce cortège d'espèce utilisant l'aire d'étude pendant la période de nidification, 7 présentent un statut de patrimonialité dont 5 sont nicheuses : la Caille des blés (deux mâles chanteurs), la Tourterelle des bois (entre 5 et 7 couples), l'Alouette lulu (au maximum 4 couples), l'Alouette des champs (au maximum 4 couples) et le Tarier pâtre (entre 10 et 12 couples). Le Faucon hobereau et l'Hirondelle rustique utilisent quant à eux la zone pour l'alimentation.

« Que ce soit en hiver ou au printemps, les observations réalisées sur le terrain ne permettent pas de mettre en évidence d'axes de déplacement privilégiés pendant la journée. D'autre part, la zone d'étude n'est vraisemblablement pas située dans un couloir majeur de migration et rien dans la bibliographie ou les bases de données naturalistes à notre disposition ne permet de le supposer. » « La plupart des déplacements observés sont le fait d'oiseaux volant à faible altitude » (10 % des contacts avec une altitude supérieure à 50 m).

1.2.3 Intérêt du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par l'étude d'impact

« Les observations aux points d'écoute ont révélés la présence de Pipistrelle commune et de Pipistrelle de Kuhl. » « L'ensemble des captures aux filets a révélé la présence de 5 espèces de chiroptères : Pipistrelle de Kuhl ; Pipistrelle commune, Oreillard gris, Sérotinge commune et Barbastrelle » et « place ce site dans une fourchette moyenne en termes de diversité chiroptérologique. »

« Cette aire d'étude apparaît à première vue, en termes d'habitats, comme peu favorable à la majorité des espèces de chauves-souris recensées en Bretagne. Fortement remembrée et composée de vastes parcelles de cultures et de pâtures non reliées par des linéaires denses de haies, elle ne présente que peu d'habitats susceptibles d'abriter des populations aussi importantes que variées de chiroptères. »

« La zone d'étude n'est a priori pas un site majeur. Toutefois, la proximité de la colonie de Grand Murin de l'église de Ercé-en-Lamée invite à la prudence. Il est probable que le parc éolien se trouve sur l'axe de déplacement de ces animaux lorsqu'ils rallient leurs zones de chasse ou encore les sites d'hibernation proches. »

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2 Méthodologie appliquée

2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national

2.1.1 Arrêté ministériel d'août 2011 et protocole national

L'arrêté ministériel du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent dispose que « au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, 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. Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole. Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées ».

Un protocole national cadrant les objectifs et modalités de suivi des parcs éoliens en exploitation a été rédigé en 2015 puis mis à jour début 2018.

La présente étude vient répondre aux obligations induites par le protocole national ainsi que par l'arrêté ministériel du 26 août 2011.

2.1.2 Méthodes et pressions d'inventaire attendues à l'échelle nationale

Nombre de sessions d'inventaire

Le protocole national précise que le suivi de mortalité sera constitué d'au minimum 20 visites réparties entre les semaines 20 et 43 en fonction des risques identifiés dans l'étude d'impact, de la bibliographie et de la connaissance du site.

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques spécifiques	Dans tous les cas	Si enjeux avifaunistiques en période hivernale	
Suivi d'activité 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

Figure 4 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

Nombre d'éoliennes suivies

Le protocole national invite à contrôler :

- Toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes et moins ;
- Pour les parcs de plus de 8 éoliennes contenant n éoliennes : 8 éoliennes + (n -8) /2.

Méthode de collecte des données

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Surface-échantillon à prospector : un carré de 100 m de côté ou un cercle couvrant au moins un rayon égal à la longueur des pâles avec un minimum de 50 m (à élargir en proportion pour les éoliennes présentant des pâles de longueur supérieure à 50 m).

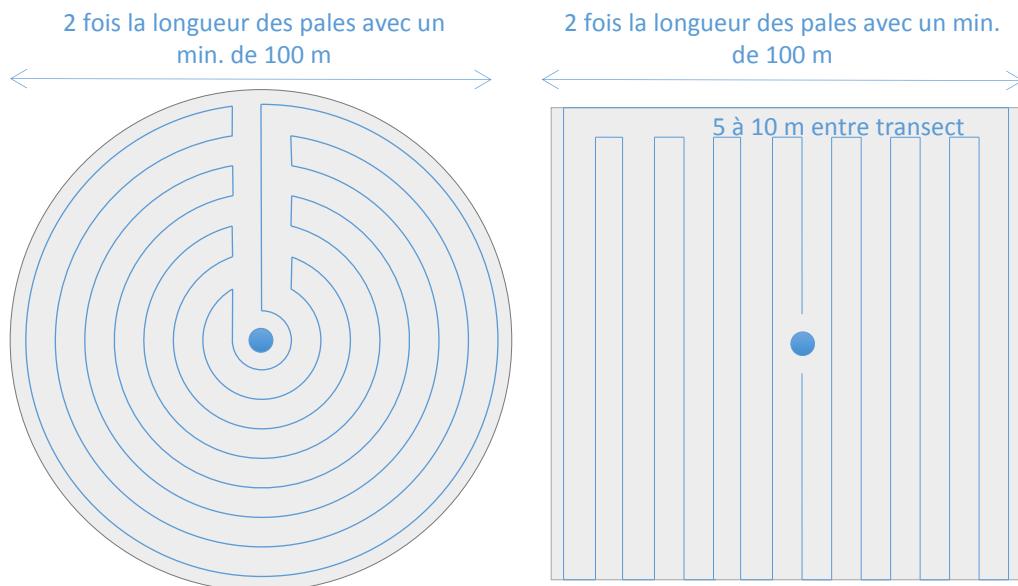


Figure 5 : Schéma de la surface-échantillon à prospector (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

Mode de recherche : transects à pied espacés d'une distance dépendante du couvert végétal (de 5 à 10 m en fonction du terrain et de la végétation). Cette distance devra être mesurée et tracée. Les surfaces prospectées feront l'objet d'une typologie préalable des secteurs homogènes de végétation et d'une cartographie des habitats selon la typologie Corine Biotopes ou Eunis (cartographie simplifiée). L'évolution de la taille de végétation sera alors prise en compte tout au long du suivi et intégrée aux calculs du taux de mortalité (distinction des taux de découverte et de prédation en fonction des différents types de végétation).

Tests de correction des résultats.

Le protocole national prévoit la réalisation de deux tests de correction des résultats :

- Test d'efficacité de recherche (du chercheur) ;
- Test de persistance des cadavres.

Les modalités de réalisation de ces tests sont décrites en détail dans les chapitres suivants.

Analyse des résultats

Le protocole national prévoit un cadre d'analyse des résultats :

- Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale ;
- Analyser les résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures ;
- Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité par éolienne ;

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures ;
- Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée ;
- Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante (intégrer coefficient surfacique, Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés dont Huso (2010) obligatoirement, Préciser l'intervalle de confiance de l'estimation, etc.).

2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées

Ce chapitre décrit la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de l'étude réalisée en 2019 sur le parc éolien de Teillay. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

2.2.1 Principe de l'estimation de mortalité : méthodes, calculs et des incertitudes

L'objectif de ce suivi est de proposer une estimation de la mortalité réelle des chauves-souris et des oiseaux, au sein du parc. Le protocole national révisé en 2018 demande de préciser les incertitudes de l'estimation de la mortalité.

Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

Les suivis de mortalité par recherche de cadavres au sol représentent actuellement la technique la plus régulièrement mise en œuvre. Toutefois, cette technique est soumise à de nombreux biais (capacités de détection de l'observateur, taux de disparition des cadavres par prédatation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitables les données issues du suivi de mortalité.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

$$Ne = Nd / (a \times P(s,f))$$

Ne = nombre estimé le plus probable de chauves-souris ou d'oiseaux tués par les éoliennes au sein de la zone prospectée.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

N_d = nombre total de cadavres découvert de chauves-souris ou d'oiseaux dont la mort est imputable aux éoliennes.

a = Coefficient correcteur de surface moyen pondéré, calculé par simple proportion du taux moyen de surfaces prospectées et pondéré par la durée inter-passage.

P(s,f) = Probabilité de détection propre à chaque méthode d'estimation (e.g. de Erickson, de Jones, de Huso, de Korner-Nievergelt etc.). Les équations sous-jacentes à chaque méthode d'estimation font toutes appel à deux coefficients correcteurs que sont le coefficient de persistance (**s**) (qui peut être exprimée comme une durée de persistance ou comme une probabilité de survie suivant les formules) et le coefficient d'efficacité de recherche moyen (**f**). La valeur de **P(s,f)** obtenue correspond à une probabilité de détection moyenne tenant compte du fait que certains cadavres sont manqués faute de détection parfaite et d'autre du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éoliennes (**N_d**) ainsi qu'à la surface moyenne non prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a x P(s,f)** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : **Erickson et al., 2000 / Huso, 2010¹ / Korner-Nievergelt et al. 2011**.

La détermination des coefficients correcteurs « **s** » et « **f** » est très importante du fait de leur effet sur l'estimation de **N_e**. C'est pour cela qu'il est particulièrement important d'avoir la capacité d'évaluer *a posteriori* la précision de leurs évaluations.

Détermination des coefficients correcteurs

Pour déterminer les deux coefficients correcteurs que sont le coefficient de persistance (**s**) et le coefficient d'efficacité de recherche (**f**), deux tests doivent faire l'objet d'une mise en œuvre précise :

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédatation, charognage, décomposition des cadavres) et donc le temps de persistance des cadavres une fois au sol. Ce facteur peut fortement varier dans le temps et l'espace. Les causes de disparition peuvent être multiples, soit par prélèvement (Renard roux, rapaces, corvidés, etc.) soit par l'action des insectes nécrophages (carabes, mouches, etc.).

Tel que demandé par le protocole national, deux tests de prédatation ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leurres ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections.

- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la taille/couleur des cadavres, d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluation la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

- **Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000).**
Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.
pp 1-26.
- **Huso, M. M. (2010).** An estimator of wildlife fatality from observed carcasses.
Environmetrics, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052
- **Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011).** A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches.
Wildlife Biology, 17(4), 350-363.
doi: 10.2981/10-121

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. De 10 à 15 leurre identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

La détermination de coefficients correcteurs répétée selon les périodes de l'année constitue le principal élément permettant d'exploiter de façon fiable les résultats des suivis de mortalité par recherche de cadavres. Ces coefficients sont essentiels pour tirer des informations scientifiquement recevables du suivi de mortalité. **En l'absence de coefficients robustes, aucune conclusion ne peut être envisagée quant à la mortalité effective engendrée par le parc éolien.**

Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

Afin d'estimer au mieux le coefficient, nous avons repris la démarche développée dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015), repris également par l'estimateur de Korner-Nievergelt (2011) ou encore « GenEst » (Dalthorp et al. 2018), c'est-à-dire l'utilisation d'un modèle de survie classique pouvant utiliser comparativement quatre lois de distribution possibles parmi : "exponential", "weibull", "lognormal" et "loglogistic". Ces distributions classiques décrivent de manière différente la vitesse à laquelle disparaissent les cadavres au court du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédatation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC. Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%) et prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

Pour déterminer la persistance, le modèle prédit une durée moyenne de persistance (et les probabilités de persistance moyennes) en tenant compte des facteurs retenus. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédatation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs que sont : le type de leurre (taille, couleur par exemple), la période du test, le type d'occupation du sol et la hauteur de végétation. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC. Si le modèle permet de faire un lien direct entre l'efficacité de recherche et la hauteur de végétation, le modèle peut prédire les cas de figures d'occupation du sol qui n'auraient pu être testés. Dans le cas contraire, il est possible de s'appuyer objectivement sur les sorties de modèle pour les situations testées et sur leurs interpolations (situations intermédiaires non testées) pour compléter les types de végétations manquantes (extrapolation en s'appuyant sur le retour de la personne qui a réalisé le suivi et qui peut comparer les situations).

Cette approche statistique permet, à partir des tests réalisés, d'estimer l'efficacité de recherche pour l'ensemble des occupations du sol que l'opérateur a rencontré sur l'ensemble de la période

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

de suivi. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

• Évaluation des incertitudes

Une fois que les coefficients correcteurs moyens (s , f et a) sont calculés, une **probabilité globale de détection** c'est-à-dire $a \times P(s,f)$ est calculée pour chacune des éoliennes pour l'ensemble du suivi selon les trois méthodes d'estimation que sont : Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Il est alors possible de calculer la mortalité estimée la plus probable par éolienne. Elle est ensuite pondérée pour chaque éolienne par le coefficient correcteur de surface moyen pour intégrer la part des surfaces non prospectées et non prospectables puis multipliée par le nombre de cadavres découverts lors des suivis.

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt et al. 2015) et par Korner-Nievelgelt (2011). Connaissant le nombre de cadavres trouvés ainsi que la probabilité globale de les détecter (c'est-à-dire les chances réelles de trouver un cadavre selon les différentes méthodes d'estimation), cette méthode permet de déterminer *a posteriori* l'intervalle de confiance à 95% associé.

Ce théorème a également pour avantage de pouvoir donner un intervalle de confiance à 95% même lorsqu'aucun cadavre n'a pu être détecté. L'intervalle de confiance, dans ce cas, correspond au nombre de cadavres pour lesquels l'opérateur avait 95% de chance de ne pas les détecter du fait des différentes contraintes rencontrées au cours du suivi. Cela permet de donner une limite au nombre de collisions maximum non détectables considérant les contraintes de prospection rencontrées durant le suivi. Ainsi, dans tous les cas, il est possible de déterminer une mortalité maximum par éolienne, même en l'absence de découverte de cadavre.

Limites générales à la démarche d'estimation de la mortalité :

Pour le moment, les incertitudes des différents coefficients correcteurs ne sont pas utilisées dans les calculs de l'incertitude de l'estimation de la mortalité. Toutefois, il est possible d'évaluer cela en regardant 1) les incertitudes de chaque coefficient correcteur pour vérifier leur qualité et 2) en analysant en même temps les incertitudes de l'estimation de mortalité finale elle-même. En effet, l'intervalle de confiance de l'estimation de mortalité sera d'autant plus large que la probabilité de détection globale moyenne est faible et que le nombre de cadavres découverts est grand.

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le design expérimental des tests (notamment le nombre de leurre déployés qui limitent la capacité prédictive des modèles) en respectant les contraintes statistiques et aussi 3) de réaliser la meilleure stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

Tel que défini par le protocole national, « seules les zones à ciel ouvert et praticables sont prospectées. Le reste de la surface échantillon devra faire l'objet d'une correction proportionnelle par coefficient surfacique ». Les zones non prospectables sont définies comme 1) des secteurs de boisements ou alors 2) comme des végétations ne permettant pas de pénétrer dans la parcelle ou enfin 3) comme une parcelle où la détectabilité est proche de zéro. Par notre expérience, une végétation au-delà de 30 cm de hauteur limite très fortement la capacité de détection des cadavres. En fonction du type de couvert, le technicien à la possibilité de continuer à prospector s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

parcelle comme non prospectable. Les surfaces non prospectées sont alors prises en compte par le coefficient correcteur de surface.

Le coefficient correcteur de surface par simple proportion, tel que demandé par le protocole national, suppose comme hypothèse que la densité des cadavres est identique entre les zones prospectées et celles non prospectées. Par ailleurs, il est assez fréquent que le faible nombre de cadavres ne permette pas de quantifier la relation entre la densité de cadavres et la distance au sol de l'éolienne. Toutefois, ce sont majoritairement les zones éloignées des masts qui ont le plus de chance de ne pas pouvoir être prospectées du fait de la présence récurrente d'une plateforme et chemin d'accès prospectable au pied des éoliennes. Ainsi, considérer à tort que la densité est homogène, peu importe la distance à éolienne, est donc en général conservateur (ne réduit pas l'estimation) au contraire d'une relation distance dépendance (Arnett et al. 2005). Toutefois, ces zones non prospectables participent à minimiser la mortalité observée mais aussi à surestimer la mortalité estimée par l'effet direct du coefficient correcteur de surface sur la probabilité de détection globale.

Suivant les formules, la probabilité globale de détection nécessite que la durée entre chaque passage reste identique tout au long du suivi ce qui est parfois difficile à mettre en œuvre, même si tout est fait pour respecter ce principe. Par ailleurs, la formule de Huso suppose qu'un cadavre manqué au premier passage après son apparition ne sera jamais découvert.

Tous les estimateurs utilisés ici se basent sur l'hypothèse que la mortalité est constante tout au long du suivi. Ce qui est vraisemblablement faux du fait des différentes phases du cycle biologique que peut couvrir un suivi. Des variables supplémentaires (comme l'activité acoustique pour les chiroptères), pourraient permettre de pondérer l'estimation de la mortalité en fonction de l'activité au cours du temps.

Le protocole national précise « Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité. ». Pour le test de persistance, le nombre de cadavres déployés va directement influencer la puissance statistique permettant d'estimer la vitesse de persistance moyenne, et d'autant plus si la vitesse de disparition est forte. En fonction de la pression de prédateur (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédatation pour chaque éolienne, voir même à l'échelle du parc. Ainsi, suivant les situations, cela peut remettre en cause cette demande spécifique du protocole national. Cela peut même engendrer l'incapacité de répondre au protocole national dans son ensemble si l'estimation de mortalité devient impossible. D'autre part, le nombre important de rats déposés (concentration), ainsi que leur taille et leur couleur peuvent générer des phénomènes d'attraction/saturation sur les prédateurs. Dans la mesure du possible, il convient d'éviter les souris/rats blancs mais cela est rarement possible en raison du manque de production de rongeurs gris. Ainsi, les rongeurs doivent correspondre le plus possible en taille à des chiroptères, en l'absence d'alternative satisfaisante (répétabilité des tests notamment).

Le protocole national prévoit également une « Analyse croisée avec les données et résultats de suivis d'activité en continu des chauves-souris (corrélations entre pics d'activité et mortalités, entre l'évolution du cortège d'espèces inventorié par suivi en continu en nacelle et la chronologie de la mortalité par espèce...) ». Comme les protocoles acoustique et mortalité sont réalisés de manière indépendante, notamment pour les éoliennes suivies, la cohérence des résultats reste très aléatoire. A minima, la comparaison sera descriptive et tentera de mettre en lumière les possibles liens entre ces deux sources de données.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

Méthode par transects circulaires

Le protocole que nous avons mis en œuvre est adapté d'après Arnett et al. (2009) et Baerwald et al. (2009). **Il s'agit d'une méthode de suivi se basant sur des transects circulaires.** Ce type de transects cible la zone théorique principale de présence de cadavres liés à des phénomènes de collision, sous la principale zone de survol par les pâles et ses abords.

Ce protocole présente plusieurs avantages :

- Il optimise la surface échantillonnée (suivi traditionnel prospectant une surface carrée, sans justification statistique) ;
- Il ne nécessite pas la pose de repères sur le terrain ;
- Il permet de conserver toute la concentration de l'observateur sur la recherche de cadavres sans perte d'attention sur sa position par rapport aux repères/transects.

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 50 m autour de chaque éolienne : 11 cercles éloignés de 5 m les uns des autres, en partant du plus éloigné du mât de l'éolienne (50 m), jusqu'au pied de l'éolienne sont alors effectués.

Pour cela, nous avons utilisé un jeu de cordes et mousquetons. La première corde, tendue le plus haut possible autour du mat de l'éolienne, sert de fixation mobile à une seconde corde longue de 50 m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 1 866 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

Données collectées

Le technicien utilise un outil QGIS sur sa tablette android de terrain pour renseigner à chaque passage l'occupation du sol et les modalités de prospection à la parcelle. Chaque découverte de cadavre est enregistrée par le biais d'un formulaire standard renseigné dans une couche shapefile géolocalisée et tel que défini par le protocole national (2018) grâce à l'outil QGIS embarqué sur tablette. Les photos des cadavres produites par tablette sont associées à chaque enregistrement ainsi généré de la couche shapefile sous QGIS. En complément de ce rapport, cette couche pourra être transmise pour avoir tous les éléments de localisation et de conditions de découverte de chaque cadavre.

Détermination des cadavres

Les cadavres sont identifiés sur place par des experts ornithologues et chiroptérologues possédant une excellente connaissance de la faune locale. En cas de difficultés d'identification *in situ* (critères non visibles, traumatisme important, état de décomposition), les cadavres sont déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été sollicitée auprès des services compétents.

Les ouvrages suivants sont utilisés, si nécessaire, pour appuyer les déterminations complexes :

- Dietz, C. et von Helversen, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.
- Arthur, L. et Lemaire, M. (2009). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Collection Parthénope. Biotope éditions, Publications scientifiques du muséum. 544 p.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Marchesi, P., Blant, M. et Capt, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- Svensson L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.
- Brown R. et al. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

Pour limiter les risques de modification comportementale des prédateurs (charognage) et éviter les doubles comptages, tous les cadavres découverts sont replacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

2.3.1 Prospections de terrain

Les dates de passages et les conditions météorologiques sont détaillées dans le Tableau 1

Ainsi, 24 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 16 mai 2019 au 24 octobre 2019.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
0	16/05/2019	Vent moyen:8 km/h; Température moyenne: 15,4°C; Nébulosité:78%
1	23/05/2019	Vent moyen:3,9 km/h; Température moyenne: 18,8°C; Nébulosité:92%
2	30/05/2019	Vent moyen:9,9 km/h; Température moyenne: 17,7°C; Nébulosité:98%
3	06/06/2019	Vent moyen:12,1 km/h; Température moyenne: 15,1°C; Nébulosité:89%
4	13/06/2019	Vent moyen:18,3 km/h; Température moyenne: 15,4°C; Nébulosité:93%
5	20/06/2019	Vent moyen:10,6 km/h; Température moyenne: 16,9°C; Nébulosité:88%
6	27/06/2019	Vent moyen:12,4 km/h; Température moyenne: 29,7°C; Nébulosité:94%
7	04/07/2019	Vent moyen:14,4 km/h; Température moyenne: 24,4°C; Nébulosité:0%
8	11/07/2019	Vent moyen:11,8 km/h; Température moyenne: 23,5°C; Nébulosité:95%

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
9	18/07/2019	Vent moyen:11,3 km/h; Température moyenne: 19,8°C; Nébulosité:99%
10	25/07/2019	Vent moyen:7,7 km/h; Température moyenne: 30,3°C; Nébulosité:88%
11	01/08/2019	Vent moyen:6,3 km/h; Température moyenne: 20,1°C; Nébulosité:99%
12	08/08/2019	Vent moyen:10,4 km/h; Température moyenne: 22,9°C; Nébulosité:94%
13	15/08/2019	Vent moyen:13,6 km/h; Température moyenne: 20°C; Nébulosité:98%
14	22/08/2019	Vent moyen:4,8 km/h; Température moyenne: 22,7°C; Nébulosité:0%
15	29/08/2019	Vent moyen:7,5 km/h; Température moyenne: 20,9°C; Nébulosité:88%
16	05/09/2019	Vent moyen:15 km/h; Température moyenne: 16,2°C; Nébulosité:97%
17	12/09/2019	Vent moyen:8,9 km/h; Température moyenne: 21,1°C; Nébulosité:98%
18	19/09/2019	Vent moyen:21,4 km/h; Température moyenne: 18,7°C; Nébulosité:0%
19	26/09/2019	Vent moyen:20,9 km/h; Température moyenne: 17,8°C; Nébulosité:100%
20	04/10/2019	Vent moyen:19 km/h; Température moyenne: 16,6°C; Nébulosité:98%
21	11/10/2019	Vent moyen:24,4 km/h; Température moyenne: 18°C; Nébulosité:95%
22	17/10/2019	Vent moyen:13 km/h; Température moyenne: 14,3°C; Nébulosité:96%
23	24/10/2019	Vent moyen:8,5 km/h; Température moyenne: 13,9°C; Nébulosité:99%
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	08/07/2019	Dépôt de 60 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	07/10/2019	Dépôt de 60 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (2 tests)		
Test 1	15/08/2019	Dépôt de 90 leurres
Test 2	24/10/2017	Dépôt de 66 leurres

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.2 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (cf. Tableau 2, Figure 6 et Figure 7). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts ($> 30/40$ cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la seule contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospector.

L'ensemble de ces évènements a été intégré dans les modalités de calcul par 1) le coefficient correcteur de surface et 2) le coefficient d'efficacité de recherche.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (24 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).

Milieux	E01	E02	E03	E04	Total
Céréale	/	13,7%	/	28,3%	10,5%
Chaume	/	0,2%	/	0,0%	0,0%
Chaume blé	/	22,9%	/	9,4%	8,1%
Déchaume	16,0%	/	/	37,8%	13,5%
Fossé	/	0,2%	/	/	0,1%
Friche	/	4,4%	/	6,5%	2,7%
Haie	/	/	/	1,1%	0,3%
Maïs	61,0%	3,0%	/	/	16,0%
Plateforme	16,2%	15,9%	14,7%	13,6%	15,1%
Prairie	6,8%	35,0%	77,8%	3,3%	30,7%
Semis	/	4,7%	7,5%	/	3,0%
Total	100 %	100 %	100 %	100%	100%

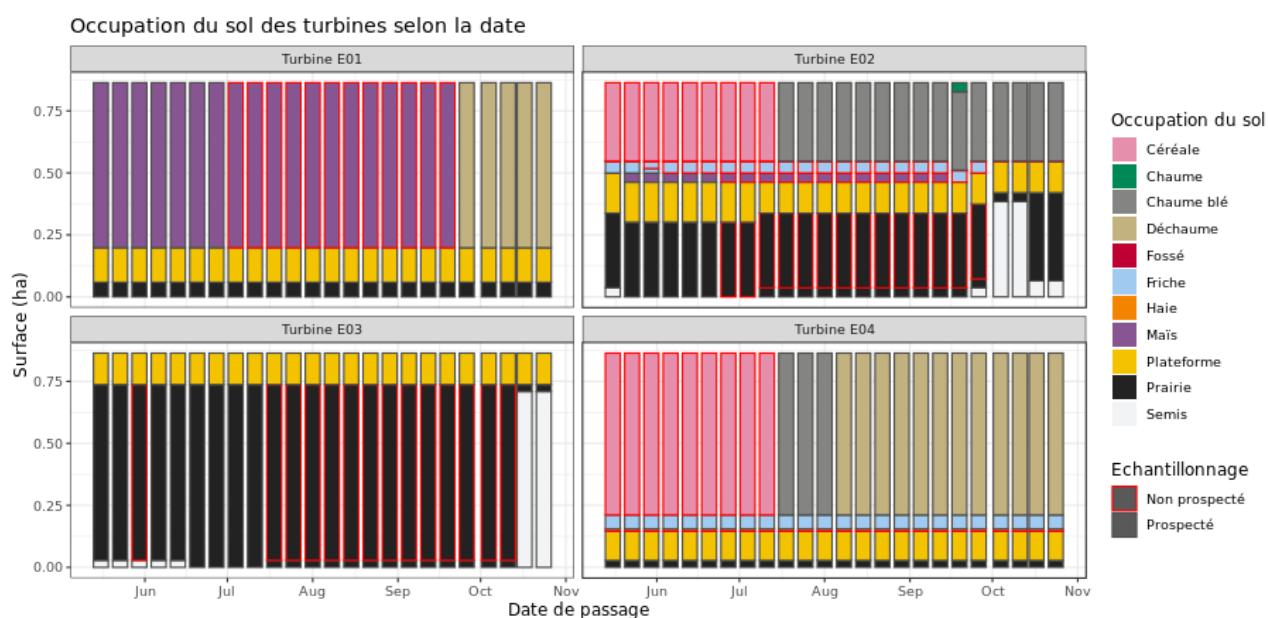


Figure 6 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

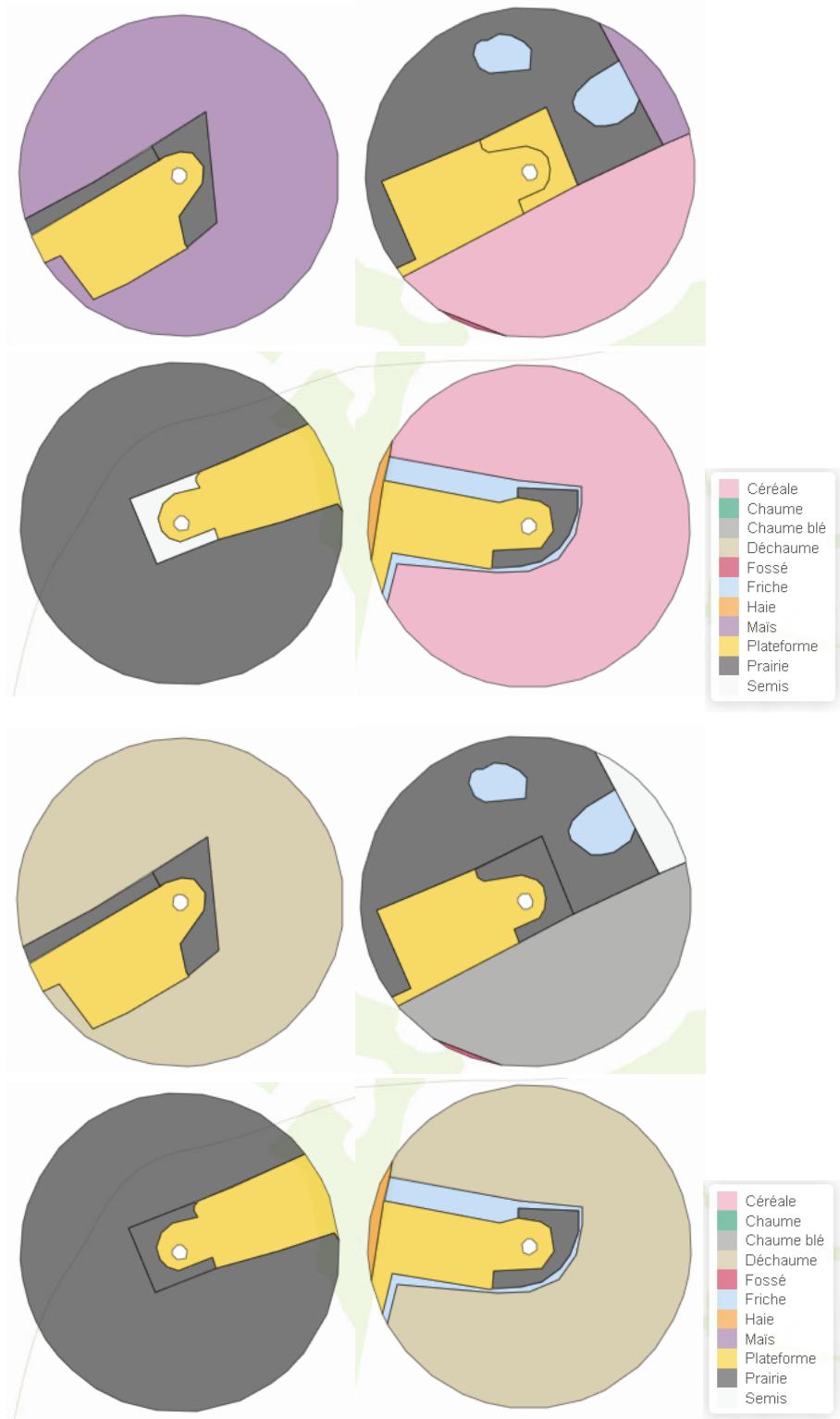
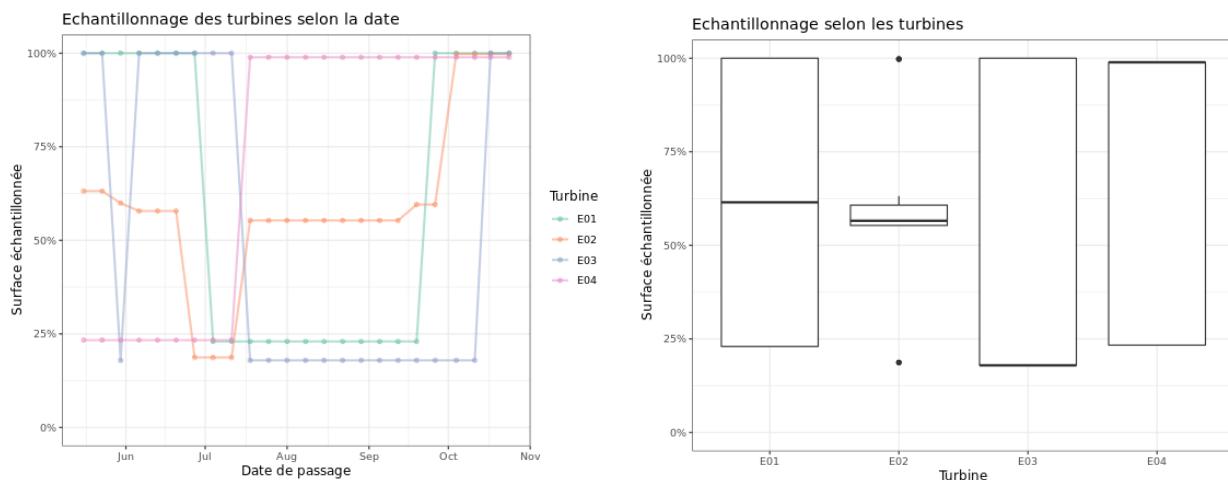


Figure 7 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04 (de gauche à droite et de haut en bas)
le 16 mai 2019 (premier passage en haut) et le 26 septembre 2019 (passage 20)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.3 Évolution du taux de surface prospectée

Du fait principalement de l'évolution de la végétation, l'ensemble des surfaces n'ont pas pu être prospectées tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est variable dans le temps et différent pour chaque éolienne suivie.



2.3.4 Réalisation des tests de prédation

Les deux tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisé par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisé en début de semaine en dehors du cadre habituelle d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 60 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées une seulement fois par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 50 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), tôt le matin, pendant deux semaines. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

2.3.5 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 60 à 90 leurres disposés par test, Tableau 3). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque leurre est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 9 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).

	E01	E02	E03	E04	Parc ensemble
Occupations du sol					
Chaume blé	0	15	0	0	15
Déchaume	9	0	0	27	36
Friche	0	0	0	30	30
Plateforme	4	4	3	4	15
Prairie	22	9	5	9	45
Semis	0	6	9	0	15
Hauteurs de végétation					
0	4	4	3	4	15
3	0	6	2	0	8
5	4	6	9	3	22
10	9	0	0	0	9
15	0	15	0	6	21
20	3	3	3	27	36
30	15	0	0	30	45
Dates de tests					
14/08/2019	23	25	5	37	90
24/10/2019	12	9	12	33	66
Total	35	34	17	70	156

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.6 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs. C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (2 / 24 passages réalisés).

La capacité de détection est variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol. Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est fait de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 6 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 6 hauteurs différentes de végétation.

2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 4).

Tableau 4 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Chef de projet Responsable du projet	Florian LECORPS
Chef de projet Rédaction de l'étude	Michaël GUILLOU
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (22 sessions)	Willy RAITIERE
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (2 sessions)	Youenn FOULIARD

2

Synthèse et analyse des résultats



*Suivi de mortalité de l'avifaune
et des chiroptères*

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Résultats du suivi de mortalité

1.1 Résultats bruts

1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 34 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Teillay, dont 11 oiseaux (6 espèces) et 23 chauves-souris (4 espèces et un groupe d'espèces), entre le 16 mai 2019 et le 24 octobre 2019.

- Cf. Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.

Les espèces d'oiseaux trouvés sont l'Alouette lulu (3 individus), le Bruant jaune (1 individu), le Faucon crécerelle (1 individu), le Gobemouche noir (1 individu), le Martinet noir (3 individus) et le Roitelet à triple bandeau (2 individus), découvertes entre le 16 mai 2019 et le 19 septembre 2019. Les espèces d'oiseaux les plus fréquemment observées sont l'Alouette lulu et le Martinet noir (3 individus chacun) ainsi que le Roitelet à triple bandeau (2 individus).

Les espèces de chauve-souris trouvées sont la Noctule commune (1 individu), la Pipistrelle commune (13 individus), la Pipistrelle de Kuhl (6 individus), le groupe des pipistrelles (1 individu) et la Sérotine commune (2 individus), recensées entre le 6 juin 2019 et le 19 septembre 2019. Les espèces de chiroptères majoritairement observées sont la Pipistrelle commune (13 individus) et la Pipistrelle de Kuhl (6 individus), auxquelles s'ajoute une pipistrelle indéterminée. A noter l'observation de la Sérotine commune (2 individus).

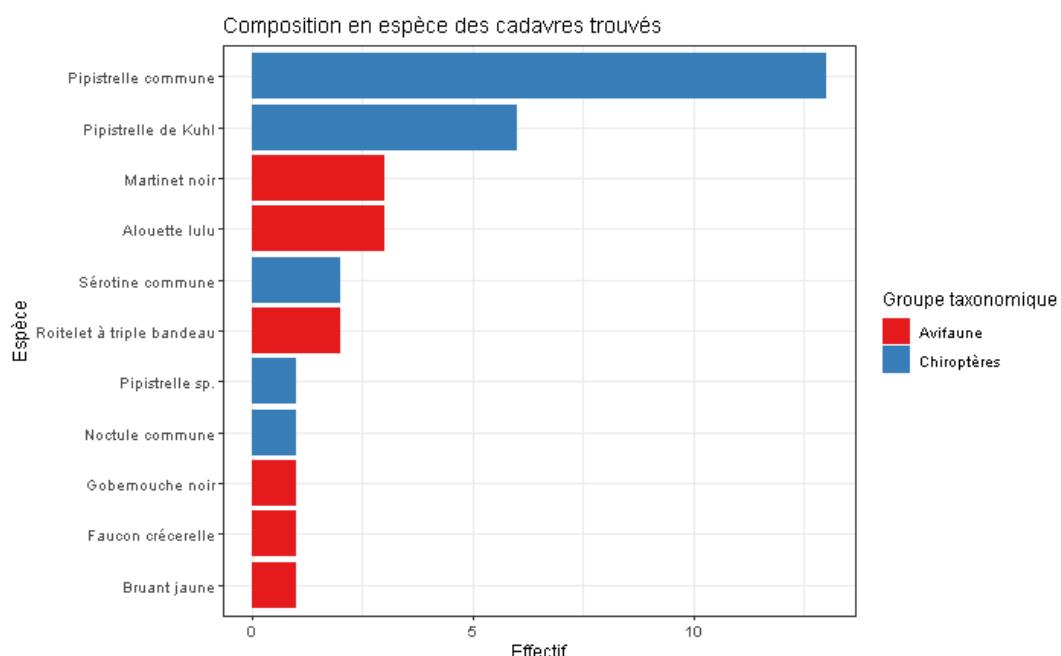


Figure 10 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Teillay

2 Synthèse et analyse des résultats



Figure 11 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Martinet noir, Alouette lulu, Roitelet à triple bandeau, Noctule commune, Pipistrelle commune et Pipistrelle commune © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur trois périodes : de mi-mai à mi-juin puis fin juillet et enfin de début septembre à fin octobre. Au regard des effectifs, il ne semble pas y avoir de pic important de mortalité qui se dégage sur la période de suivi et notamment pas en période de migration postnuptiale. Les espèces découvertes sont concernés à la fois en période de nidification (Alouette lulu, Roitelet à triple bandeau, Martinet noir) et de migration/dispersion postnuptiale (Faucon crécerelle, Alouette lulu, Gobemouche noir, Roitelet à triple bandeau et Bruant jaune) ;
- Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés de manière assez continue sur la période allant de juin à septembre, avec un pic de découvertes lors de la seconde quinzaine de juin 2019.

L'ensemble des individus découverts sont mort par barotraumatisme et/ou par collision avec les pâles soit 100% des individus dont la mort est imputable aux éoliennes.

2 Synthèse et analyse des résultats

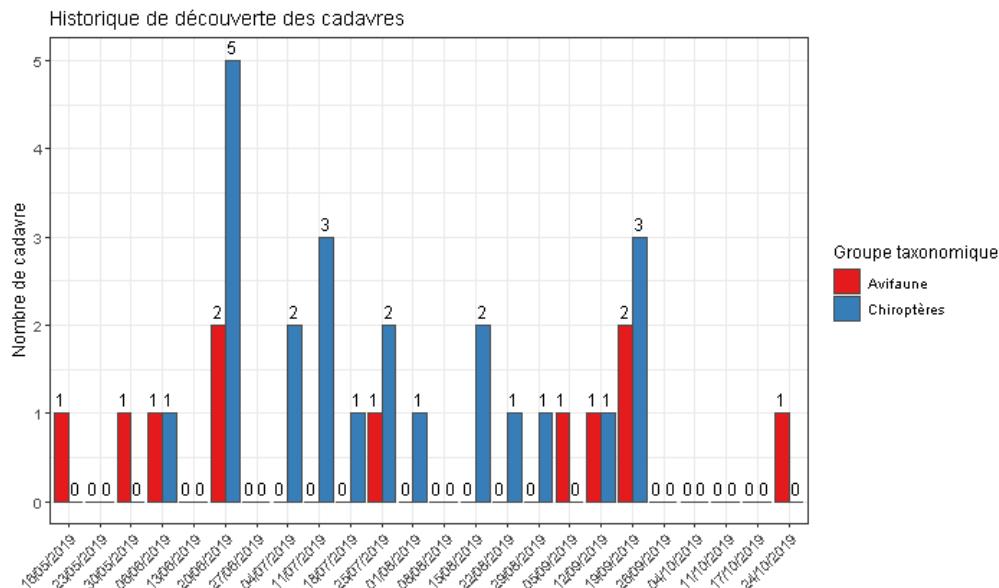


Figure 12 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Teillay

1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous l'ensemble des éoliennes avec des valeurs assez différentes entre elles. Aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères, l'éolienne E02 montre le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 5 oiseaux et 10 chiroptères. Les éoliennes E01 et E04 montrent principalement une mortalité notable de chiroptères (respectivement 7 et 5 chiroptères pour 2 et 1 oiseaux). L'éolienne E03 présente le plus faible nombre de cadavres retrouvés (3 oiseaux et 1 chiroptère).

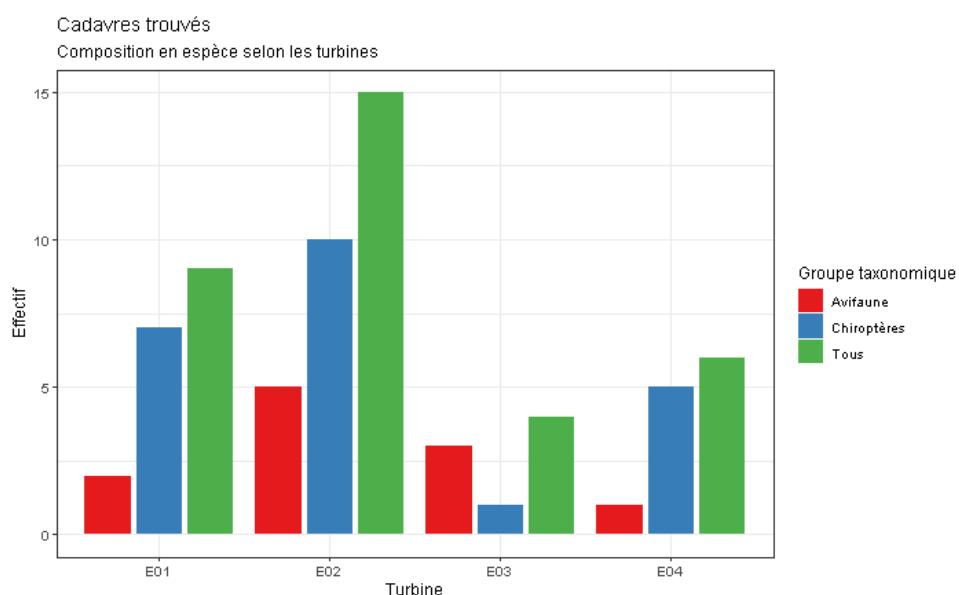


Figure 13 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

2 Synthèse et analyse des résultats

L'ensemble des éoliennes présente des cas de mortalité aussi bien pour l'avifaune que pour les chiroptères. Les mortalités brutes recensées varient fortement entre les éoliennes, comprises entre 1 et 10 cadavres par éolienne et par groupe faunistique. La majorité des cadavres appartient au groupe des chiroptères (23 individus). Les éoliennes E02 et E01 (dans une moindre mesure) semblent avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts, puisque E02 regroupe presque la moitié des cadavres retrouvés et E01 environ un tiers.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des distances prospectées. L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Martinet noir observé à 50m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent différentes entre les deux groupes, plus proches de l'éolienne pour les chiroptères avec un pic autour des 15 m et plus étalée/homogène pour l'avifaune.

Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées au sud-ouest des éoliennes.

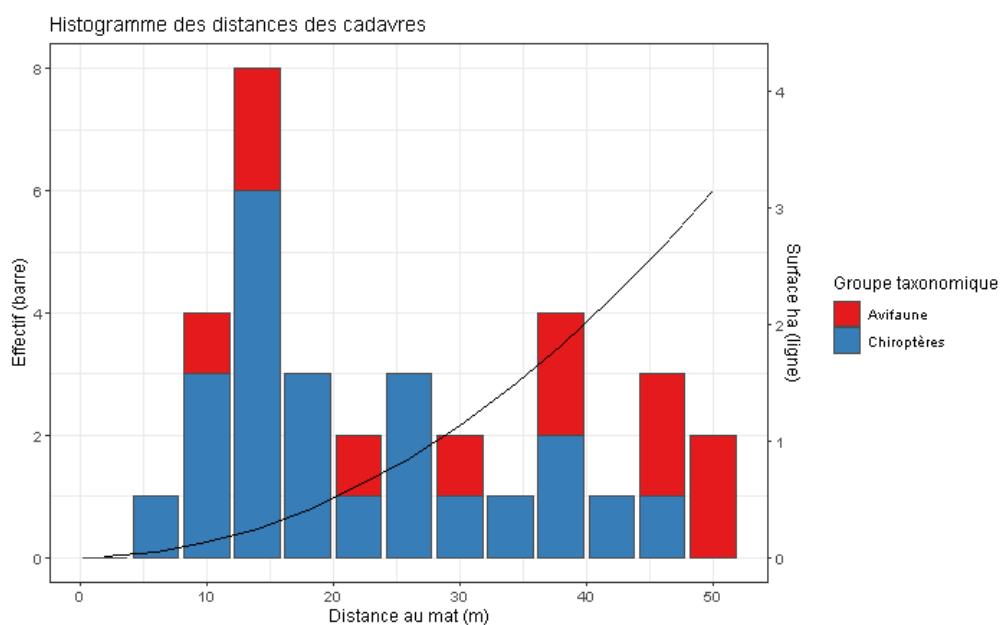


Figure 14 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Teillay. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

2 Synthèse et analyse des résultats

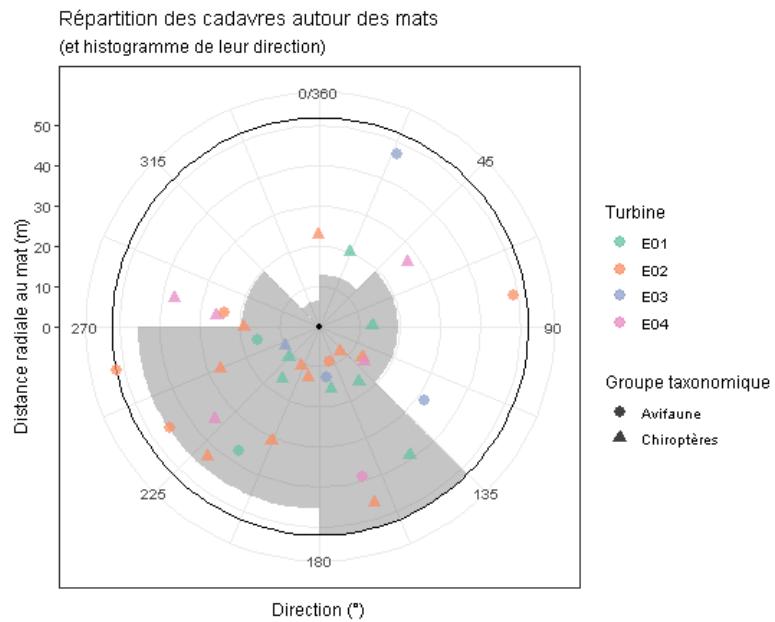


Figure 15 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

11 individus répartis au sein de 6 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc de Teillay : l'**Alouette lulu** (3 individus), le **Bruant jaune** (1 individu), le **Faucon crécerelle** (1 individu), le **Gobemouche noir** (1 individu), le **Martinet noir** (3 individus) et le **Roitelet à triple bandeau** (2 individus).

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 02 septembre 2019) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que le Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Roitelet à triple bandeau sont des espèces fortement impactées en Europe et en France. En effet, sur les 288 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elles font parties des 15 espèces les plus découvertes en Europe et représentant les trois espèces les plus touchées en France d'après la base de Tobias Dürr. L'Alouette lulu se situe au 28^{ème} rang européen (espèce principalement observée en Espagne et au Portugal) et est assez peu commune pour la France (29^{ème} rang). Enfin, le Gobemouche noir et le Bruant jaune sont beaucoup moins fréquents, aussi bien en Europe qu'en France (respectivement rangs 40 et 53 pour l'Europe, 17 et 35 pour la France).

Ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Teillay par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne par Tobias Dürr. Cependant, si elles donnent une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elles ne sont pas exhaustives. Les données françaises proviennent, en effet, d'une faible proportion de parcs à différentes dates. Il s'agit néanmoins la synthèse la plus détaillée qui existe à ce jour.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CZ	D	DK	E	FR	Teillay	GR	NL	P	PL	S	Total (hors Teillay)
Faucon crécerelle	5	3	28	7			131		273	100	1		9	39	2		589
Martinet noir	7	2	14	4	1	2	153	1	75	122	3	2	5	18	3		400
Roitelet à triple bandeau	15	1	1	2	8	3	39		45	141	2			2			241
Alouette lulu	28	29					11		62	5	3	17		25			120
Gobemouche noir	40	17					1	9		37	22	1		1	8		78
Bruant jaune	53	35					1	32		6	8	1			2		49

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2005, on constate que seul le Roitelet à triple bandeau et le Gobemouche noir n'avaient pas été contactés lors de l'état initial, à l'opposé des autres espèces qui ont été observées lors des inventaires réalisés et traités dans cette étude.

Évaluation des enjeux

Le Tableau 6 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Teillay à l'échelle régionale, française et européenne.

L'Alouette lulu est une espèce inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux. Le Bruant jaune est une espèce nicheuse patrimoniale au niveau national et régional ainsi que le Gobemouche noir au niveau national seulement. Le Faucon crécerelle et le Martinet noir ont un statut « quasi menacé » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Teillay

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateur (2008)	Liste rouge nicheur Bretagne (2015)	Liste rouge migrateur Bretagne (2015)	Espèces déterminantes Bretagne : Espèces nicheuses
Alouette lulu	Article 3	Annexe 1	LC	LC	NA	LC	DD	Oui
Bruant jaune	Article 3		LC	VU	DD	NT	NA	
Faucon crécerelle	Article 3		LC	NT	NA	LC		
Gobemouche noir	Article 3		LC	VU	DD		DD	
Martinet noir	Article 3		LC	NT	DD	LC	DD	
Roitelet à triple bandeau	Article 3		LC	LC	NA	LC	DD	Oui

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection : Article 3 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Oiseaux

Il s'agit de la directive européenne n°79/409 du 6 avril 1979 concernant la conservation des oiseaux sauvages. Elle vise à assurer une protection de toutes les espèces d'oiseaux vivant naturellement à l'état sauvage sur le territoire européen.

Annexe I : espèces faisant l'objet de mesures spéciales de conservation en particulier en ce qui concerne leur habitat (Zone de Protection Spéciale).

Annexe II : espèces pouvant être chassées :

Partie 1 (A.II.1) : espèces pouvant être chassées dans la zone géographique maritime et terrestre d'application de la présente directive ;

Partie 2 (A.II.2) : espèces pouvant être chassées seulement dans les États membres pour lesquels elles sont mentionnées.

Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :

Partie 1 (A.III.1) : espèces pour lesquelles la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente ne sont pas interdits, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou autrement licitement acquis ;

Partie 2 (A.III.2) : espèces pour lesquelles les États membres peuvent autoriser sur le territoire la vente, le transport pour la vente, la détention pour la vente ainsi que la mise en vente et à cet effet prévoir des limitations, pour autant que les oiseaux aient été licitement tués ou capturés ou autrement licitement acquis.

NIOF (Nouvel Inventaire des Oiseaux de France) Migrateur

Cela présente le statut de rareté de l'espèce en période de migration en France (NIOF)

Nouvel Inventaire des oiseaux de France (NIOF) (P. J. Dubois, P. Le Maréchal, G. Olisoa et P. Yésou, 2008)

NA : Non applicable, DD : données insuffisantes, CC = taxon très commun ; C = taxon commun ; PC = taxon peu commun.

Listes rouges

Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine (IUCN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016)

GIP Bretagne Environnement. Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Oiseaux nicheurs et oiseaux migrateurs de Bretagne (2015)

DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable.

Espèces déterminantes

Espèces déterminantes de la Région Bretagne : Espèces nicheuses

site internet DREAL Bretagne : http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php3?id_article=637

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

23 individus répartis au sein de 4 espèces et un groupe d'espèces ont été retrouvés morts sur le parc de Teillay : la **Noctule commune** (1 individu), la **Pipistrelle commune** (13 individus), la **Pipistrelle de Kuhl** (6 individus), le **groupe des pipistrelles** (1 individu) et la **Sérotine commune** (2 individus).

Mise à part la Noctule commune, l'**ensemble des espèces touchées** sont des espèces assez sédentaires. Elles s'éloignent ainsi peu de leurs domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

2 Synthèse et analyse des résultats

La **Noctule commune** est quant à elle une espèce migratrice. Il est donc possible que l'individu touché par le parc de Teillay (observé le 15/08/2019) était un individu en migration. On ne peut cependant pas affirmer cela avec certitude : des colonies de mise-bas sont présentes en France et de nouvelles colonies sont découvertes chaque année. Le patron d'activité acoustique (cf. § 2.2.3) de l'espèce semble montrer une période d'activité social importante en fin d'été et non une activité strictement liée à la migration.

À titre de comparaison, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 2 septembre 2019) sur les cadavres de chauves-souris relate :

- Que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française ;
- Que la Noctule commune est la 3^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 8^{ème} en France ;
- Que la Pipistrelle de Kuhl est la 7^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 5^{ème} en France après les chiroptères indéterminés et les pipistrelles indéterminées ;
- Que la Sérotine commune est la 13^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 11^{ème} en France, ce qui en fait l'espèce la moins fréquente parmi les espèces découvertes lors du suivi du parc éolien de Teillay.

Ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (Pipistrelle indéterminée, Noctule indéterminée, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition.

Tout comme pour les oiseaux, ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Teillay par rapport à celles observées aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elles donnent une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elles ne sont pas exhaustives. Les données françaises proviennent, en effet, d'une faible proportion de parcs à différentes dates. C'est néanmoins la synthèse la plus complète qui existe à ce jour.

Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/Pays	Rang	Rang	Total (hors Teillay)																
	Europe	France	A	BE	CH	CR	CZ	D	E	FR	Teillay	GR	NL	PT	PL	RO	S	UK	
Pipistrelle commune	1	1	2	28	6	5	16	720	211	979	13	0	15	323	3	6	1	46	2362
Noctule commune	3	8	46	1			31	1226	1	104	1	10		2	16	76	14	11	1538
Pipistrelle indéterminée	5	3	8	2		102	9	91	25	303	1	1		128	2	48		12	733
Pipistrelle de Kuhl	7	5				144			44	219	6	1		51		10			469
Sérotine commune	13	11	1				11	66	2	29	2	1	2		3	1			116

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, EST = Estonie, F = Finlande, FR = France, GR = Grèce, IT = Italie, LV = Lettonie, NL = Hollande, N = Norvège, P = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2005, on constate que toutes les espèces identifiées dans ce document, ont été observées lors du suivi réalisé en 2019. En revanche, aucun Grand murin, Oreillard gris et Barbastelle n'a été retrouvé au pied des éoliennes. La

2 Synthèse et analyse des résultats

méthodologie mise en place à l'époque s'avère aujourd'hui obsolète et les données récoltées sont trop anecdotiques pour pouvoir être exploitées.

À noter que lors de l'étude d'impact, aucun inventaire en altitude n'a été réalisé à l'époque. Il est donc possible que des espèces volant à hauteur de pale n'aient pas été détectées lors des inventaires de 2004 mais identifiés dans le suivi acoustique comme la Noctule de Leisler ou le Grand Murin.

La plupart des chauves-souris effectue des déplacements entre leurs gîtes estivaux et leurs gîtes d'hibernation, variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres. Quatre espèces effectuent cependant de véritables migrations, parcourant parfois plus de 1 000 km : la Noctule commune (1 cas de mortalité recensé sur le parc éolien de Teillay), la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Natusius et la Sérotine bicolore (Hutterer et al. 2005). Ces espèces se reproduisent en Europe du nord et de l'est. Les jeunes naissent entre juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes, à l'exception de la Sérotine bicolore où la majorité des données en période de migration concernent des mâles. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année, notamment pour les noctules (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

La Noctule commune et la Pipistrelle commune font partie des espèces les plus impactées par les parcs éoliens en fonctionnement. Les chiroptères sont des animaux ayant une longue espérance de vie mais une faible fécondité, entraînant un faible renouvellement des populations. Une forte mortalité des adultes est donc particulièrement dommageable pour les populations (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

Évaluation des enjeux

Le Tableau 8 ci-dessous présente les statuts de protection et de conservation des espèces de chauves-souris retrouvées sur le parc de Teillay à l'échelle de la France et de l'Europe. Les 4 espèces contactées sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. La Pipistrelle commune et la Sérotine commune sont par ailleurs considérées comme patrimoniales en France car quasi menacées. La Noctule commune est vulnérable en France et est également quasi menacée en région Bretagne.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Teillay

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bretagne (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	Article 2	LC	LC	LC
Noctule commune	Annexe IV	Article 2	LC	VU	NT
Sérotine commune	Annexe IV	Article 2	LC	NT	LC

Légende :

Protection nationale

Arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (modif. Arrêté du 15 septembre 2012) : Article 2 : protection stricte des individus et de leurs habitats de reproduction et de repos.

Directive Habitats

L'annexe IV de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », liste les espèces animales et végétales d'intérêt européen qui nécessitent une protection stricte sur le territoire des états membres de l'Union européenne.

Listes rouges Europe, France et Bretagne

Liste rouge européenne des espèces menacées (IUCN, 2012)

Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (IUCN France & MNHN, 2017)

GIP Bretagne Environnement (2015). Liste rouge régionale et Responsabilité biologique régionale. Reptiles et batraciens de Bretagne LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2 Analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, plusieurs formules ont été utilisées pour estimer la mortalité du parc éolien. Comme recommandé dans le protocole national, il s'agit des formules d' Erickson et al. (2000), Huso (2010) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Les tableaux suivants détaillent les différents résultats des différentes étapes de calcul nécessaire aux estimations de mortalités.

1.2.1 Résultats des tests de calcul des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 9). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens sont assez faible (allant de 0,50 à 0,73). Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages

	E01	E02	E03	E04
Quantile 2.5%	0,23	0,19	0,18	0,23
Premier quartile	0,23	0,55	0,18	0,23
Moyenne	0,62	0,60	0,52	0,71
Moyenne pondérée	0,60	0,60	0,50	0,73
Médiane	0,62	0,57	0,18	0,99
Troisième quartile	1,00	0,61	1,00	0,99
Quantile 97.5%	1,00	1,00	1,00	0,99

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.37): « **Persistence ~ Date + TurbID + DatePose : TurbID** ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les deux dates de tests mais aussi entre éoliennes. Le modèle intègre également une interaction entre l'effet date et l'effet éolienne, ce qui signifie que l'évolution de la durée de persistance n'a pas de tendance homogène entre éoliennes entre les deux dates de tests (diminution, stabilité ou augmentation possible).

- Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). *Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.* pp 1-26.
- Huso, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. *Environmetrics*, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052
- Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011). A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. *Wildlife Biology*, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121

2 Synthèse et analyse des résultats

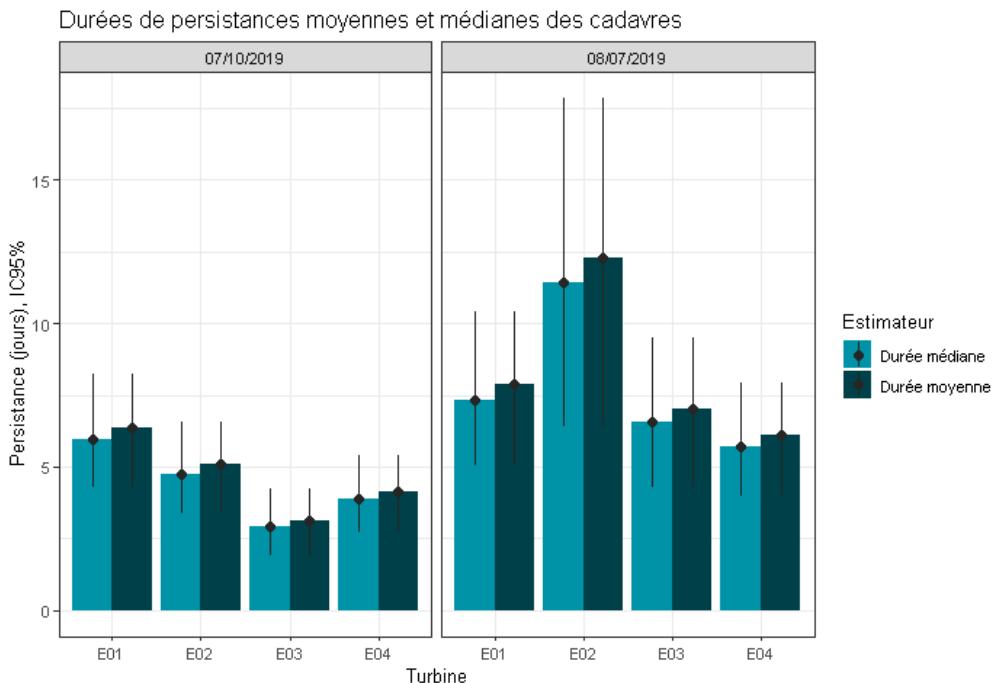


Figure 16 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préation

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance globalement proche de 7 jours lors du premier test réalisé début juillet (8,3 jours en moyenne pour les quatre éoliennes) puis inférieur à 7 jours lors du second test (4,7 jours en moyenne pour les quatre éoliennes). Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la préation est assez bonne sauf pour E02 lors du premier test où l'intervalle de confiance est de manière relative plus étendue.

Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.

	E01	E02	E03	E04
Résultats du test du 08/07/2019				
Persistante moyenne (en jours)	7,9	12,3	7,0	6,1
Intervalle de confiance à 95%	[5,34 ; 10,4]	[6,73 ; 17,84]	[4,58 ; 9,51]	[4,28 ; 7,95]
Résultats du test du 07/10/2019				
Persistante moyenne (en jours)	6,4	5,1	3,2	4,2
Intervalle de confiance à 95%	[4,54 ; 8,24]	[3,61 ; 6,55]	[2,05 ; 4,25]	[2,94 ; 5,39]

Coefficient d'efficacité de recherche (*f*)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles n'ont pas permis de retenir un modèle du fait de l'absence de deux catégories

2 Synthèse et analyse des résultats

d'occupation du sol non testée que sont « la chaume » et « le maïs ». Nous avons donc sélectionné le modèle complet « **Trouve ~ OCS + Hmoy** » pour réaliser les interpolations. Nous avons ensuite renseigné à dire d'expert les cas de figure manquants (extrapolations) en s'appuyant sur les observations (résultats des tests) et les prédictions du modèle (estimations et interpolations). Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupations du sol et de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur durant le suivi.

Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras.

Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédition	Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédition
Chaume blé 15cm	0,53 [0,29 ; 0,76]	0,53 [0,27 ; 0,8]	Estimation	Chaume blé 0cm	0,61 [0,3 ; 0,86]		Interpolation
Chaume blé 15cm	0,53 [0,29 ; 0,76]	0,53 [0,27 ; 0,8]	Estimation	Chaume blé 3cm	0,6 [0,3 ; 0,84]		Interpolation
Déchaume 10cm	0,78 [0,6 ; 0,9]	1 [1 ; 1]	Estimation	Chaume blé 5cm	0,59 [0,31 ; 0,82]		Interpolation
Déchaume 10cm	0,78 [0,6 ; 0,9]	1 [1 ; 1]	Estimation	Chaume blé 7cm	0,58 [0,31 ; 0,81]		Interpolation
Déchaume 20cm	0,74 [0,57 ; 0,86]	0,67 [0,48 ; 0,85]	Estimation	Chaume blé 10cm	0,56 [0,3 ; 0,79]		Interpolation
Friche 30cm	0,73 [0,55 ; 0,86]	0,73 [0,57 ; 0,87]	Estimation	Chaume blé 20cm	0,51 [0,26 ; 0,75]		Interpolation
Plateforme 0cm	0,73 [0,46 ; 0,9]	0,73 [0,53 ; 0,93]	Estimation	Chaume blé 30cm	0,45 [0,18 ; 0,75]		Interpolation
Plateforme 0cm	0,73 [0,46 ; 0,9]	0,73 [0,53 ; 0,93]	Estimation	Déchaume 0cm	0,82 [0,56 ; 0,94]		Interpolation
Prairie 3cm	0,65 [0,41 ; 0,84]	0,5 [0,13 ; 0,88]	Estimation	Déchaume 3cm	0,81 [0,58 ; 0,93]		Interpolation
Prairie 3cm	0,65 [0,41 ; 0,84]	0,5 [0,13 ; 0,88]	Estimation	Déchaume 5cm	0,8 [0,59 ; 0,92]		Interpolation
Prairie 5cm	0,64 [0,42 ; 0,82]	0,86 [0,57 ; 1]	Estimation	Déchaume 5cm	0,8 [0,59 ; 0,92]		Interpolation
Prairie 5cm	0,64 [0,42 ; 0,82]	0,86 [0,57 ; 1]	Estimation	Déchaume 7cm	0,8 [0,59 ; 0,92]		Interpolation
Prairie 15cm	0,59 [0,44 ; 0,73]	0,33 [0 ; 0,67]	Estimation	Déchaume 15cm	0,76 [0,59 ; 0,87]		Interpolation
Prairie 15cm	0,59 [0,44 ; 0,73]	0,33 [0 ; 0,67]	Estimation	Déchaume 30cm	0,7 [0,45 ; 0,86]		Interpolation
Prairie 20cm	0,56 [0,41 ; 0,71]	0,56 [0,22 ; 0,89]	Estimation	Friche 0cm	0,84 [0,46 ; 0,97]		Interpolation
Prairie 20cm	0,56 [0,41 ; 0,71]	0,56 [0,22 ; 0,89]	Estimation	Friche 3cm	0,83 [0,48 ; 0,96]		Interpolation
Prairie 30cm	0,51 [0,3 ; 0,72]	0,6 [0,33 ; 0,87]	Estimation	Friche 5cm	0,83 [0,49 ; 0,96]		Interpolation
Semis 5cm	0,8 [0,52 ; 0,94]	0,8 [0,6 ; 1]	Estimation	Friche 10cm	0,81 [0,52 ; 0,94]		Interpolation
Chaume 10cm	0,56		Extrapolation	Friche 15cm	0,79 [0,55 ; 0,92]		Interpolation
Maïs 0cm	0,82		Extrapolation	Friche 20cm	0,77 [0,56 ; 0,9]		Interpolation

2 Synthèse et analyse des résultats

Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction
Maïs 5cm	0,8		Extrapolation	Friche 25cm	0,75 [0,56 ; 0,88]		Interpolation
Maïs 7cm	0,8		Extrapolation	Plateforme 3cm	0,72 [0,44 ; 0,89]		Interpolation
Maïs 7cm	0,8		Extrapolation	Plateforme 5cm	0,71 [0,43 ; 0,89]		Interpolation
Maïs 10cm	0,78		Extrapolation	Plateforme 10cm	0,69 [0,38 ; 0,89]		Interpolation
Maïs 15cm	0,76		Extrapolation	Plateforme 15cm	0,66 [0,32 ; 0,89]		Interpolation
Maïs 25cm	0,7		Extrapolation	Plateforme 20cm	0,64 [0,26 ; 0,9]		Interpolation
Maïs 25cm	0,7		Extrapolation	Plateforme 30cm	0,59 [0,16 ; 0,91]		Interpolation
Maïs 50cm	0,51		Extrapolation	Prairie 0cm	0,67 [0,39 ; 0,86]		Interpolation
				Prairie 2cm	0,66 [0,4 ; 0,85]		Interpolation
				Prairie 7cm	0,63 [0,43 ; 0,8]		Interpolation
				Prairie 7cm	0,63 [0,43 ; 0,8]		Interpolation
				Prairie 10cm	0,62 [0,44 ; 0,77]		Interpolation
				Prairie 10cm	0,62 [0,44 ; 0,77]		Interpolation
				Prairie 12cm	0,61 [0,44 ; 0,75]		Interpolation
				Prairie 25cm	0,54 [0,36 ; 0,71]		Interpolation
				Semis 0cm	0,82 [0,54 ; 0,94]		Interpolation
				Semis 3cm	0,81 [0,53 ; 0,94]		Interpolation
				Semis 10cm	0,78 [0,49 ; 0,93]		Interpolation
				Semis 15cm	0,76 [0,44 ; 0,93]		Interpolation
				Semis 20cm	0,74 [0,38 ; 0,93]		Interpolation
				Semis 30cm	0,7 [0,26 ; 0,94]		Interpolation

Les taux d'efficacité prédicts des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétal. Les prédictions du modèle sont globalement satisfaisantes. Les probabilités de détection se situent dans une gamme de valeurs allant de 0,45 au minimum (chaume de blé avec repousse à 30 cm de hauteur) à 0,85 au maximum (absence de végétation) suivant les milieux prospectés ce qui est globalement assez moyen montrant les difficultés de l'observateur à détecter des cadavres durant le suivi.

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2.2 Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de mortalité ont été réalisés strictement à partir des cadavres trouvés et pour lesquels l'origine de la mort est imputable de façon certaine aux éoliennes. Par ailleurs, seules les observations réalisées à partir du 2^{ème} passage ont été prises en compte (un cadavre d'Alouette lulu avait été découvert lors du premier passage le 16 mai 2019 au niveau de l'éolienne E03). En effet, les observations faites au 1^{er} passage concernent des cas de mortalité qui ne se sont pas produits pendant la période du suivi mais antérieurement à celui-ci. Ainsi, le 1^{er} passage permet d'établir un état zéro afin de garantir que toute nouvelle découverte de cadavre s'est bien produite dans l'intervalle précédent chaque passage.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est faible de manière générale (entre 0,34 et 0,52 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est assez faible également (entre 50% et 73% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,17 à 0,31, c'est à dire un facteur démultiplificateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 3,19 à 5,88. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 3 et 6 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).**

L'éolienne E03 est l'éolienne qui a la plus faible probabilité de détection globale, E01 et E04 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu assez faibles. E02 est intermédiaire.

Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation

	E01	E02	E03	E04
Probabilité détection $P(s,f)$				
Huso (2010)	0,47	0,42	0,34	0,4
Erickson et al. (2000)	0,52	0,49	0,38	0,43
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,51	0,45	0,34	0,4
Coefficient correcteur de surface a				
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,60	0,60	0,50	0,73
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$				
Huso (2010)	0,28	0,25	0,17	0,29
Erickson et al. (2000)	0,31	0,29	0,19	0,31
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,31	0,27	0,17	0,29

Estimation de la mortalité des chiroptères

- Éolienne E02

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découvertes de cadavres (n=10) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E02 sont comprises entre 33 et 40 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 55 à 67 individus et minimum allant de 20 à 23 individus. Les 10 observations ont été réalisées sur une période assez étendue entre le 20 juin 2019 et le 19 septembre 2019.

- Autres éoliennes

2 Synthèse et analyse des résultats

L'éolienne E03 est celle qui présente les estimations avec les plus fortes incertitudes, et les estimations probables les plus faibles. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 23 et 26 chiroptères. Les estimations les plus probables pour E01 sont de 22 à 25 chiroptères, ce qui la place en deuxième éolienne la plus impactante pour les chiroptères (observations et estimations confondues). E04 présente une situation assez proche de E01.

Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	7	10	1	5	23
Huso (2010) [IC 95%]	25 [13 ; 45]	40 [23 ; 67]	5 [1 ; 25]	17 [8 ; 34]	87
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	22 [12 ; 40]	33 [20 ; 55]	5 [1 ; 23]	16 [7 ; 31]	76
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	22 [12 ; 40]	37 [21 ; 61]	6 [1 ; 26]	17 [8 ; 34]	82

- *Ensemble du parc*

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 76 et 87 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 40 à 45 individus au minimum et de 149 à 171 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Les 23 observations ont été réalisées sur 105 jours centrés sur la période estivale (du 6 juin au 19 septembre : 6 découvertes en juin, 8 découvertes en juillet, 5 découvertes en aout, 4 découvertes en septembre).

L'éolienne E02 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E01, E04 et E03. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seules E02 et E03 semblent nettement différentes.

2 Synthèse et analyse des résultats

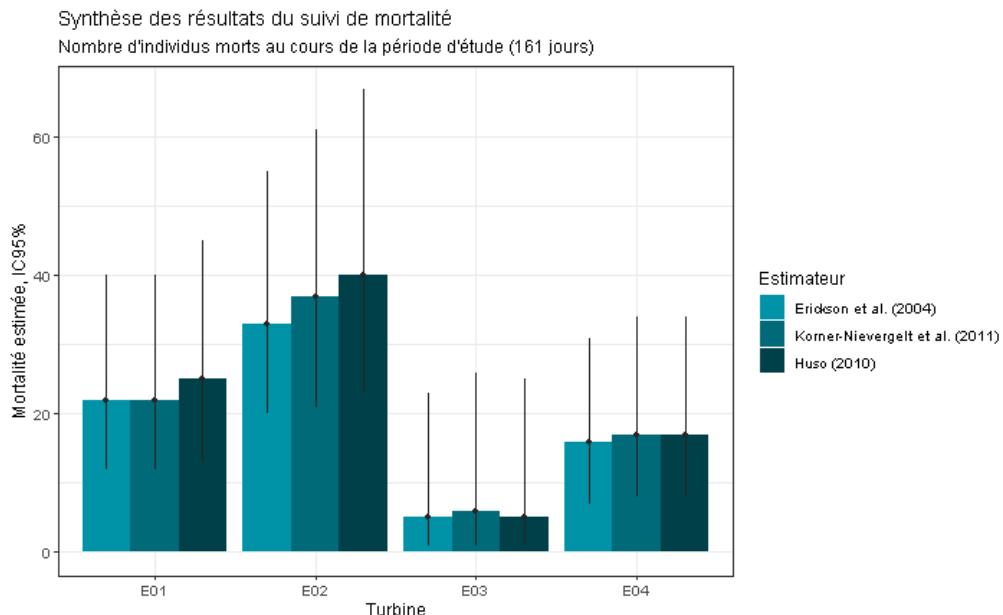


Figure 17 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2019 sur 161 jours

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

- **Éolienne E02**

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découverte de cadavres ($n=5$) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E02, sont comprises entre 16 et 20 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 33 à 40 individus et minimum allant de 8 à 9 individus. Les 5 observations ont été réalisées sur une période assez étendue, entre le 30 mai 2019 et le 12 septembre 2019.

- **Éolienne E03**

L'éolienne E03 est celle qui présente les estimations avec les plus fortes incertitudes. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est entre 31 et 36 oiseaux, ce qui est supérieur à la l'estimation la plus probable de E02 qui est l'éolienne la plus impactante pour les oiseaux (observations et estimations confondues). Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E03, sont comprises entre 10 et 12 individus sur une période de 161 jours de suivi. Les observations ont été réalisées lors du même passage le 20 juin 2019 (Martinet noir et Alouette lulu), sans considérer l'individu d'Alouette lulu découvert au premier passage et non comptabilisé dans les estimations de mortalité.

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Teillay sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	2	5	2	1	10
Huso (2010) [IC 95%]	7 [2 ; 20]	20 [9 ; 40]	11 [3 ; 35]	3 [1 ; 14]	41

2 Synthèse et analyse des résultats

Erickson et al. (2000) [IC 95%]	6 [2 ; 18]	16 [8 ; 33]	10 [2 ; 31]	3 [1 ; 13]	35
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	6 [2 ; 18]	18 [8 ; 36]	12 [3 ; 36]	3 [1 ; 14]	39

- Ensemble du parc*

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 35 à 41 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 13 à 15 individus au minimum et de 95 à 109 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 10 observations ont été réalisées sur 161 jours centrés sur les 3 saisons (du 16 mai au 24 octobre : 2 découvertes en mai, 3 découvertes en juin, 1 découverte en juillet, 4 découvertes en septembre et 1 découverte en octobre).

L'éolienne E02 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E03, E01 et E04. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seules E02 et E03 semblent proches et différentes de E01 et E04 (difficilement discernables entre elles).

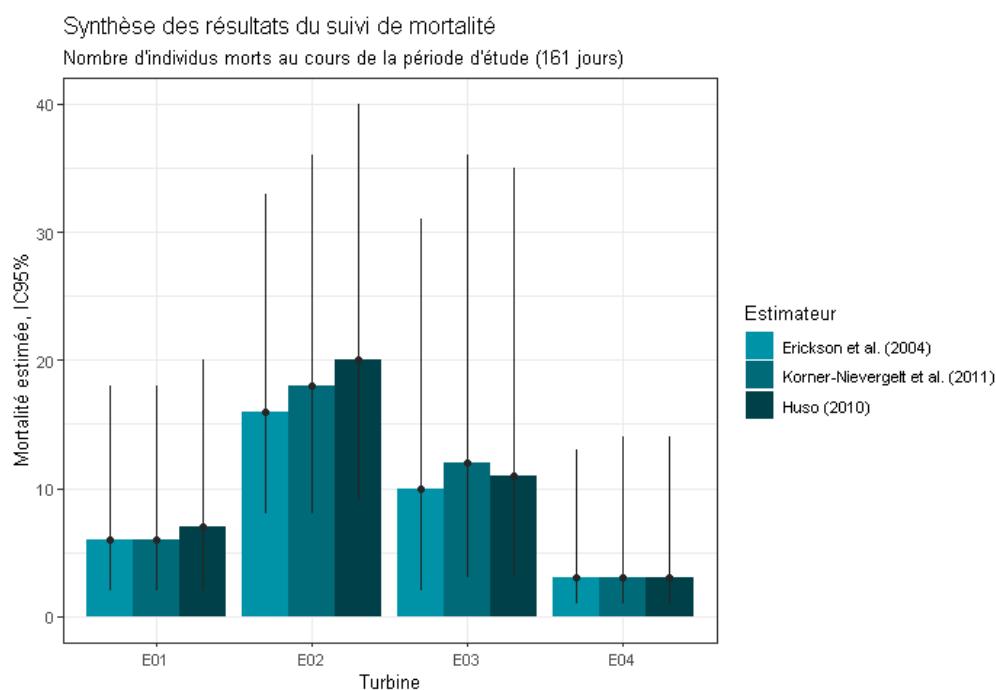


Figure 18 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Teillay au cours du suivi de 2019 sur 161 jours

1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Le premier suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Teillay entre le 16 mai 2019 et le 24 octobre 2019 (4 machines) a conduit à l'observation de 34 cadavres, dont 11 oiseaux (6 espèces) et 23 chauves-souris (4 espèces et un groupe d'espèces).

2 Synthèse et analyse des résultats

En effet, 6 espèces d'oiseaux (l'Alouette lulu, le Bruant jaune, le Faucon crécerelle, le Gobemouche noir, le Martinet noir et le Roitelet à triple bandeau) et 4 espèces et un groupe d'espèces de chiroptères (la Noctule commune, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, le groupe des pipistrelles et la Sérotine commune) ont été retrouvés sous les éoliennes du parc suivi.

La majorité des spécimens d'oiseaux observés concernent l'Alouette lulu et le Martinet noir (4 individus) ainsi que le Roitelet à triple bandeau (2 individus). La majorité des spécimens de chiroptères observés concernent la Pipistrelle commune (13 individus plus 1 individu non déterminé) et la Pipistrelle de Kuhl (6 individus), auxquelles s'ajoute une pipistrelle indéterminée. A noter l'observation de la Sérotine commune (2 individus).

La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme.

Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 7 m (Alouette lulu) et 50 m du mât (Martinet noir) pour les oiseaux et entre 8 m (Pipistrelle commune) et 44 m (Pipistrelle de Kuhl) pour les chiroptères.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été assez variables à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres variant de 3.2 jours (E03) à 12.3 jours (E02).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (161 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 76 à 87 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 105 jours, entre mi-mai et fin octobre, soit l'essentiel de la période d'activité des chiroptères et période rassemblant les activités les plus importantes (mise-bas, élevage des jeunes, rassemblements automnaux, reproduction).

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 35 à 41 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi, où les observations s'étalent sur l'ensemble du suivi soit 161 jours.

Bien qu'il faille se méfier de conclusions hâtives, les mortalités estimées (corrigées) d'après les données du suivi 2019 sur le parc de Teillay semblent nettement supérieures aux niveaux de mortalité (estimée avec correction) mentionnés par la bibliographie. Selon RYDELL et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. Gaultier, Marx & Roux (2019) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0.3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT et al., 2013). En Champagne-Ardenne, une étude menée sur 18 parcs éoliens donne des résultats de 1 à 3 cadavres par éolienne et par an, sans correction statistique (HARTER, 2015). De plus, de la mortalité a été constatée sur tous les parcs étudiés.

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Teillay en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On notera toutefois que le taux de mortalité estimé sur le parc semble élevé en comparaison des mortalités indicatives recensées par la bibliographie et que la mise en place de mesures correctives pour les chiroptères semble nécessaire.

2 Synthèse et analyse des résultats

Au vu des résultats estimatifs du premier suivi de mortalité de ce parc, il semble essentiel de définir des modalités de fonctionnement du parc éolien permettant de réduire la mortalité induite, qui semble élevée. Nous invitons le maître d'ouvrage à contacter les services de l'Etat en charge de l'inspection des parcs éoliens afin de discuter de la marche à suivre.

Il serait opportun de reconduire, suite à la mise en œuvre d'un asservissement ciblé des éoliennes, une nouvelle campagne de suivi pour valider les résultats obtenus, aussi bien pour les aspects quantitatifs (estimations de la mortalité) que qualitatifs (phénologie de la mortalité), et confirmer la bonne mise en place des mesures correctives.

Pour fiabiliser les analyses, la minimisation maximale des biais pourrait, dans la mesure du possible, être recherchée (notamment concernant les végétations en place).

2 Synthèse et analyse des résultats

2 Facteurs d'impact et mesures correctives

2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2019. A noter que l'étude d'impact avait évalué les risques de collision sur des préconisations de hauteur de bas de pôle supérieur à 50m. Or, les éoliennes du parc de Teillay possèdent une hauteur de bas de pôle de 35 m, ce qui augmente significativement les risques de collision aussi bien pour les chauves-souris que pour les oiseaux.

Tableau 15 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité suivi 2019	Analyse comparative
Oiseaux			
Alouette lulu	4 couples nicheurs / risque de collision quasi nul / impact faible	3 individus	Les effectifs de cadavres découverts (2 adultes en période de nidification et 1 indéterminé en période postnuptiale) amènent à envisager un effet significatif sur la taille de la population nicheuse locale (4 couples estimé en 2003/2004). L'impact du parc peut être sous-évalué pour cette espèce patrimoniale.
Martinet noir	En alimentation sur la zone / risque de collision faible / impact faible	3 individus	Espèce classiquement sensible à la collision, le risque a été sous-évalué dans l'étude d'impact. Les effectifs de cadavres découverts (2 adultes en période de nidification et 1 immature en période postnuptiale) ne semblent pas suffisants pour avoir un impact significatif sur les populations locales.
Roitelet à triple bandeau	Non observé	2 individus	Espèce classiquement sensible à la collision, l'espèce n'avait pas été observée (notamment pas en migration). Les effectifs de cadavres découverts (1 adulte en période de nidification et 1 adulte en période postnuptiale) ne semblent pas suffisants pour avoir un impact significatif.
Gobemouche noir	Non observé	1 individu	L'espèce n'avait pas été observée (notamment pas en migration). Les effectifs de cadavres découverts (1 seul adulte en période postnuptiale) ne semblent pas suffisants pour avoir un impact significatif.
Bruant jaune	Nicheur sur la zone / Risque de collision faible /impact faible	1 individu	L'espèce avait été observée (notamment en périodes de migration et inter-nuptiale). Les effectifs de cadavres découverts (1 seul adulte en période postnuptiale) ne semblent pas suffisants pour avoir un impact significatif.
Chiroptères			
Pipistrelle commune	Espèce contactée et capturée/ risque de collision faible / impact très limité	13 individus	Espèce classiquement sensible à la collision, le risque a été sous-évalué dans l'étude d'impact par les méthodes déployées. Les effectifs de cadavres découverts (13 en période de

2 Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité suivi 2019	Analyse comparative
			reproduction principalement) conduisent à l'hypothèse d'impacts significatifs sur les populations locales
Pipistrelle de Kuhl	Espèce contactée et capturée/ risque de collision faible / impact très limité	6 individus	Espèce classiquement sensible à la collision, le risque a été sous-évalué dans l'étude d'impact par les méthodes déployées. Les effectifs de cadavres découverts (6 en période de reproduction post mise-bas) semblent suffisamment élevés pour engendrer un impact significatif sur les populations locales
Sérotine commune	Espèce capturée/ risque de collision faible / impact très limité	2 individus	Espèce plus rarement découverte, les effectifs de cadavres découverts (2 en période de « post envol » des jeunes). L'impact sur les populations locales est difficile à juger et la découverte de l'espèce est à remarquer.
Noctule commune	Espèce non inventoriée / risque de collision faible / impact très limité	1 individu	Espèce classiquement sensible à la collision, le risque n'a été sous-évalué dans l'étude d'impact par les méthodes déployées. Les effectifs de cadavres découverts (1 en période de « post envol » des jeunes mais avant la période de migration début septembre) ne semblent pas suffisants pour avoir un impact significatif sur les populations locales

De manière générale, l'étude d'impact de 2005 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux (majorité des observations en dessous du niveau des pâles) que pour les chiroptères (composition / abondance des espèces et structure paysagère du site d'étude), ce que le suivi de mortalité réalisé en 2019 a au contraire mis en évidence.

Pour les oiseaux : l'évaluation du niveau de collision avait été sous-évalué comparativement aux observations et estimations réalisées en 2019. Parmi les espèces, il y a notamment l'Alouette lulu dont les effectifs de couple nicheurs sur l'aire d'étude sont proches du nombre d'individus trouvés mort.

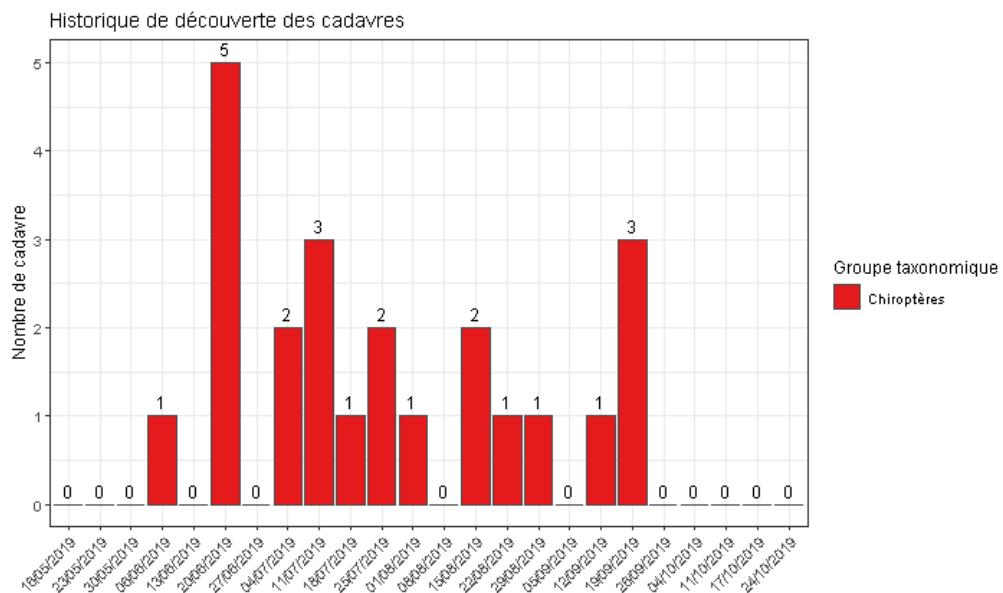
Pour les chiroptères : l'évaluation du niveau de collision avait été sous-évalué comparativement aux observations et estimations réalisées en 2019. Parmi les espèces, il y a notamment les Pipistrelle commune et de Kuhl dont les effectifs de cadavres découverts (20 en période de reproduction) semblent suffisants pour avoir un impact significatif sur les populations locales de ces espèces.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E03 entre mi-mai et fin octobre 2019. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 184 nuits. Des problèmes techniques n'ont pas permis de réaliser des écoutes du 30/09 au 03/10. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 23 chiroptères dont un seul au niveau de l'éolienne E03.

2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique



2 Synthèse et analyse des résultats

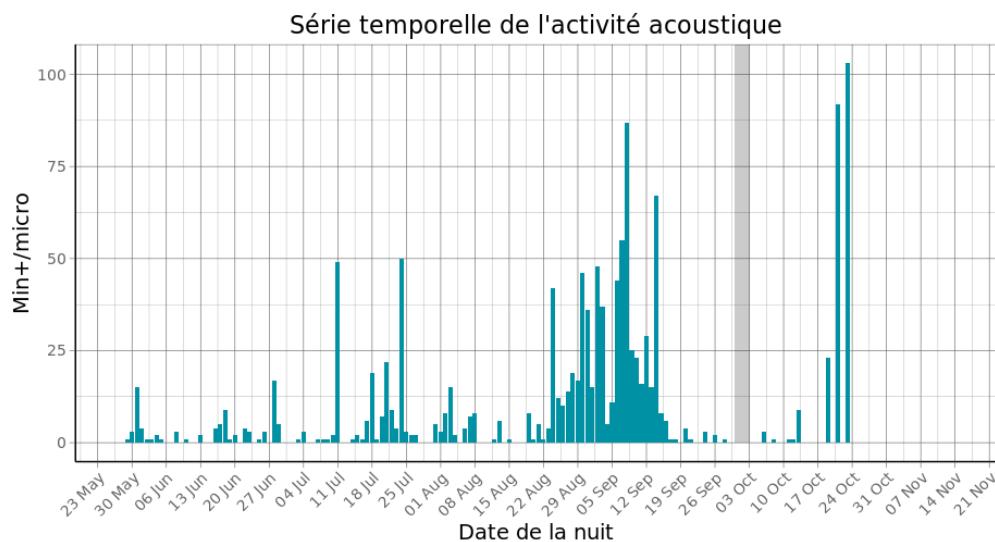


Figure 20 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité

Pour le suivi de l'activité acoustique, on remarque une activité principalement centrée sur la période automnale entre mi-août et mi-septembre (période post mise-bas). Ponctuellement, des pics d'activités acoustiques estivaux en juillet ont été enregistrés liés à des conditions météorologiques très favorables et à de probables bloom d'insectes. Le pic d'octobre est principalement lié à une activité importante de Pipistrelle de Kuhl.

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique ne semblent pas vraiment concorder. Une bonne partie des découvertes a été réalisée avant juillet là où l'activité est encore faible. Au contraire le pic d'activité acoustique fin aout / début septembre ou celui d'octobre ne sont pas retrouvés dans les découvertes de cadavres.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2.2 Comparaison des cortèges d'espèces détectées lors des suivis mortalité et acoustique

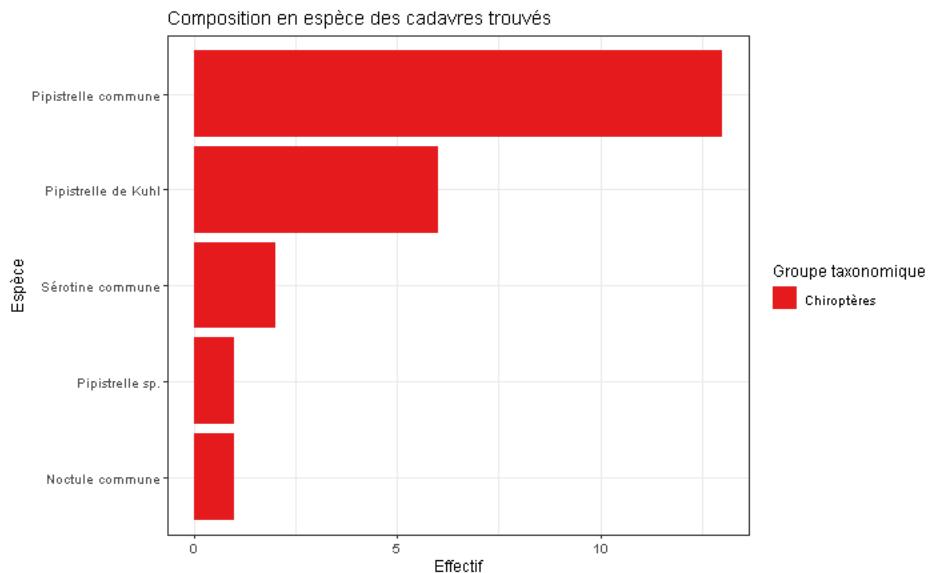


Figure 21 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Teillay

Pour le suivi de mortalité, les observations ont principalement concerné la Pipistrelle commune (n=13) répartie sur l'ensemble du suivi, la Pipistrelle de Kuhl (n=6), la Sérotine commune (n=2) et la Noctule commune (n=1).

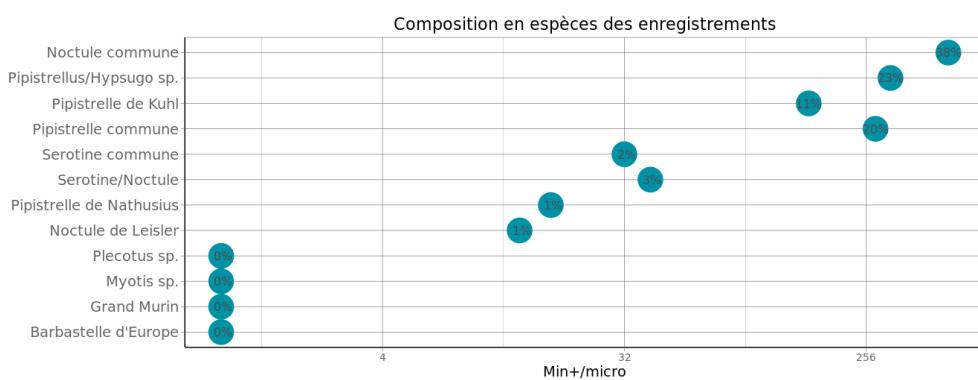


Figure 22 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Noctule commune (38%), suivie du couple d'espèces Pipistrelles de Kuhl / de Nathusius (23%) et de la Pipistrelle commune (20%). Seulement 2% de contacts ont été rattachés à la Sérotine commune et 3% au groupe d'espèces dites « Séroutule ».

Les principales espèces découvertes dans le cadre du suivi mortalité ont également été détectées lors du suivi acoustique (Pipistrelle commune et Pipistrelle de Kuhl). A l'inverse l'espèce

2 Synthèse et analyse des résultats

la plus contactée lors du suivi acoustique n'a fait l'objet que d'une seule découverte durant le suivi mortalité (Noctule commune). La Sérotinge commune, dont deux cadavres ont été découverts durant le suivi mortalité, fait partie des espèces assez peu contactées dans le cadre du suivi acoustique (moins de 5% des contacts).

2.2.3 Phénologie des contacts pour les espèces retrouvées lors du suivi mortalité

Pour les quatre espèces de chiroptères découvertes au cours du suivi de mortalité, l'activité acoustique a été très différente.

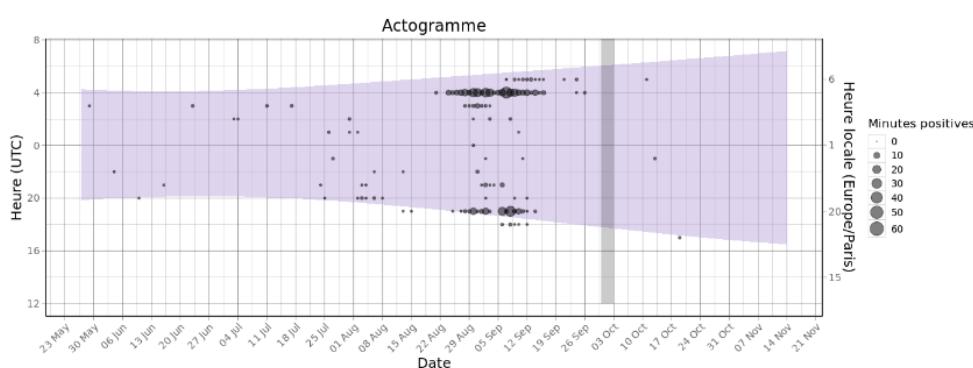
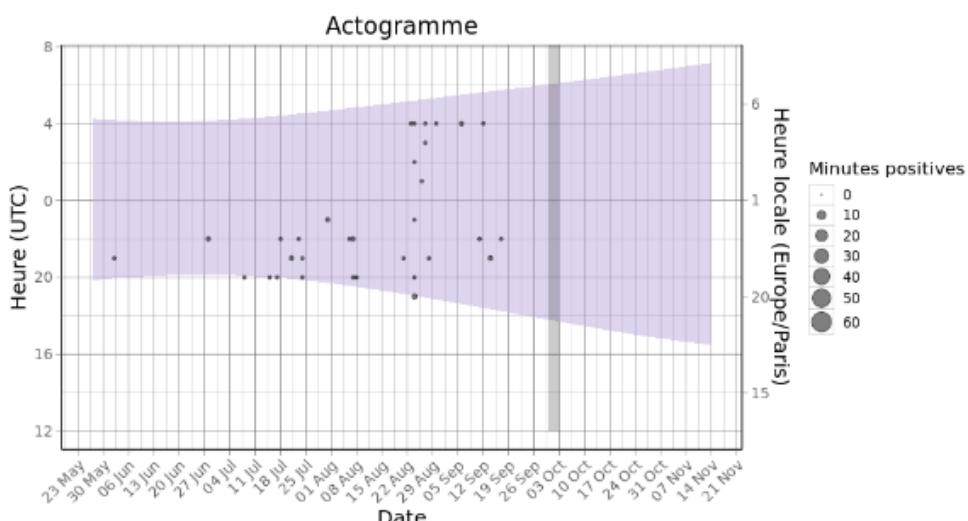


Figure 23 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données)

Pour la Noctule commune, l'activité s'est principalement concentrée entre fin aout et mi-septembre, avec un profil d'activité (crépuscule, aube) lié à des activités sociales importantes à proximité de l'éolienne E03.



2 Synthèse et analyse des résultats

Figure 24 : Actogramme du groupe des Sérotules sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en gris par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données)

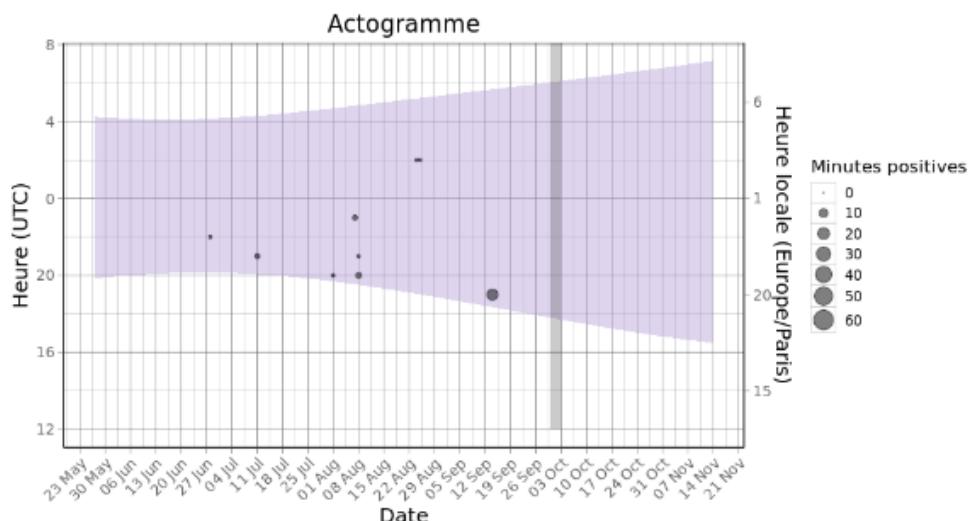


Figure 25 : Actogramme de la Sérotine commune sur la période du suivi de mortalité.

Pour les Sérotules et la Sérotine commune, la faible activité se concentre entre juillet et mi-septembre.

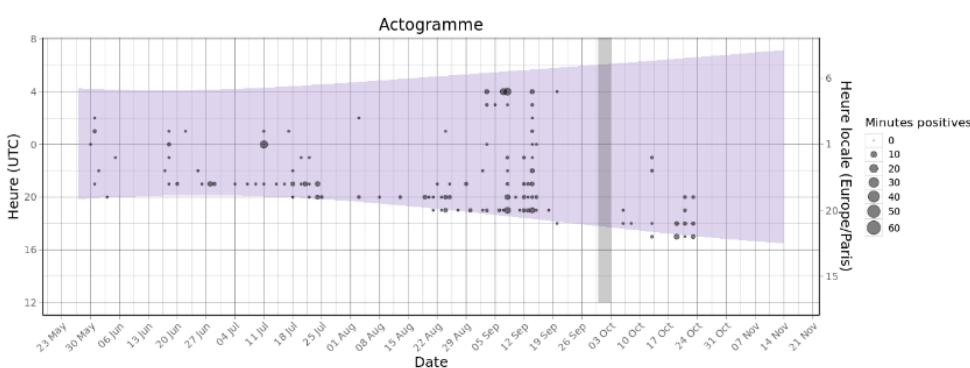


Figure 26 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité

Pour la Pipistrelle commune, l'activité est assez lissée au cours de la période du suivi de mortalité, avec une activité plus importante durant la première quinzaine de septembre.

2 Synthèse et analyse des résultats

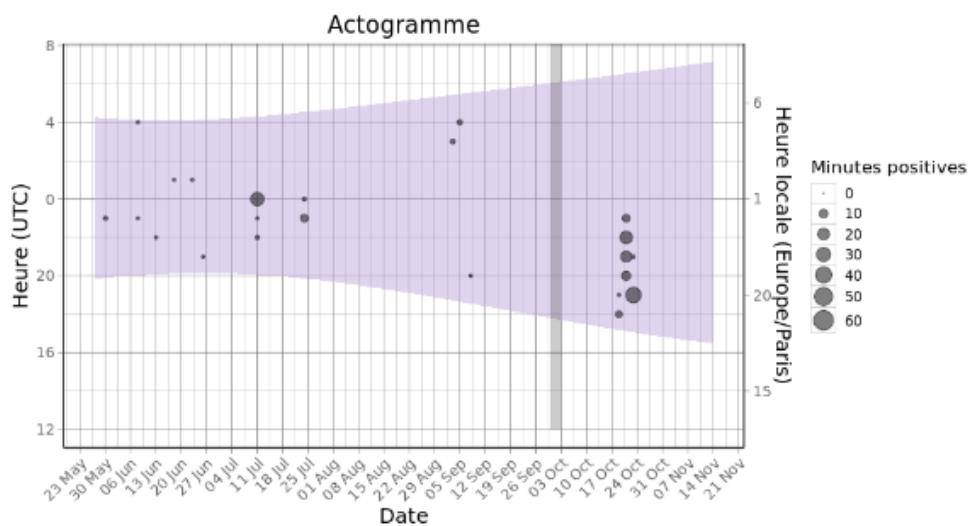


Figure 27 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl sur la période du suivi de mortalité

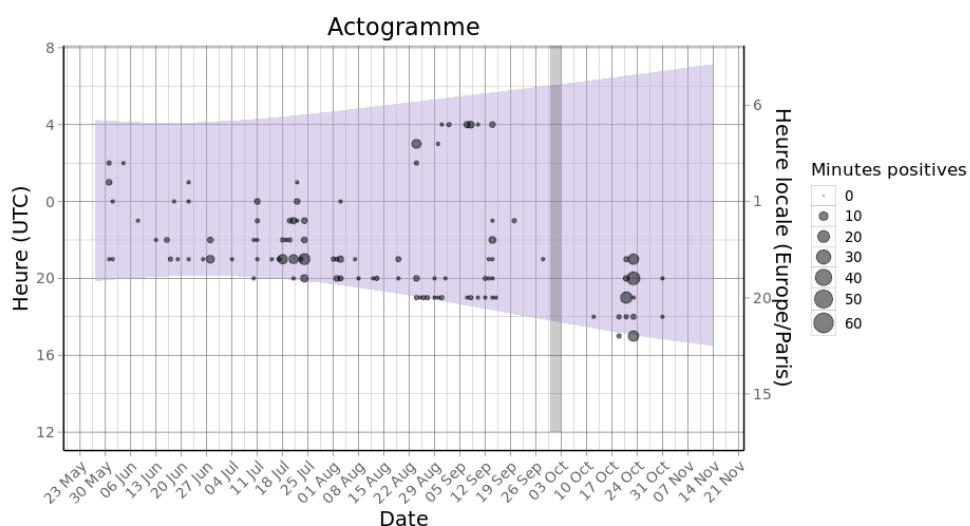


Figure 28 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité

2 Synthèse et analyse des résultats

Pour la pipistrelle de Kuhl (et Kuhl/Nathusius), l'activité est assez lissée au cours de la période du suivi de mortalité, avec un pic d'activité mi-octobre.

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 16 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces).

Tableau 16 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	06/06	20/06	04/07	11/07	18/07	25/07	01/08	15/08	22/08	29/08	12/09	19/09	Total général
Pipistrelle commune	1	3	2	2	1	1		1				2	13
Pipistrelle de Kuhl		2							1	1	1	1	6
Pipistrelle sp.				1									1
Sérotine commune						1	1						2
Noctule commune								1					1
Total général	1	5	2	3	1	2	1	2	1	1	1	3	23

2.2.4 Bilan du croisement des informations des deux suivis mortalité / acoustique

Les espèces découvertes durant le suivi de mortalité correspondent aux principales espèces identifiées durant le suivi acoustique. L'espèce la plus contactée en altitude a été la Noctule commune alors qu'un unique cadavre de cette espèce a été découvert lors des suivis de mortalité. Au contraire, la Sérotine commune n'est pas une espèce fréquemment contactée en altitude mais deux cadavres ont été découverts. Les pipistrelles sont à la fois le groupe d'espèces le plus contacté en altitude et le plus décompté parmi les cadavres découverts durant le suivi de mortalité.

Toutefois, au niveau de la phénologie, la découverte du cadavre de Noctule commune ne correspond pas aux principaux pics d'activité acoustique de l'espèce. Pour la Sérotine commune, le faible nombre de contacts acoustiques rend la comparaison difficile.

Au contraire, pour la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl, les découvertes échelonnées tout au long du suivi de mortalité correspondent à une activité acoustique enregistrée en continu tout au long de la période de suivi.

Sur les 23 chiroptères retrouvés durant le suivi de mortalité, un seul cadavre a été retrouvé au niveau de l'éolienne E03 équipée de l'enregistreur automatisé, ce qui limite fortement le croisement des informations .

Limites du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique : La comparaison des données acoustiques issues d'une seule éolienne (comparativement au suivi de mortalité qui est réalisé sur l'ensemble des éoliennes du parc) peut limiter l'interprétation du fait du manque de représentativité de l'activité locale de l'éolienne suivie en acoustique. Cette analyse comparative reste une analyse visuelle qui permet simplement de mettre en avant des éléments convergents ou non entre les deux types de suivis sur le même pas de temps.

2 Synthèse et analyse des résultats

3 Mesures correctives

Mesures de réduction

Il semble nécessaire de mettre en place un bridage basé sur les suivis acoustiques et les conditions météorologiques de 2019 pour limiter les risques de collision durant les phases de fortes activités des chiroptères. Un suivi complémentaire en 2020 (associé à un repositionnement du dispositif d'enregistrement sur l'éolienne E02) permettra de vérifier l'effet du bridage sur la mortalité tout en ayant un point de comparaison sur la variation du niveau d'activité interannuel des chiroptères et notamment vérifier si la mortalité observée en 2019 est liée à une activité chiroptérologique ponctuelle forte ou non. Ces enregistrements de 2020 permettront aussi d'ajuster le modèle de bridage avec une deuxième année basée sur l'éolienne estimée la plus impactante en 2020.

Poursuivre les suivis mortalité et acoustique en 2020

Les premiers résultats de suivi de mortalité indiquent des niveaux de mortalité significatifs nécessitant la réalisation d'investigations complémentaires. Ainsi, il est fortement recommandé de poursuivre un suivi mortalité sur la même période (S20 à S43 soit 24 passages). De plus, il serait nécessaire de réaliser en parallèle un suivi acoustique sur la même période que le suivi acoustique de 2019.

Les objectifs de la reconduction des suivis mortalité et acoustique sont de 1) vérifier le niveau des taux de mortalités du parc en 2020 et notamment si des mesures de réductions sont mises en œuvre et 2) d'utiliser le suivi acoustique de 2020 comme contrôle du niveau d'activité chiroptérologique et ajuster le modèle de bridage.

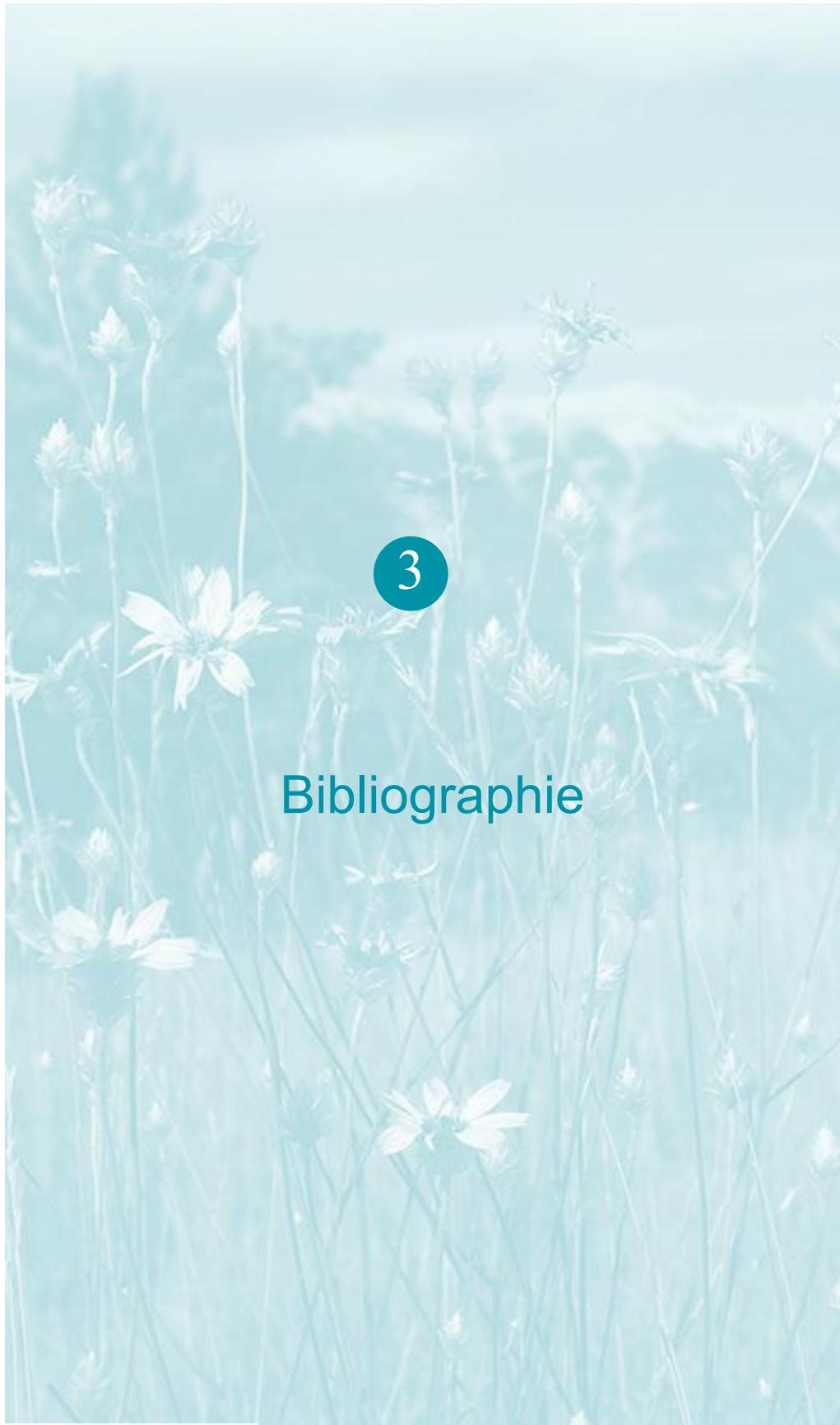
Amélioration du suivi

Les estimations de mortalité pour les chiroptères sont les plus importantes sur l'éolienne E02 alors que le suivi acoustique en nacelle a été réalisé au niveau de l'éolienne E03. Si un suivi acoustique et mortalité est relancé en 2020, il serait opportun de déplacer le dispositif d'enregistrement sur la nacelle de l'éolienne avec l'impact estimé le plus fort en 2019, c'est-à-dire l'éolienne 2. Ceci permettra 1) d'avoir un lien plus fort sur le croisement des découvertes de cadavres sur l'éolienne 2 et l'activité acoustiques en altitude et 2) malgré le changement d'éolienne, cela permettra d'avoir tout de même une base de comparaison interannuelle du taux d'activités annuel des chiroptères pour comparer les estimations de mortalités interannuelles et conclure sur les bénéfices de la mise en place de mesures de réduction comme le bridage des éoliennes.

Il est très intéressant de pouvoir améliorer les probabilités de détection globales lors des prochains suivis de mortalité pour améliorer la précision des estimations. Pour ce faire, il est important d'augmenter le taux de surfaces prospectées et améliorer la détection des parcelles prospectées.

3

Bibliographie



*Suivi de mortalité de l'avifaune
et des chiroptères*

3 Bibliographie

ANDRE, Y. 2004. - Protocoles de suivis pour l'étude des impacts d'un parc éolien sur l'avifaune. LPO, Rochefort. 20 p.

ARNETT E. B., ERICKSON W., KERNS J. & HORN J., 2005. – Relationship between bats and wind turbine in Pennsylvania and West Virginia: An assessment of fatality search protocols, patterns of fatality, and behavioral interactions with wind turbines. – Bats and Wind Energy Cooperative, 168 p.

ARNETT E. B., SCHIRMACHER M., HUSO M. & HAYES J., 2009. – Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. – Bats and Wind Energy Cooperative, 44 p.

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (2015). Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Editions Biotope, Coll. Parthénope, Muséum National d'Histoire Naturelle, 544 p.

BAERWALD E. & BARCLAY R., 2009. – Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities. – Journal of Mammalogy 90(6), p. 1341-1349.

BROWN R. ET AL. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.

DALTHORP, D., MADSEN, L., HUSO, M., RABIE, P., WOLPERT, R., STUDYVIN, J., SIMONIS, J., and MINTZ, J., 2018, GenEst statistical models—A generalized estimator of mortality: U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 7, chap. A2, 13 p., <https://doi.org/10.3133/tm7A2>.

DIETZ, C. ET VON HELVERSEN, O. (2004). Illustrated identification key to the bats of Europe. Electronique publication, version 1.0 released 15.12.2004, Tuebingen & Erlangen (Germany). 72 p.

ERICKSON, W.P.; JOHSON, G.D.; STRICKLAND, M.; KRONNER, K. (2000). Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project. pp 1-26.

FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.

FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

GAULTIER, S.P., MARX, G., & ROUX, D., 2019. Éoliennes et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. Office national de la chasse et de la faune sauvage/LPO. 120 p. https://eolien-biodiversite.com/IMG/pdf/lpo_oncfs_2019.pdf

HARTER N. 2015. Eoliennes et mortalité des chiroptères : synthèse des résultats du suivi d'une quinzaine de parcs éoliens en Champagne-Ardenne. Rencontre chiroptères Grand-Est, Saint-Brisson, 16-18 octobre 2015. 15p.

HUSO, M. M. (2010). An estimator of wildlife fatality from observed carcasses. Environmetrics, 22(3), 318-329. doi: 10.1002/env.1052 19 p.

HUTTERER, R., IVANOVA, T., MEYER-CORDS, C. & RODRIGUES, L. 2005. Bat migrations in Europe: A review of banding data and literature. Naturschutz und Biologische Vielfalt No. 28: 1-172.

KORNER-NIEVERGELT, F., KORNER-NIEVERGELT, P., BEHR, O., et al. 2011. A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches. Wildlife Biology, vol. 17, no 4, p. 350-363.

3 Bibliographie

KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIERMANN, I. & BEHR, O. (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, BEHR O, BRINKMANN R, ETTERSON MA, HUSO MM, DALTHORP D, KORNER-NIEVERGELT P, ROTH T and NIERMANN I (2015). "Mortality estimation from carcass searches using the R-package carcass - a tutorial." Wildlife Biology, pp. 30-43.

MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.

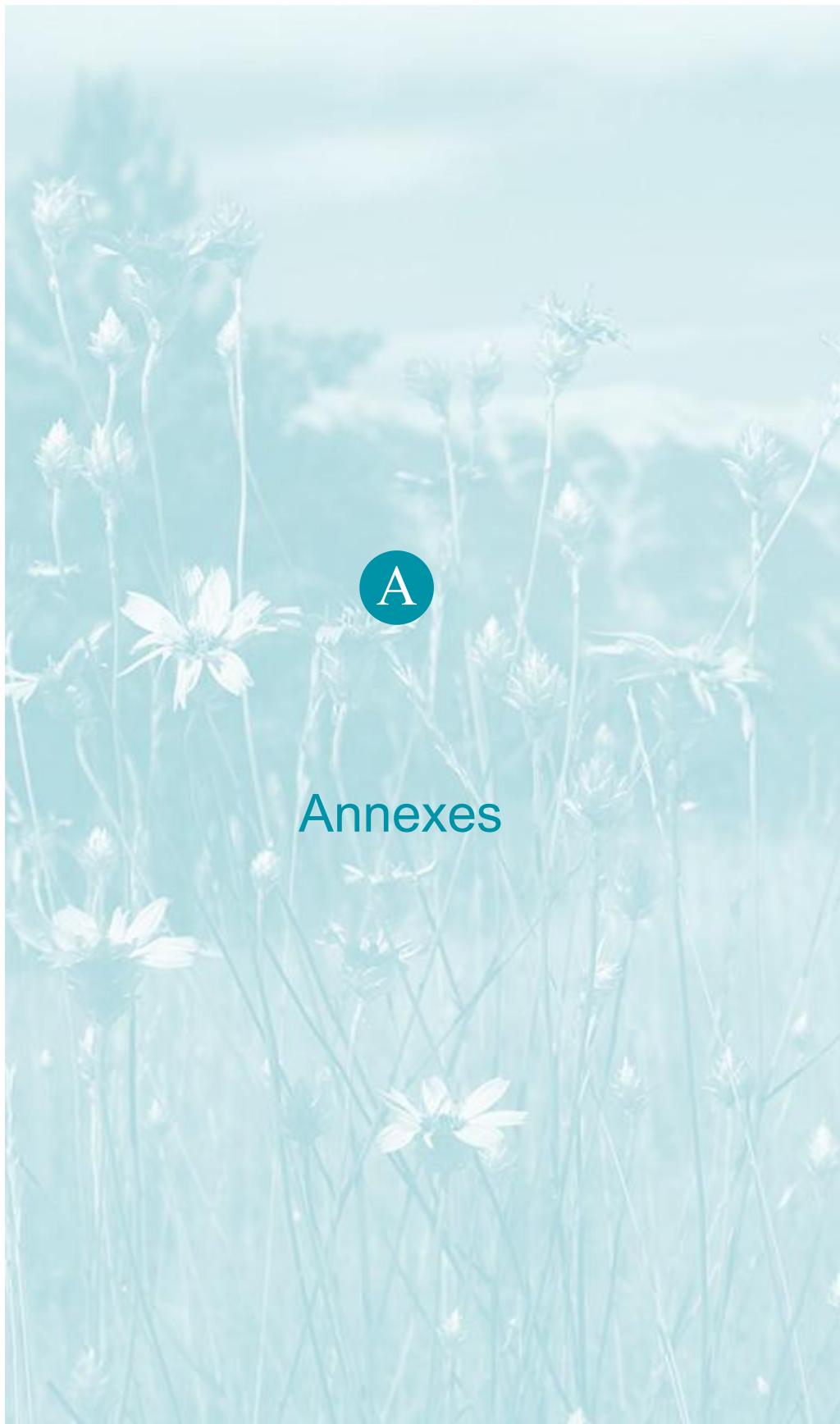
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.

RYDELL, J, OTTVALL, R, PETTERSSON, S, & GREEN M. (2017) The effects of wind power on birds and bats, an updated synthesis report 2017, Swedish Environmental Protection Agency. ISBN 978-91-620-6791-5, ISSN 0282-7298, 129p.

SVENSSON L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.

Site internet :

DURR, 2019 : <http://www.lfu.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>



Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 17 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Éolie nne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distan ce à l'éolie nne
16/05/2019	E03	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	Frais	Adulte	Indéter miné	Collision avec pale	13 m
30/05/2019	E02	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Sec	Adulte	Indéter miné	Barotraumatisme	43 m
06/06/2019	E02	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	En décomposition	Adulte	Indéter miné	Barotraumatisme	50 m
06/06/2019	E01	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	Sec	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	37 m
20/06/2019	E03	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	Frais	Adulte	Indéter miné	Collision avec pale	45 m
20/06/2019	E03	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéter miné	Barotraumatisme	32 m
20/06/2019	E01	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	20 m
20/06/2019	E04	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	44 m
20/06/2019	E04	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	29 m
20/06/2019	E01	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrell e de Kuhl	Sec	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	12 m
20/06/2019	E02	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrell e de Kuhl	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	24 m

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

04/07/2019	E02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	17 m
04/07/2019	E03	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	8 m
11/07/2019	E02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	26 m
11/07/2019	E01	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	19 m
11/07/2019	E01	<i>Pipistrellus/H ypsugo sp.</i>	Pipistrell e sp.	Fragment	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	19 m
18/07/2019	E02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	8 m
25/07/2019	E02	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Immatu re	Indéter miné	Barotraumatisme	23 m
25/07/2019	E04	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	27 m
25/07/2019	E04	<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commun e	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Collision avec pale	10 m
01/08/2019	E02	<i>Eptesicus serotinus</i>	Sérotine commun e	Sec	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	26 m
15/08/2019	E02	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commun e	Frais	Indéter miné	Mâle	Barotraumatisme	9 m
15/08/2019	E02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	9 m
22/08/2019	E02	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrell e de Kuhl	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	44 m
29/08/2019	E01	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrell e de Kuhl	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	13 m

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

05/09/2019	E02	<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle	Sec	Indéter miné	Indéter miné	Collision avec pale	48 m
12/09/2019	E02	<i>Lullula arborea</i>	Alouette lulu	Frais	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	7 m
12/09/2019	E04	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrell e de Kuhl	Sec	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	35 m
19/09/2019	E04	<i>Ficedula hypoleuca</i>	Gobemo uche noir	En décomposition	Immature	Indéter miné	Prédation ou charognage cadavre post-collision	40 m
19/09/2019	E02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	Sec	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	12 m
19/09/2019	E02	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrell e commun e	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	43 m
19/09/2019	E01	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrell e de Kuhl	En décomposition	Indéter miné	Indéter miné	Barotraumatisme	17 m
19/09/2019	E01	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Immature	Femelle probable	Barotraumatisme	36 m
24/10/2019	E01	<i>Emberiza citrinella</i>	Bruant jaune	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	11 m

