



Parc éolien du Bois Louis, commune de Tournoisis (45)

EUROWATT
avril 2020

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



Citation recommandée	Biotope, 2019, Parc éolien du Bois Louis, commune de Tournois (45), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. EUROWATT. 61 p.	
Version/Indice	VF	
Date	avril 2020	
Nom de fichier	Bois_Louis_Mortalite_EUROWATT_BiotopeVF	
Référence dossier	2019258	
Maître d'ouvrage	Parc éolien du Bois Louis SAS	
Interlocuteurs	Victoria BICCHIERAY	Contact : Tél : 01 71 19 70 66 Tél : 06 38 71 13 22 v.bicchieray@eurowatt.com
Biotope, Rédaction de l'étude	Franck LETERME	Contact : Tel : 02 38 61 07 94 fleterme@biotope.fr
Biotope, Contrôleur qualité	Michaël GUILLON	Contact : Tel : 02 40 05 32 35 mguillon@biotope.fr

Avant-propos

Le parc éolien du Bois Louis a été mis en service en juin 2006.

La société EUROWATT 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 BIOTOPE. 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 du Bois Louis.

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 », a été réalisé comme souhaité par EUROWATT.

À noter que la révision du document « Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres » est paru en mars 2018 fixant les modalités à suivre, notamment pour la réalisation d'un suivi de mortalité. Ainsi, le protocole réalisé dans le cadre de cette étude et le rapport qui en découle tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	8
1	Contexte - Présentation du parc éolien et données historique	9
1.1	Présentation du parc	9
1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	12
2	Méthodologie appliquée	15
2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	15
2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	17
2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité	23
2.4	Équipe de travail	29
2	Synthèse et analyse des résultats	31
1	Résultats du suivi de mortalité	32
1.1	Résultats bruts	32
1.2	Analyse des résultats	42
2	Facteurs d'impact et mesures correctives	50
2.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	50
2.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	52
3	Mesures correctives	56
3	Bibliographie	57
	Annexes	60

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	23
Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les cinq éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éoliennes et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi d'un an. 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 prospectable la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement)	25
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).	29
Tableau 4 : Équipe de travail	29

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 d'Europe	38
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien du Bois Louis	39
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	40
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation de l'espèce de chauve-souris touchée par le parc du Bois Louis	41
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 22 passages	42
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leurs intervalles de confiance à 95 % pour les deux tests de persistance pour chacune des cinq éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	43
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 renseigné à dire d'expert son indiqué en gras.	44
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	45
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable de chiroptères au sein du parc du Bois Louis sur la période du suivi	45
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable des oiseaux au sein du parc du Bois Louis sur la période du suivi	47
Tableau 15 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact, du suivi scientifique et du suivi mortalité	50
Tableau 16 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	56
Tableau 17 : Résultats du suivi de mortalité	61

Liste des illustrations

Figure 1 : Éolienne 1 le 22 mai 2019	9
Figure 2 : Éolienne 2 le 22 mai 2019	9
Figure 3 : Éolienne 3 le 22 mai 2019	9
Figure 4 : Éolienne 4 le 22 mai 2019	9
Figure 5 : Éolienne 5 le 22 mai 2019	10
Figure 6 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	15

Figure 7 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	16
Figure 8 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	26
Figure 9 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04, E05 (de gauche à droite et de haut en bas) le 14 mai 2019 (premier passage).	27
Figure 10 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. À 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, 1 ^{er} quartile, médiane en gras, 3 ^{ème} quartile, maximum).	27
Figure 11 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	28
Figure 12 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observé sur le parc éolien du Bois Louis	32
Figure 13 : Extrait des photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Martinet noir, Pigeon ramier, Faucon crécerelle, Faucon hobereau, Merle noir, Rougegorge familier, Roitelet à triple bandeau, et Noctule commune	33
Figure 14 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien du Bois Louis	34
Figure 15 : Nombre de cadavre découvert par éolienne	35
Figure 16 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc du Bois Louis. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	36
Figure 17 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	36
Figure 18 : Durées de persistance moyennes et incertitudes (intervalles de confiance à 95 %) des cadavres pour les tests de prédation	43
Figure 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95 %) pour les chiroptères pour le parc éolien du Bois Louis au cours du suivi de 2019 sur 146 jours	46
Figure 20 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95 %) pour les oiseaux pour le parc éolien du Bois Louis au cours du suivi de 2019 sur 146 jours	48
Figure 21 : Nombre de cadavres de chauves-souris trouvés par passage sur le parc éolien du Bois Louis.	53
Figure 22 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E02 sur la période de réalisation du suivi mortalité	53
Figure 23 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant la période de réalisation du suivi mortalité	54
Figure 24 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité	55

Figure 25 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en violet 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

Tables des cartes

Carte 1 : Situation paysagère et disposition des éoliennes du parc éolien du Bois Louis 11

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres 61

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte - Présentation du parc éolien et données historique

1.1 Présentation du parc

Le parc du Bois Louis se situe dans le département du Loiret (45), en région Centre-Val de Loire. Il est situé à environ 30 km au nord-ouest d'Orléans et à 135 km au sud de Paris.

Le parc, mis en service en juin 2006, comprend 5 éoliennes de type N90 (Nordex de 90 mètres de rotor), d'une puissance nominale de 2,4 MW. Ces éoliennes ont une hauteur de moyeu de 80 m et d'un rotor de 90 m de diamètre.

Le parc du Bois Louis se situe au sein d'une zone agricole intensive caractérisée par de grandes cultures céréalières. On peut toutefois recenser la présence de deux boisements, l'un entre les éoliennes E2 et E4, et l'autre à l'ouest de l'éolienne E3.



Figure 1 : Éolienne 1 le 22 mai 2019



Figure 2 : Éolienne 2 le 22 mai 2019



Figure 3 : Éolienne 3 le 22 mai 2019



Figure 4 : Éolienne 4 le 22 mai 2019

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

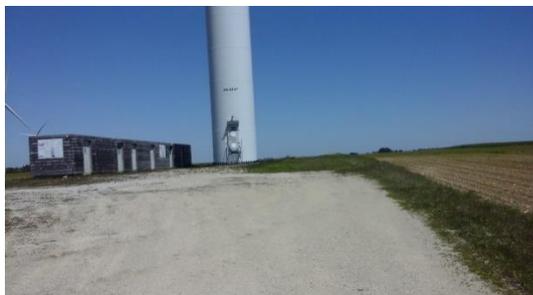


Figure 5 : Éolienne 5 le 22 mai 2019

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 de 2002 du projet éolien afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2019. On notera également qu'entre 2006 et 2010, un suivi post-implantation a été réalisé sur plusieurs parcs éoliens localisés en Beauce dont celui du Bois Louis. L'objectif de ce suivi était d'identifier le réel impact des éoliennes sur les oiseaux et les chauves-souris. Ainsi, les données concernant le parc éolien du Bois Louis ont été consultées.

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

Lors de l'étude d'impact, l'ensemble de la zone proposée à l'implantation a été parcouru. La quasi-totalité des routes et une partie des voies communales et chemins d'exploitation ont été prospectées.

Aucune précision n'est apportée sur le déroulement précis des inventaires de terrain (nombre de jour de terrain, méthodologie employée...).

Lors du suivi réalisé entre 2006 et 2010, concernant les oiseaux nicheurs, celui-ci a été basé sur le protocole STOC-EPS mis au point par le Muséum national d'Histoire naturelle (CRBPO) dans le cadre d'un observatoire national des oiseaux communs. Il s'agit de réaliser 10 points d'écoute sur le site notamment des « Bornes de Cerqueux » à Tournois et Épièdes-en-Beauce (parc constitué de 15 éoliennes réparties en trois sous-parcs dont celui du Bois Louis). Deux passages ont été effectués, l'un entre la mi-mars et la fin avril et l'autre entre le début mai et la mi-juin. Dans le cadre spécifique de l'œdicnème criard, cette méthode de base a été complétée par la recherche de contacts au moment du crépuscule afin de préciser la densité d'individus et de localiser les couples. Deux passages ont été répartis sur mai et juin et réalisés selon le protocole « œdicnème » national en utilisant la méthode de la repasse. Pour l'étude des chauves-souris, deux techniques ont été employées : la recherche de gîtes potentiels dans l'environnement du parc et la recherche, à l'aide d'un détecteur à ultrasons.

En 2019, le suivi réalisé a consisté d'une part à réaliser un suivi de la mortalité de l'avifaune et des chiroptères au niveau des cinq éoliennes du parc et d'autre part à effectuer le suivi de l'activité des chiroptères en altitude.

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

Au regard des faits exposés dans l'étude d'impact, il ressort les éléments suivants pour la partie avifaune :

« Eu égard à l'absence a priori d'enjeux écologiques majeurs évalués lors de la phase de terrain, l'option a été prise de mener l'analyse en s'appuyant sur les données ornithologiques rapidement accessibles sur la zone d'étude et dans des zones agricoles similaires et proches, cette option permettant de couvrir au mieux le cortège d'espèces présentes et potentielles dans la zones d'implantation ».

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

« L'avifaune observée durant la phase de terrain est classique des zones céréalières : Alouette de champs, Pipit farlouse, Bergeronnette printanière, Corneille noire, Pigeon ramier, Faucon crécerelle, Faisan de Colchide... »

Comme dans toute la Beauce alentours, les espèces patrimoniales sont bien représentées dans le secteur d'étude : Busard Saint-Martin, Busard cendré (le plus rare), Busard des Roseaux (un couple nichant dans la vallée de la Conie chasse régulièrement les rongeurs sur la commune de Tournois), Œdicnème criard (5 couples minimum), Alouette calandrelle (quelques couples). »

« Selon la documentation disponible, les oiseaux et les chauves-souris seraient les plus susceptibles d'être affectés par le projet d'implantation d'éoliennes ». Globalement, on retrouve dans le secteur :

- Des passereaux fréquentant essentiellement les petits bois, mais pouvant chercher leur nourriture dans les cultures avoisinantes : Troglodyte mignon, Rougegorge, Merle noir, Grive musicienne, Fauvettes, Pouillots, Pie bavarde, Pinson des arbres, Étourneau sansonnet, Pic vert, Pigeon ramier, Tourterelle des bois... Les densités sont faibles mais des concentrations peuvent exister au moment des migrations et de l'hivernage.
- Des rapaces nichant dans les bois mais ayant leur territoire de chasse comprenant les milieux ouverts : Hibou moyen-duc, Chouette hulotte, Faucon crécerelle, ... Ils sont, pour partie, sédentaires.
- Des passereaux fréquentant essentiellement les lieux habités tout ou partie de l'année : Moineau domestique, Moineau friquet, Rougequeue noir, Merle noir, Grive musicienne, Linotte mélodieuse, Mésanges bleue et charbonnière, Bergeronnette grise, Bruant jaune, Chardonneret élégant, Verdier, Pigeon ramier, Tourterelle turque...
- Des passereaux de milieux ouverts, pouvant nicher au sol ou dans les céréales ou fréquentant ces lieux ouverts à d'autres saisons (migration, hivernage) : Bergeronnette printanière, Alouette des champs, Alouette calandrelle, Cochevis huppé, Pipit farlouse, Bruant proyer, Traquet motteux, Tarier pâle.
- Des passereaux insectivores pouvant avoir leur site de reproduction à plusieurs kilomètres mais dont la zone de chasse est vaste et largement dépendante des émergences d'insectes au-dessus des plaines cultivées : Martinet noir, Hirondelle de fenêtre, Hirondelle rustique.
- Des rapaces inféodés aux grandes zones de cultures, y nichant et y chassant : Busard Saint-Martin, Busard cendré et exceptionnellement Busard des Roseaux.
- Des limicoles inféodés aux zones steppiques et trouvant dans la plaine céréalière des lieux de reproduction de substitution : Œdicnème criard. Ceux-ci peuvent trouver dans les zones annexes (par exemple anciennes marnières), de petits espaces tranquilles pour se reproduire.
- Des limicoles grégaires en migration et hivernage et y recherchant leur nourriture en plaine céréalière : Vanneau huppé, Pluvier doré.
- Des gallinacés des grandes plaines céréalières : Perdrix grise, Caille des blés, ou acclimatés : Faisan de Colchide.

En outre, durant les périodes de migration, la quasi-totalité de l'avifaune migratrice européenne est susceptible de passer dans le secteur, selon un axe de migration nord-est à sud-ouest totalement diffus. De nombreuses autres espèces, non citées ici, peuvent être concernées : grands rapaces (milans, Balbuzards, par exemple), grands échassiers (cigognes, grues, hérons), anatidés, Cormorans, râlidés, limicoles, laridés, passereaux... dont certaines présentent des populations vulnérables.

La vallée de la Conie, à quelques kilomètres plus au nord, attire, en petite quantité, de nombreux oiseaux inféodés aux milieux humides, qui y nichent, lorsque les conditions hydrologiques sont réunies : Canard colvert, Sarcelle d'hiver, Sarcelle d'été, Canard souchet, Grèbe castagneux, Poule d'eau, Foulque macroule, Héron cendré, Aigrette garzette, Rousserolle effarvate, Rousserolle turdoïde, Phragmites des joncs, Bruant des Roseaux, Hypolaïs polyglotte,

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Rossignol philomèle... Ces oiseaux, pour l'essentiel migrateur, transitent dans un sens ou dans l'autre par la zone d'étude. »

1.2.3 Intérêts du site et de ses abords pour les oiseaux, définis par le suivi

Entre 2006 et 2010, le nombre maximal d'espèces observées sur le parc des « Bordes de Cerqueux » s'élève à 46. Globalement la richesse spécifique du secteur est d'une quarantaine d'espèces. Quant à l'Œdicnème criard, les effectifs ont varié de 8 à 17 couples, avec un certain nombre d'individus isolés gravitant autour d'eaux.

Suite à ce suivi, il ressort que ce secteur d'étude reste occupé par l'Œdicnème criard, avec même une légère hausse des effectifs. Les oiseaux ne semblent pas perturbés par les machines et sont probablement plus dépendants de l'assolement que de la présence d'éoliennes sur leur territoire.

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

Au regard des faits exposés dans l'étude d'impact, il ressort les éléments suivants pour la partie Chiroptères :

Aucun résultat d'inventaire ne ressort de cette étude d'impact : « Le reste de la faune terrestre n'a pas pu être évalué directement : rongeurs tels que les campagnols et mulots, insectivores (musaraignes, hérisson, chauves-souris), carnivores (renard, fouine...) sont sans doute présents ».

« Localement, les populations semblent très faibles et les gîtes quasi inexistantes aux abords des lieux d'implantation prévus. Au regard des connaissances disponibles, il ne semble donc pas a priori nécessaire d'approfondir les impacts éventuels pour ce groupe d'espèces ».

1.2.5 Intérêts du site et de ses abords pour les chiroptères, définis par le suivi

Le parc des « Bordes de Cerqueux » n'avait pas bénéficié d'expertises pour les chauves-souris avant l'installation des éoliennes. Le suivi a donc commencé au printemps 2006, avant la mise en place des machines, afin qu'il puisse servir d'état zéro.

Il ressort qu'aucun contact avec des chiroptères n'a été noté, que ce soit au sol ou en altitude. La pauvreté des milieux rencontrés explique probablement cette désaffection.

L'absence de chiroptères en période de reproduction exclut donc les risques de collision avec des individus résidents. Il convient néanmoins de rester prudent d'une part du fait d'une attractivité intrinsèque potentielle des machines et d'un risque, actuellement non mesuré, sur les populations migratrices.

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 6 : 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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Méthode de collecte des données

Surface-échantillon à prospecter : 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).

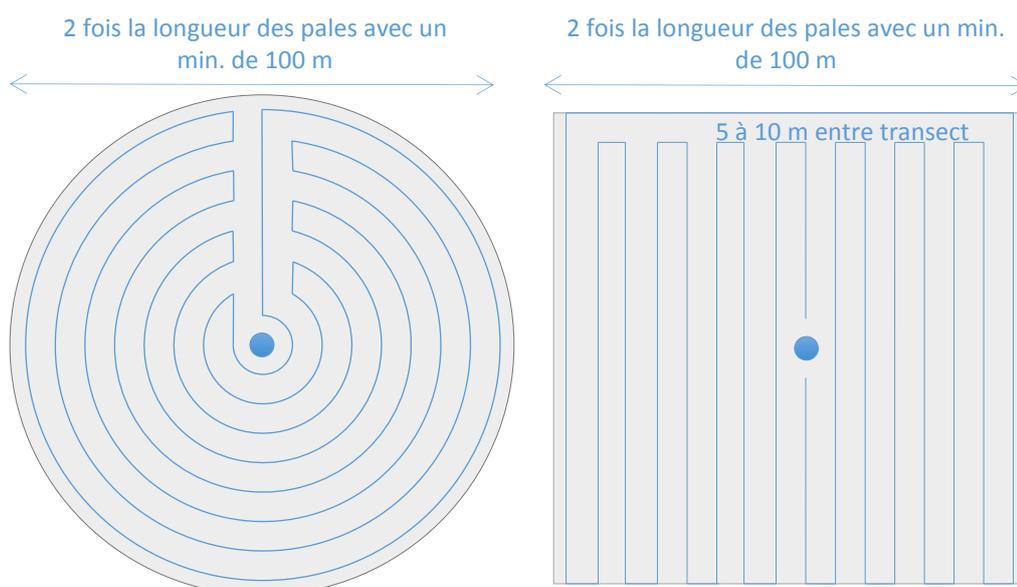


Figure 7 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

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 ;

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- 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 ;
- 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 sur le parc éolien du Bois Louis. 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 prédation/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 inexploitable les données issues du suivi de mortalité.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

$$N_e = N_d / (a \times P(s,f))$$

N_e = 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

Nd = 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 (**Nd**) 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 **Ne**. 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 (prédation, 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 prédation 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'évaluer 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 sur l'ensemble de pouvoir tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol. De 10 à 15 leurres 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 possible 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 prédation 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 prédation, 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).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 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, le nombre de cadavres découverts lors des suivis est divisé par cette probabilité globale de détection.

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-Nievergelt (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 leurres 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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 a la possibilité de continuer à prospecter s'il estime que sa capacité de détection est encore significative ou de considérer la 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 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 mats 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 prédation (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 prédation 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 aller au point d'être dans l'incapacité à 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. À 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 1 900 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 seront 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 seront déterminés en laboratoire (loupes binoculaires), après avoir été conservés congelés. Une autorisation de transport préalable au suivi a été réalisée 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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- 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.
- 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 seront remplacés 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 22 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 14 mai 2019 au 7 octobre 2019.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (22 passages)		
0	14/05/2019	Température : 14.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 27.9 km/h. Direction du vent : NE
1	22/05/2019	Nébulosité : 75%. Température : 17.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.1 km/h. Direction du vent : N
2	28/05/2019	Nébulosité : 92%. Température : 13.6 °C. Pluie : 0.03 mm/h. Vitesse du vent : 18.4 km/h. Direction du vent : O
3	04/06/2019	Nébulosité : 92%. Température : 21.8 °C. Pluie : 0.23 mm/h. Vitesse du vent : 13.2 km/h. Direction du vent : E
4	13/06/2019	Nébulosité : 92%. Température : 16.1 °C. Pluie : 0.01 mm/h. Vitesse du vent : 18 km/h. Direction du vent : S
5	17/06/2019	Température : 21.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 6.6 km/h. Direction du vent : E
6	25/06/2019	Nébulosité : 81%. Température : 26.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4.3 km/h. Direction du vent : SO

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
7	02/07/2019	Température : 21.1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 16.3 km/h. Direction du vent : NE
8	09/07/2019	Température : 20.7 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 24.6 km/h. Direction du vent : NE
9	17/07/2019	Température : 25 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 2.4 km/h. Direction du vent : E
10	22/07/2019	Température : 26.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 4.9 km/h. Direction du vent : NE
11	29/07/2019	Température : 24 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 9.2 km/h. Direction du vent : SE
12	06/08/2019	Nébulosité : 98%. Température : 21.1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 12.7 km/h. Direction du vent : SO
13	13/08/2019	Nébulosité : 89%. Température : 17.6 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 12.1 km/h. Direction du vent : O
14	19/08/2019	Nébulosité : 80%. Température : 19.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 13.8 km/h. Direction du vent : O
15	28/08/2019	Nébulosité : 75%. Température : 24.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 14.2 km/h. Direction du vent : SO
16	03/09/2019	Température : 20.3 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 5.6 km/h. Direction du vent : N
17	09/09/2019	Nébulosité : 94%. Température : 16.4 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 8.7 km/h. Direction du vent : S
18	20/09/2019	Température : 18.1 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 22.2 km/h. Direction du vent : NE
19	23/09/019	Nébulosité : 88%. Température : 18 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 19.5 km/h. Direction du vent : SO
20	30/09/2019	Nébulosité : 98%. Température : 14.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 17.8 km/h. Direction du vent : SO
21	07/10/2019	Nébulosité : 90%. Température : 14.2 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent : 17.2 km/h. Direction du vent : O
Tests d'efficacité (2 tests)		
Test 1	25/06/2019	Dépôt de 45 leurres
Test 2	06/08/2019	Dépôt de 30 leurres
Tests de prédation (2 tests)		
Test 1	28/05/2019	Dépôt de 50 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	22/07/2019	Dépôt de 50 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)

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 11 et Figure 12). Le couvert végétal dans les zones de recherche

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts (> à 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 était considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la première contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospecter. Par ailleurs, la maintenance sur certaines éoliennes au moment de nos passages nous a contraint à ne pas pouvoir les suivre sur certaines dates (notamment le cas pour les éoliennes 1 et 4).

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

Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les cinq éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éoliennes et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi d'un an. 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 prospectable la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement)

Milieux	E01	E02	E03	E04	E05	Total
Betterave	85,0%	/	/	/	/	17,0%
Céréale	/	/	34,2%	38,2%	/	14,5%
Chaume	/	/	49,2%	7,6%	/	11,4%
Chemin d'accès	0,4%	/	1,8%	0,6%	/	0,6%
Déchaume	/	2,2%	/	38,2%	/	8,1%
Maïs	/	78,6%	0,2%	/	83,8%	32,5%
Plateforme	14,6%	19,2%	14,6%	15,3%	16,2%	16,0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

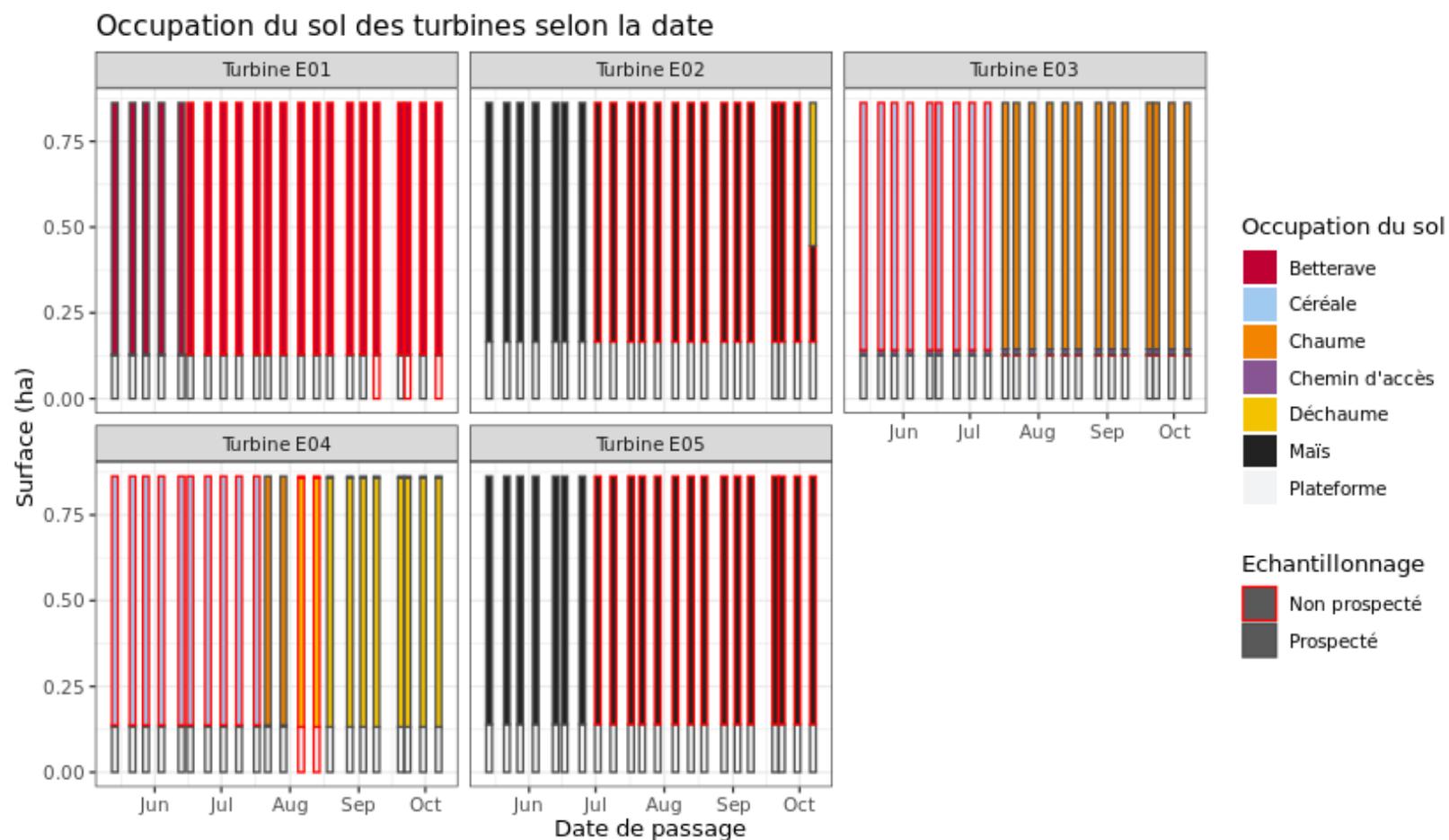


Figure 8 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

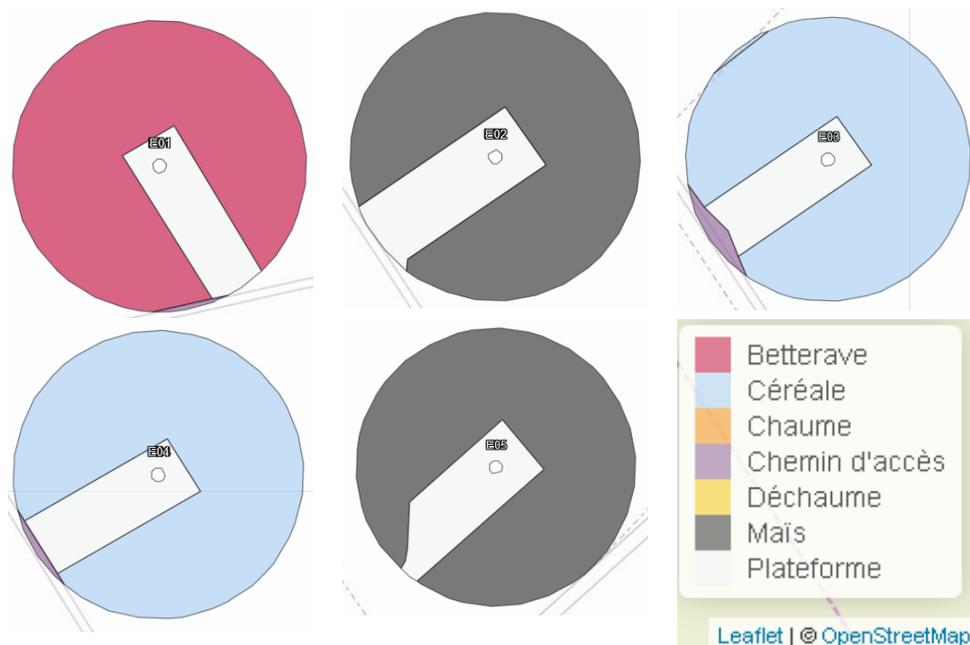


Figure 9 : Occupation du sol pour les éoliennes E01, E02, E03, E04, E05 (de gauche à droite et de haut en bas) le 14 mai 2019 (premier passage).

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 prospectée tout au long du suivi. Ce taux de surface prospectée est variable dans le temps et différent pour chaque éolienne suivie.

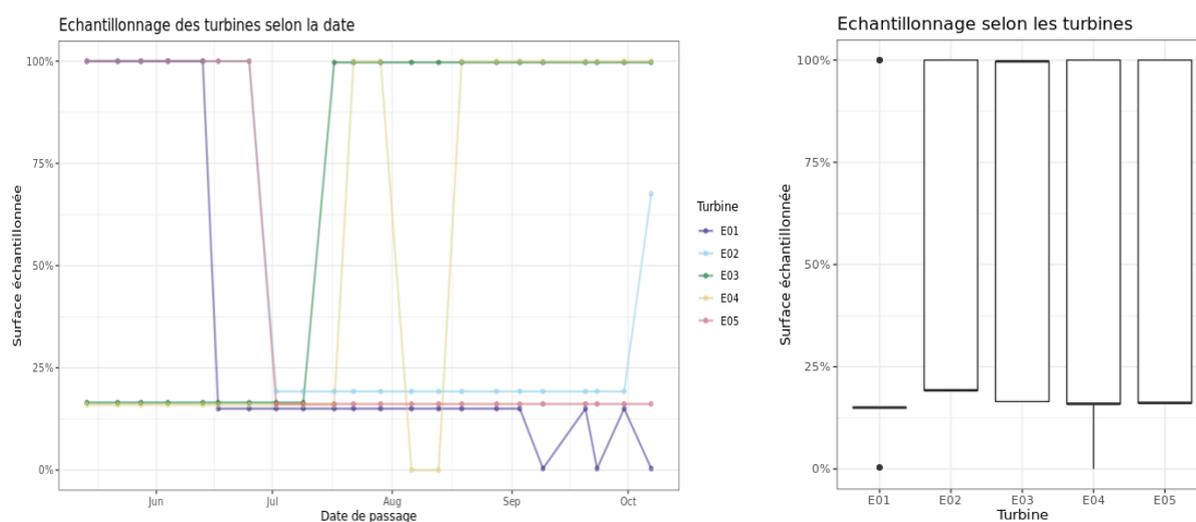


Figure 10 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. À gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1^{er} quartile, médiane en gras, 3^{ème} quartile, maximum).

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 50 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées une seule 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 faites à 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 30 à 45 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 lure 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.



Figure 11 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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	E05	Parc ensemble
Occupation du sol						
Chaume	0	0	15	0	0	15
Chemin d'accès	5	0	14	3	0	22
Mais	0	10	0	0	5	15
Plateforme	5	3	10	1	4	23
Hauteur de végétation						
0	2	0	5	0	2	9
5	3	1	17	0	0	21
30	5	12	17	4	7	45
Date de test						
24/06/2019	5	12	17	4	7	45
05/07/2019	5	1	22	0	2	30
Total	10	13	39	4	9	75

2.3.6 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateur. 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 (3 / 22 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 faite 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

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude (Tableau 4).

Tableau 4 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Michaël GUILLON
Chef de projet Responsable du projet et rédaction de l'étude	Franck LETERME

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Technicien suivi de mortalité Réculte des données mortalité avifaune et chiroptères (19 sessions)	Sophie LAURENT
Technicien suivi de mortalité Réculte des données mortalité avifaune et chiroptères (3 sessions)	Anaïs COLIN

2

Synthèse et analyse des résultats

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, 10 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien du Bois Louis, dont 9 oiseaux (7 espèces) et 1 chauve-souris (1 espèce) entre le 14 mai 2019 et le 7 octobre 2019.

● Cf. *Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres.*

Les espèces d'oiseaux trouvés sont le Martinet noir, le Pigeon ramier, le Faucon crécerelle, le Faucon hobereau, le Merle noir, le Rougegorgé familier et le Roitelet à triple bandeau, entre le 14 mai 2019 et le 7 octobre 2019.

Les espèces observées les plus impactées sont le Martinet noir (3 individus), puis pour les autres espèces trouvées, un seul individu a été noté.

L'espèce de chauve-souris trouvée est la Noctule commune, recensée entre le 14 mai 2019 et le 7 octobre 2019.

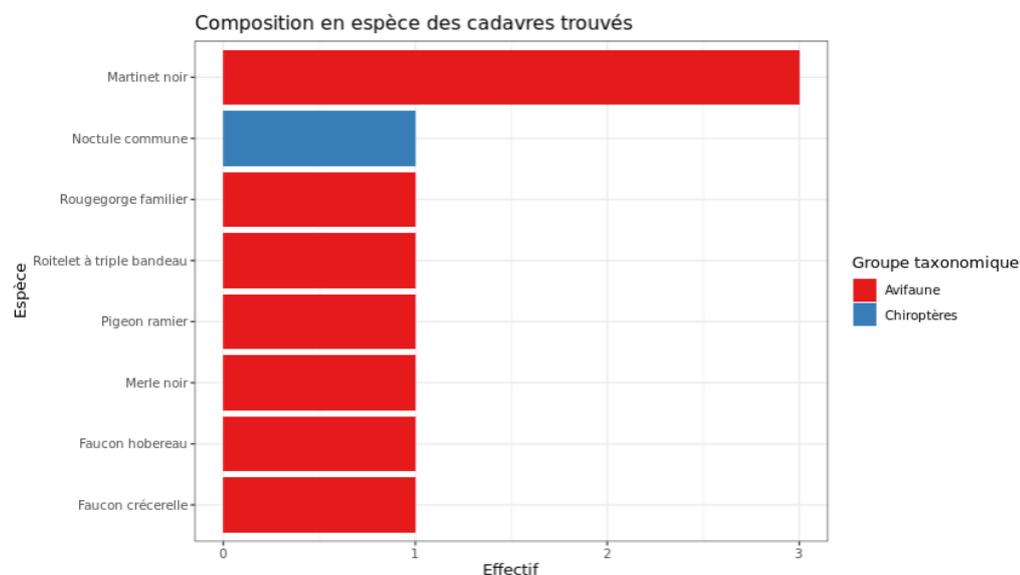


Figure 12 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observé sur le parc éolien du Bois Louis

2 Synthèse et analyse des résultats



Figure 13 : Extrait des photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Martinet noir, Pigeon ramier, Faucon crécerelle, Faucon hobereau, Merle noir, Rougegorge familier, Roitelet à triple bandeau, et Noctule commune

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été recensés sur les trois périodes de suivi : mai/juin, août et septembre. Les effectifs observés semblent plus conséquents lors de la période de migration en août.

2 Synthèse et analyse des résultats

- Concernant les cadavres des chiroptères, le seul individu trouvé a été recensé sur la période de suivi du mois d'août.

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

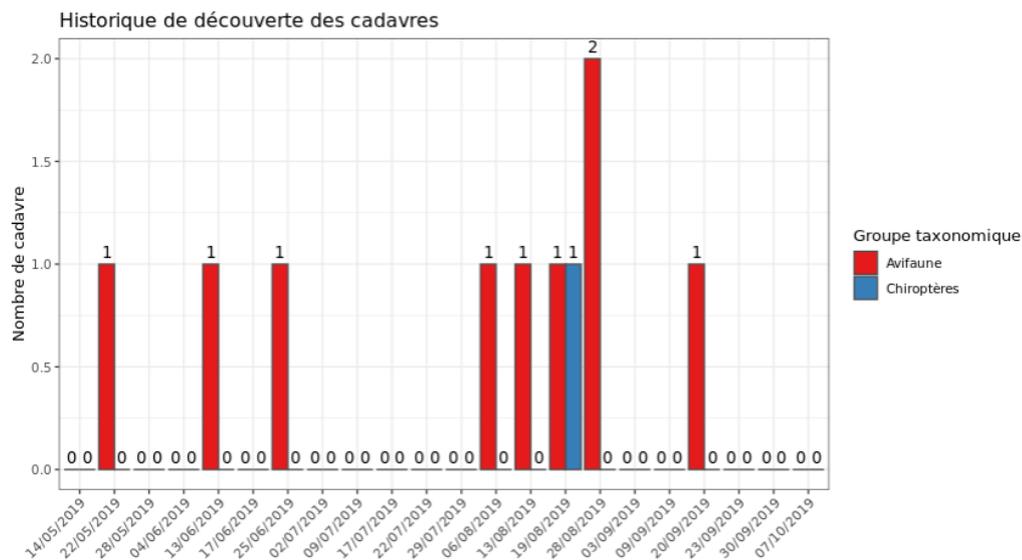


Figure 14 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien du Bois Louis

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 proches entre elles. Ces résultats présentent une variabilité inter-éolienne trop faible pour permettre de mettre en évidence un éventuel impact plus important de l'une ou l'autre de ces machines. Toutefois, on observe un effectif légèrement plus élevé au niveau de l'éolienne E4. Cette éolienne semble donc avoir un impact un peu plus marqué que les autres machines.

2 Synthèse et analyse des résultats

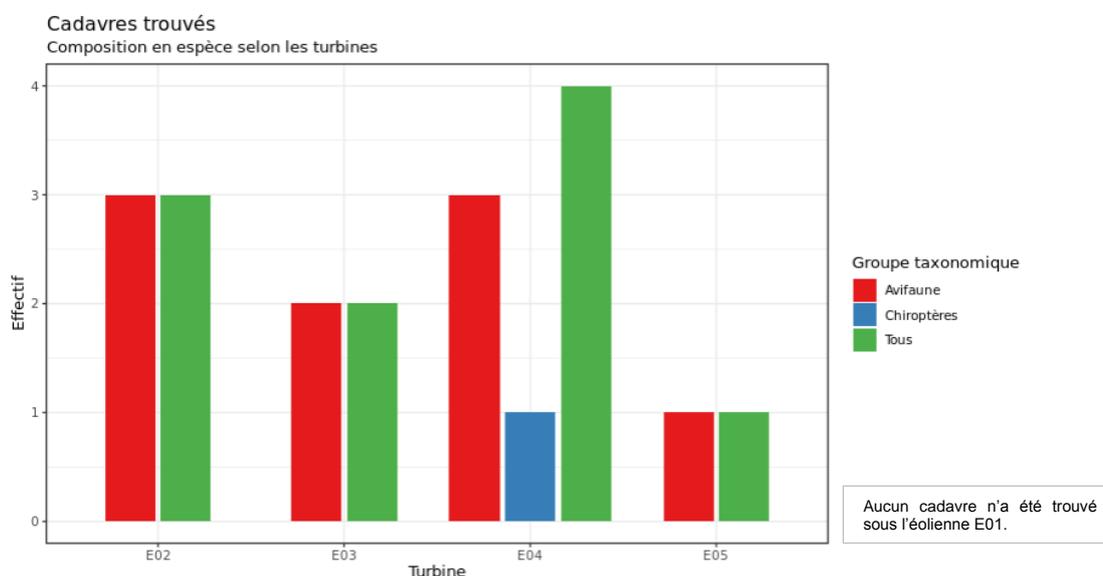


Figure 15 : Nombre de cadavre découvert par éolienne

Hormis l'éolienne E01 où aucun cadavre n'a été trouvé, l'ensemble des autres éoliennes présente des cas de mortalité que ce soit pour l'avifaune que pour les chiroptères et de manière assez équilibrée entre éoliennes allant de 1 à 3 cadavres par éoliennes et par groupe faunistique.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur la quasi-totalité des distances prospectées, notamment sur de longues distances vu la taille des passereaux et des chiroptères. Les individus retrouvés le plus loin d'une éolienne sont un Martinet noir et un Merle noir à 50 m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent assez aléatoires aussi bien pour les chiroptères que pour l'avifaune.

2 Synthèse et analyse des résultats

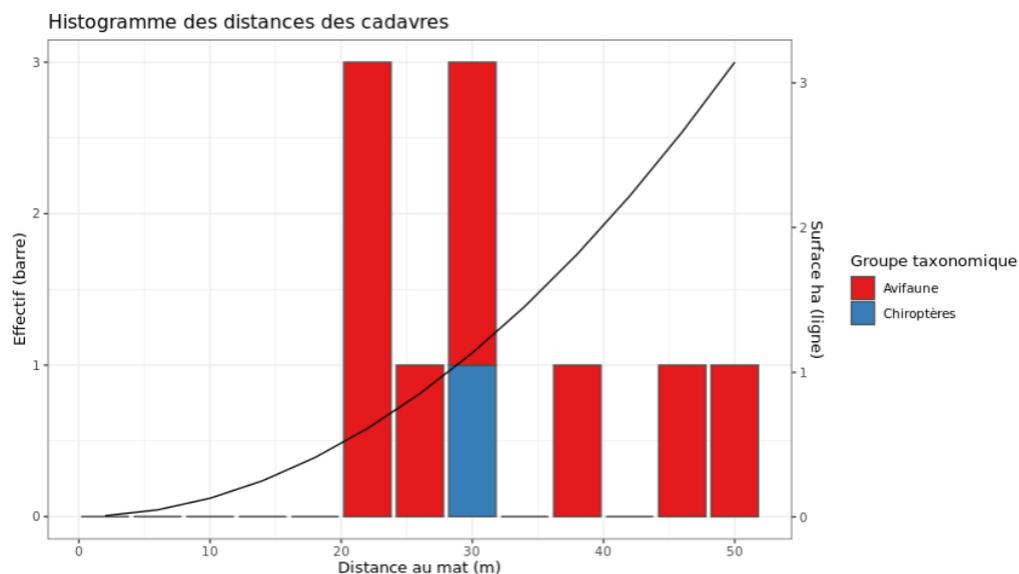


Figure 16 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc du Bois Louis. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

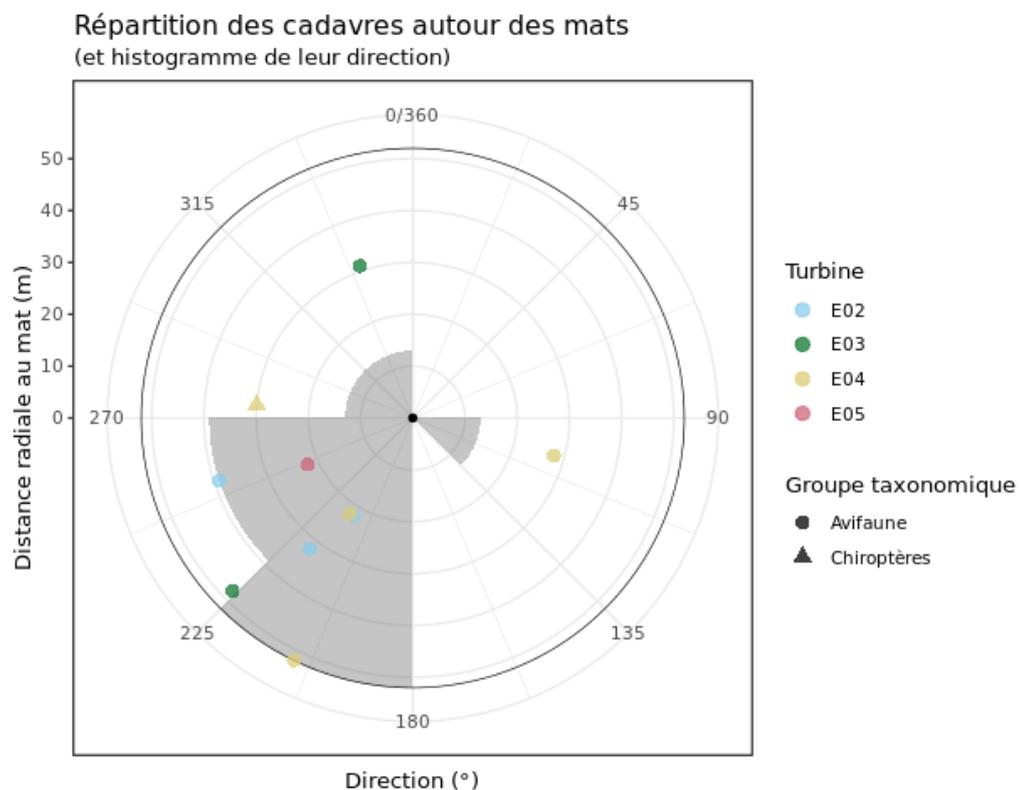


Figure 17 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

9 oiseaux ont été trouvés appartenant à 7 espèces : **Martinet noir** (3 individus), **Pigeon ramier** (1 individu), **Faucon crécerelle** (1 individu), **Faucon hobereau** (1 individu), **Merle noir** (1 individu), **Rougegorge familier** (1 individu) et **Roitelet à triple bandeau** (1 individu).

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 2 septembre 2019) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne.

On constate que le Martinet noir, le Roitelet à triple bandeau et le Faucon crécerelle sont des espèces fortement impactées par l'éolien 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. Le Pigeon ramier se situe au 14^{ème} rang européen (espèce principalement observée en Allemagne) et est relativement commune pour la France (11^{ème} rang).

Le Rougegorge familier, le Merle noir et le Faucon hobereau sont beaucoup moins fréquents, aussi bien en Europe qu'en France (respectivement rangs 23, 37 et 67 pour l'Europe ; 9, 30 et 37 pour la France).

Ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc du Bois Louis par rapport à celle observée 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 précise 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 d'Europe

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CZ	D	DK	E	FR	Bois Louis	GR	NL	P	PL	S	Total (hors Bois Louis)
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	1			2			241
Faucon crécerelle	5	3	28	7			131		273	100	1		9	39	2		589
Rougegorge familial	23	9		1	1	1	34		79	33	1	2	1	3	1	4	160
Pigeon ramier	14	11	5	12			181		14	25	1		3		2	1	243
Merle noir	37	30	2	1			16		43	11	1	6		1		4	84
Faucon hobereau	67	37					17		7	7	1		1				32

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, GR = Grèce, NL = Hollande, P = Portugal, PL = Pologne, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2002, celle-ci signale la présence lors des inventaires de terrain de 111 espèces sans en préciser de manière exhaustive la liste des espèces observées. Il est donc difficile de dire si les espèces impactées lors de ce suivi ont été identifiées lors de l'étude d'impact. Seuls le Pigeon ramier et le Faucon crécerelle sont signalés de manière certaine.

Si l'on se réfère au suivi réalisé entre 2006 et 2010, celui-ci signale la présence sur le parc des « Bornes de Cerqueux » d'un nombre maximal d'espèces s'élevant à 46 lors de la période de reproduction. Globalement la richesse spécifique du secteur est d'une quarantaine d'espèces. On signalera que les trois espèces d'oiseaux impactées en période de reproduction (Faucon crécerelle, Martinet noir et Pigeon ramier) avaient été inventoriées lors du suivi réalisé.

Évaluation des enjeux

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

Aucune espèce inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux n'a été impacté par les éoliennes lors du suivi mortalité réalisé en 2019. Par ailleurs, aucune espèce nicheuse patrimoniale au niveau national et régional n'est à signaler (espèce rare et/ou menacée).

Le Faucon crécerelle, le Martinet noir et le Faucon hobereau ont un statut « quasi menacé » sur les listes rouges des oiseaux nicheurs au niveau national et/ou régional.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateurs (2008)	Liste rouge nicheurs Centre-Val de Loire (2013)	Statut migrateur Centre-Val de Loire (2002)	Espèces déterminantes Centre-Val de Loire : Espèces nicheuses (2016)
Roitelet à triple bandeau	Article 3	-	LC	LC	-	LC	PC	
Faucon crécerelle	Article 3	-	LC	NT	C	LC	C	
Pigeon ramier	-	-	LC	LC	TC	LC	C	
Merle noir	-	-	LC	LC	TC	LC	C	
Faucon hobereau	Article 3	-	LC	LC	PC	NT	C	Oui
Rougegorge familier	Article 3	-	LC	LC	TC	LC	C	
Martinet noir	Article 3	-	LC	NT	CC	NT	C	

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 et statut migrateur en Centre-Val de Loire

Cela présente le statut de rareté de l'espèce en période de migration en France (NIOF) et en région Centre-Val de Loire

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

L'avifaune de la Région Centre, synopsis des connaissances (PERTHUIS, 2002)

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 (UICN France, MNHN, LPO, SEOF et ONCFS, 2016)

Liste rouge oiseaux nicheurs de Centre-Val de Loire (DREAL Centre-Val de Loire, 2013)

DD : non évalué, LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé, VU : Vulnérable, EN : En danger d'extinction.

Espèces déterminantes

Espèces déterminantes de la Région Centre-Val de Loire

site internet DREAL Centre-Val de Loire : www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/habitats-et-especes-determinantes-r828.html

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

1 individu réparti au sein d'une espèce a été retrouvé mort sur le parc du Bois Louis : **Noctule commune** (1 individu).

La **Noctule commune** est une espèce migratrice. Il est donc probable que l'individu touché par le parc du Bois Louis soit 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.

2 Synthèse et analyse des résultats

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 Noctule commune est la 3^{ème} espèce la plus impactée en Europe et la 8^{ème} en France.

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 du Bois Louis 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 précise 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 Europe	Rang France	A	BE	CZ	D	E	FR	Bois Louis	GR	PT	PL	RO	S	UK	Total (hors Bois Louis)
Noctule commune	3	8	46	1	31	1226	1	104	1	10	2	16	76	14	11	1 538

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CZ = République tchèque, D = Allemagne, E = Espagne, FR = France, GR = Grèce, PT = Portugal, PL = Pologne, RO = Roumanie, S = Suède, UK = Royaume-Uni

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2002, on constate que le chapitre sur les chauves-souris est inexistant. Aucune comparaison n'est donc possible. Il en résulte qu'aucun inventaire en altitude n'a été réalisé à l'époque.

Si l'on se réfère au suivi réalisé entre 2006 et 2010, celui-ci signale qu'aucun contact avec des chiroptères n'a été noté, que ce soit au sol ou en altitude. La pauvreté des milieux rencontrés explique probablement cette désaffection. L'absence de chiroptères en période de reproduction exclut donc les risques de collision avec des individus résidents. Il convient néanmoins de rester prudent d'une part du fait d'une attractivité intrinsèque potentielle des machines et d'un risque, actuellement non mesuré, sur les populations migratrices.

La plupart des chauves-souris effectuent 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 du Bois Louis en 2019), la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore. 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 (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

La Noctule commune fait partie des espèces les plus impactées par les projets éoliens. 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).

2 Synthèse et analyse des résultats

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 du Bois Louis à l'échelle de la France et de l'Europe. L'espèce contactée est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne. Elle est par ailleurs considérée comme patrimoniale en France car vulnérable.

Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation de l'espèce de chauve-souris touchée par le parc du Bois Louis

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge Europe (2012)	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Centre-Val de Loire (2012)
Noctule commune	Annexe IV	Article 2	LC	VU	NT

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 (UICN, 2012)

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

Liste rouge régionale des mammifères (Sologne Nature Environnement, 2012)

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 de Huso (2010), Erickson et al. (2000) et Korner-Nievergelt et al. (2011). Les tableaux suivants détaillent les différents résultats des différentes étapes de calcul nécessaires 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 faibles (allant de 0,31 à 0,68). 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 22 passages

	E01	E02	E03	E04	E05
Quantile 2,5 %	0,004	0,19	0,17	0,16	0,16
Premier quartile	0,15	0,19	0,16	0,16	0,16
Moyenne	0,32	0,47	0,66	0,53	0,43
Moyenne pondérée	0,31	0,45	0,68	0,53	0,40
Médiane	0,15	0,19	1,00	0,16	0,16
Troisième quartile	0,15	1,00	1,00	1,00	1,00
Quantile 97,5 %	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0,53) celui-ci : « **Persistance ~ TurbID** ». Cela veut dire que la durée de persistance est significativement identique entre les deux tests mais variable entre éoliennes.

● 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, L., 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

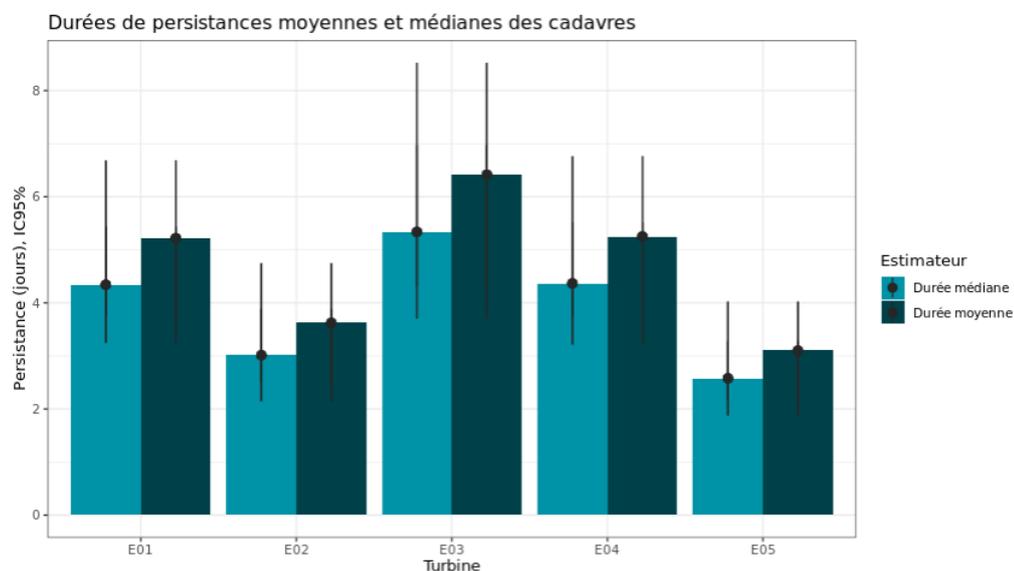


Figure 18 : Durées de persistance moyennes et incertitudes (intervalles de confiance à 95 %) des cadavres pour les tests de prédation

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance globalement légèrement supérieur à 4 jours, reflétant une prédation assez forte, lors des deux tests réalisés fin-mai et fin juillet (4,7 jours en moyenne pour les cinq éoliennes). Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est moyenne sur l'ensemble des éoliennes suivies.

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

	E01	E02	E03	E04	E05
Résultats des deux tests cumulés					
Persistance moyenne (en jours)	5,22	3,62	6,42	5,25	3,1
Intervalle de confiance à 95 %	[3,76 ; 6,68]	[2,5 ; 4,75]	[4,31 ; 8,52]	[3,74 ; 6,76]	[2,18 ; 4,03]

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

Suite aux 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 2 catégories d'occupation du sol non testée que sont « le Champ déchaumé » et « les betteraves ». 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 figures 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 détections pour tous les cas de figures d'occupation du sol et de hauteur de végétation rencontré par l'observateur durant le suivi.

2 Synthèse et analyse des résultats

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 son indiqué en gras.

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Chaume 5cm	0,73 [0,46 ; 0,9]	0,73 [0,53 ; 0,93]	Estimation	Chaume 0cm	0,73 [0 ; 1]		Interpolation
Chemin d'accès 0cm	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation	Chaume 30cm	0,53 [0,29 ; 0,76]		Interpolation
Chemin d'accès 30cm	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation	Chemin d'accès 5cm	1 [0 ; 1]		Interpolation
Maïs 30cm	0,53 [0,29 ; 0,76]	0,53 [0,27 ; 0,8]	Estimation	Maïs 0cm	0,53 [0 ; 1]		Interpolation
Plateforme 0cm	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation	Maïs 2cm	0,53 [0 ; 1]		Interpolation
Plateforme 5cm	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation	Maïs 5cm	0,53 [0 ; 1]		Interpolation
Plateforme 30cm	1 [0 ; 1]	1 [1 ; 1]	Estimation	Maïs 10cm	0,53 [0 ; 1]		Interpolation
Betterave 5cm	0,79 [0,26 ; 0,97]		Extrapolation	Maïs 15cm	0,53 [0 ; 1]		Interpolation
Betterave 8cm	0,75 [0,44 ; 0,92]		Extrapolation	Maïs 20cm	0,53 [0 ; 1]		Interpolation
Betterave 10cm	0,75 [0,44 ; 0,92]		Extrapolation	Plateforme 2cm	1 [0 ; 1]		Interpolation
Betterave 15cm	0,71 [0,38 ; 0,91]		Extrapolation	Plateforme 4cm	1 [0 ; 1]		Interpolation
Betterave 20cm	0,67 [0,15 ; 0,96]		Extrapolation				
Déchaume 2cm	0,73 [0,46 ; 0,9]		Extrapolation				
Déchaume 5cm	0,71 [0,37 ; 0,91]		Extrapolation				

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétales. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,53 au minimum (maïs) à 1 au maximum (absence de végétation, ou végétation rase) suivant les milieux prospectés.

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 (deux découvertes de cadavres ont été réalisées lors du premier passage le 13/05/2019 : un Faucon crécerelle et une Buse variable). 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.

2 Synthèse et analyse des résultats

La probabilité de détection $P(s,f)$ est faible à très faible de manière générale (entre 0,22 et 0,53 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est faible à moyen (entre 31 % et 68 % de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,12 à 0,36, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 2,77 à 8,58. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 3 et 9 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).**

Les éoliennes E01, E02 et E05 sont les éoliennes qui ont la plus faible probabilité de détection globale, E03 et E04 ont les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui reste dans l'absolu faible.

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

	E01	E02	E03	E04	E05
Probabilité détection $P(s,f)$					
Huso (2010)	0,47	0,33	0,49	0,45	0,29
Erickson et al. (2000)	0,49	0,35	0,53	0,48	0,3
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,45	0,27	0,51	0,43	0,22
Coefficient correcteur de surface a					
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,31	0,45	0,68	0,53	0,40
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$					
Huso (2010)	0,15	0,15	0,33	0,24	0,15
Erickson et al. (2000)	0,15	0,16	0,36	0,25	0,16
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,14	0,12	0,35	0,23	0,12

Estimation de la mortalité des chiroptères

- *Éolienne E4*

C'est la seule éolienne qui a, à la fois, le plus de découverte de cadavres ($n=1$) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E04 sont comprises entre 3 et 4 individus sur une période de 146 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95 %) allant de 16 à 18 individus et minimum de 1 individu. L'observation a été réalisée le 19 août 2019.

Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable de chiroptères au sein du parc du Bois Louis sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	0	0	1	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 18]	0 [0 ; 7]	4 [1 ; 17]	0 [0 ; 24]	4
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 18]	0 [0 ; 17]	0 [0 ; 6]	3 [1 ; 16]	0 [0 ; 23]	3

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	Total parc
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 20]	0 [0 ; 22]	0 [0 ; 7]	4 [1 ; 18]	0 [0 ; 32]	4

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 3 et 4 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 1 individu au minimum et de 80 à 99 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude très importante.

L'observation a été réalisée sur la fin de l'été (août).

L'éolienne E04 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant à égalité E05, E02, E01 et E03. Toutefois, les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seule E04 semble différente.

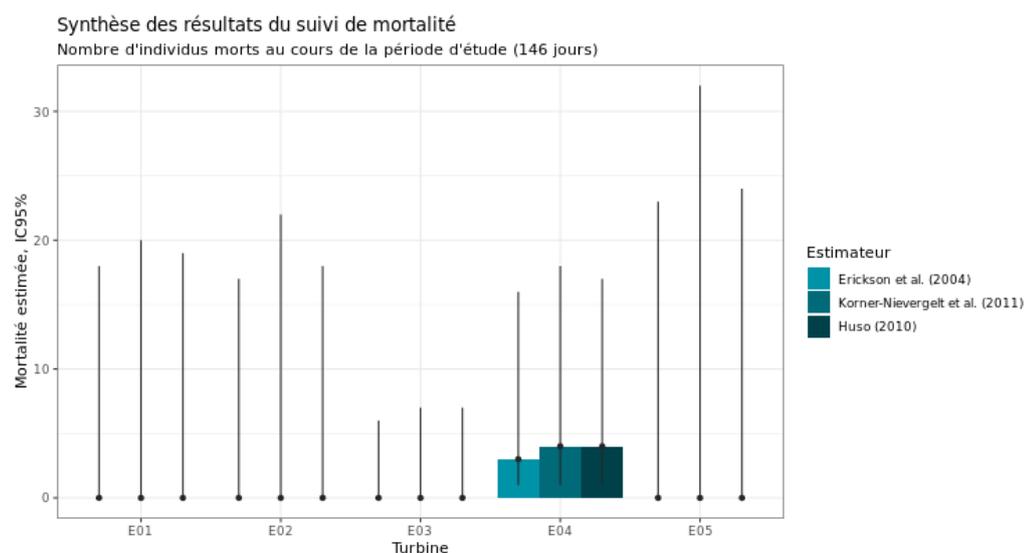


Figure 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95 %) pour les chiroptères pour le parc éolien du Bois Louis au cours du suivi de 2019 sur 146 jours

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

• Éolienne E2

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découverte de cadavres (n=3) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E02, sont comprises entre 19 et 24 individus sur une période de 146 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95 %) allant de 48 à 62 individus et minimum allant de 6 à 7 individus. Les 3 observations ont été réalisées sur une période assez étendue, entre le 22 mai 2019 et le 6 août 2019.

2 Synthèse et analyse des résultats

• Éolienne E4

C'est la seconde éolienne qui présente, à la fois, le plus de découverte de cadavres (n=3) et la mortalité probable la plus forte. Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E04, sont comprises entre 11 et 13 individus sur une période de 146 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95 %) allant de 28 à 31 individus et minimum de 4 individus. Les 3 observations ont été réalisées sur une période assez étendue, entre le 25 juin 2019 et le 19 août 2019.

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable des oiseaux au sein du parc du Bois Louis sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E03	E04	E05	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	3	2	3	1	9
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 19]	20 [6 ; 50]	5 [2 ; 16]	12 [4 ; 30]	8 [1 ; 38]	45
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 18]	19 [6 ; 48]	5 [2 ; 15]	11 [4 ; 28]	8 [1 ; 37]	43
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 20]	24 [7 ; 62]	5 [2 ; 15]	13 [4 ; 31]	11 [1 ; 51]	53

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 43 à 53 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95 %), les effectifs impactés sont de 13 à 14 individus au minimum et de 146 à 179 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 9 observations ont été réalisées sur 143 jours centrés sur 3 saisons (printemps, été et automne) (du 22 mai au 20 septembre : 1 découverte en mai, 2 découvertes en juin, 5 découvertes en août et 1 découvertes en septembre).

L'éolienne E02 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E04, E05, E03 et E01. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres. Seules E02 et E04 semblent proches et différentes de E03 et E05 (difficilement discernables entres elles) puis E01.

2 Synthèse et analyse des résultats

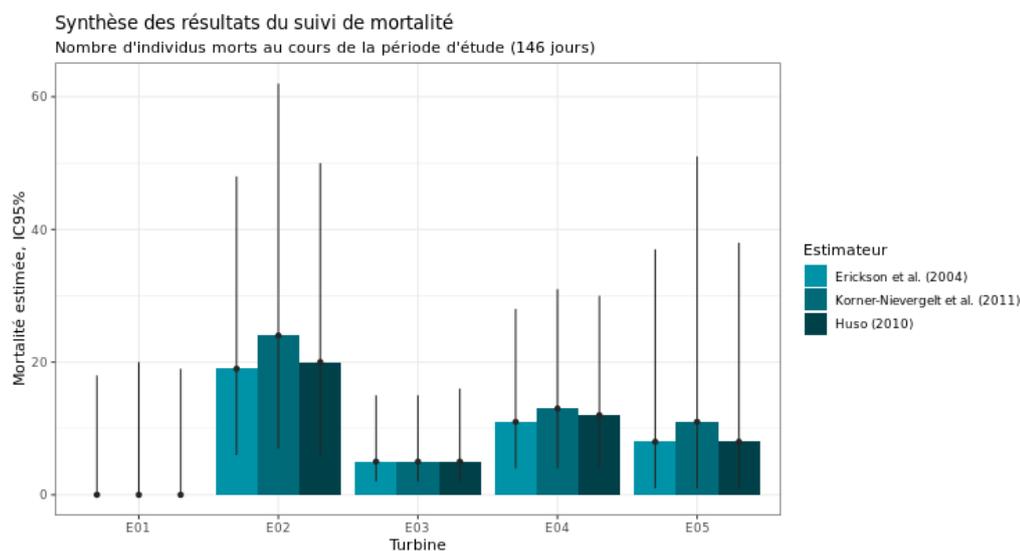


Figure 20 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95 %) pour les oiseaux pour le parc éolien du Bois Louis au cours du suivi de 2019 sur 146 jours

1.2.3 Synthèse du suivi de mortalité de 2019

Le suivi de mortalité mené entre le 14 mai 2019 et le 7 octobre 2019 sur le parc éolien du Bois Louis (5 machines) a permis l'observation de 9 cadavres d'oiseaux et d'1 cadavre de chiroptères.

En effet, 7 espèces d'oiseaux (le Faucon crécerelle, le Pigeon ramier, le Martinet noir, le Roitelet à triple bandeau, le Merle noir, le Rougegorge familier et le Faucon hobereau), et 1 espèce de chiroptères (la Noctule commune) ont été retrouvées sous les éoliennes du parc suivi.

La majorité des spécimens d'oiseaux observés concernent le Martinet noir (3 individus). Le seul spécimen de chiroptères observé concerne la Noctule commune (1 individu).

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 19 m (Martinet noir) et 50 m (Martinet noir ou Merle noir) pour les oiseaux et 28 m (Noctule commune) pour les chiroptères.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 100 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 3,1 jours (E01) à 6,4 jours (E05).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (146 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 3 à 4 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 1 seul jour.

2 Synthèse et analyse des résultats

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 43 à 53 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi, où les observations s'évaluent sur l'ensemble du suivi soit 146 jours.

Pour les chauves-souris, ces chiffres sont inférieurs à ceux mentionnés par la bibliographie. En revanche, pour les oiseaux, les résultats obtenus en 2019 sont supérieurs à ceux mentionnés par la bibliographie. En effet, 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 être 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 du Bois Louis en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On notera que le taux de mortalité estimé pour les chauves-souris sur le parc en 2019 semble inférieur aux résultats fournis par la bibliographie. En revanche, pour les oiseaux le résultat obtenu est supérieur aux données mentionnées par la bibliographie.

Au regard des résultats obtenus lors du suivi réalisé en 2019, les estimations de mortalité obtenues pour les chauves-souris ainsi que pour les oiseaux ne semblent pas être de nature à remettre en cause le bon état de conservation des populations d'espèces impactées. Seule la comptabilisation de l'impact cumulé de l'ensemble des parcs en France et en Europe pourrait éventuellement impacter de manière significative les espèces de chauves-souris et d'oiseaux les plus touchées.

Ce rapport constituant l'analyse de la première année de suivi, le nombre d'individus découverts sous les éoliennes n'est pas suffisant pour dégager de réelles conclusions quant à l'impact du parc éolien sur les espèces découvertes. Il serait bon d'évaluer l'opportunité de poursuivre le suivi en 2020 (aussi bien pour les aspects quantitatifs (estimations de la mortalité) que qualitatifs (phénologie de la mortalité)) pour valider les observations et estimations faites lors de cette première année de suivi. Il peut arriver, en effet, que d'une année sur l'autre, les résultats obtenus diffèrent (retours internes d'expérience).

Pour aller encore plus loin dans la précision des estimations, une démarche de concertation avec les exploitants agricoles locaux serait une réelle plus-value. Cela pourrait permettre d'améliorer l'efficacité de recherche globale des surfaces à prospecter et de réduire au minimum les incertitudes.

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.

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

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial de l'étude d'impact	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans le suivi réalisé entre 2006 et 2010	Nombre de cas de mortalité en 2019	Analyse comparative
Oiseaux				
Martinet noir	Les risques de collisions [...] semblent a priori minimes, les oiseaux locaux apprenant visiblement à évaluer le danger ». « Le risque de collision est cependant réel et se serait majoritairement les oiseaux migrateurs qui seraient touchés, notamment la nuit et par mauvaises conditions météorologiques ».	Espèce signalée dans l'étude d'impact sans pour autant savoir si elle a été observée lors des inventaires de terrain	En 2006 0 individu En 2008 0 individu En 2009 14 individus En 2010 0 individu	3 individus Espèce non évaluée (manque d'information)
Roitelet à triple bandeau		Espèce non mentionnée dans l'étude d'impact	En 2006 0 individu En 2008 1 individu En 2009 0 individu En 2010 0 individu	1 individu Espèce non contactée et donc non évaluée lors de l'étude d'impact
Pigeon ramier		Espèce contactée lors de l'état initial sans précision d'effectif	En 2006 29 individus En 2008 72 individus En 2009 78 individus En 2010 75 individus	1 individu Espèce non évaluée (manque d'information)
Faucon crécerelle		Espèce contactée lors de l'état initial sans précision d'effectif	En 2006 1 individu En 2008 8 individus En 2009 7 individus	1 individu Espèce non évaluée (manque d'information)

2

Synthèse et analyse des résultats

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial de l'étude d'impact	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans le suivi réalisé entre 2006 et 2010	Nombre de cas de mortalité en 2019	Analyse comparative	
Faucon hobereau	Espèce non mentionnée dans l'étude d'impact	En 2010	3 individus	1 individu	Espèce non contactée et donc non évaluée lors de l'étude d'impact
		En 2006	0 individu		
		En 2008	0 individu		
		En 2009	1 individu		
Rougegorge familier	Espèce signalée dans l'étude d'impact sans pour autant savoir si elle a été observée lors des inventaires de terrain	Espèce non mentionnée dans le suivi	1 individu	Espèce non évaluée (manque d'information)	
Merle noir	Espèce signalée dans l'étude d'impact sans pour autant savoir si elle a été observée lors des inventaires de terrain	En 2006	11 individus	1 individu	Espèce non évaluée (manque d'information)
		En 2008	15 individus		
		En 2009	26 individus		
		En 2010	15 individus		
Chiroptères					
Noctule commune	« Localement, les populations semblent très faibles et les gîtes quasi inexistantes aux abords des lieux d'implantation prévus. Au regard des connaissances disponibles, il ne semble donc pas a priori nécessaire d'approfondir les impacts éventuels pour ce groupe d'espèces ».	Aucune information n'est disponible dans l'étude d'impact sur le groupe des chauves-souris	En période de reproduction, aucun contact avec des chiroptères n'a été noté, que ce soit au sol ou en altitude. L'absence de chiroptères en période de reproduction exclut donc les risques de collision avec des individus résidents. Il convient néanmoins de rester prudent d'une part du fait d'une attractivité intrinsèque potentielle des machines et d'un risque, actuellement non mesuré, sur les populations migratrices.	1 individu	Comme aucun inventaire des chauves-souris n'a été réalisé en 2002 pour l'étude d'impact, il n'est pas possible de comparer avec le suivi réalisée en 2019 Le suivi réalisé entre 2006 et 2010 n'apporte aucune information sur les populations migratrice de chauves-souris.

2 Synthèse et analyse des résultats

De manière générale, l'étude d'impact de 2002 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 pu mettre en avant.

Concernant le suivi scientifique réalisé entre 2006 et 2010, celui-ci n'avait pas pour objectif d'évaluer le risque de collision concernant les oiseaux. Étudier le comportement des oiseaux notamment lors des flux migratoires, suivre l'évolution de la richesse spécifique et de l'abondance des oiseaux et des chauves-souris étaient les principales missions de cette étude.

Pour les oiseaux : l'évaluation du niveau de collision avait été sous-évalué comparativement aux observations et estimations réalisées en 2019.

Pour les chiroptères : l'évaluation du niveau de collision est tout simplement absente de l'étude d'impact. Seul le suivi réalisé entre 2006 et 2010 signale qu'en période de reproduction, aucun contact avec des chiroptères n'a été noté, que ce soit au sol ou en altitude. Il en découle un risque de collision considéré comme nul à cette période de l'année pour les individus résidents. À noter que le risque de collision n'a pas été évalué sur les populations migratrices. On notera que le suivi mortalité réalisé en 2019 montre que des cas de collision restent possibles en période de « swarming » notamment à l'instar de l'observation faite.

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 E02 entre le 05 mai 2019 et le 31 octobre 2019. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 179 nuits. Le suivi de mortalité réalisé entre le 14 mai et le 07 octobre a permis de découvrir 1 chiroptère au niveau de l'éolienne E04. Aucune mortalité de chauves-souris au niveau de l'éolienne E02 n'a été observée durant ce suivi.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

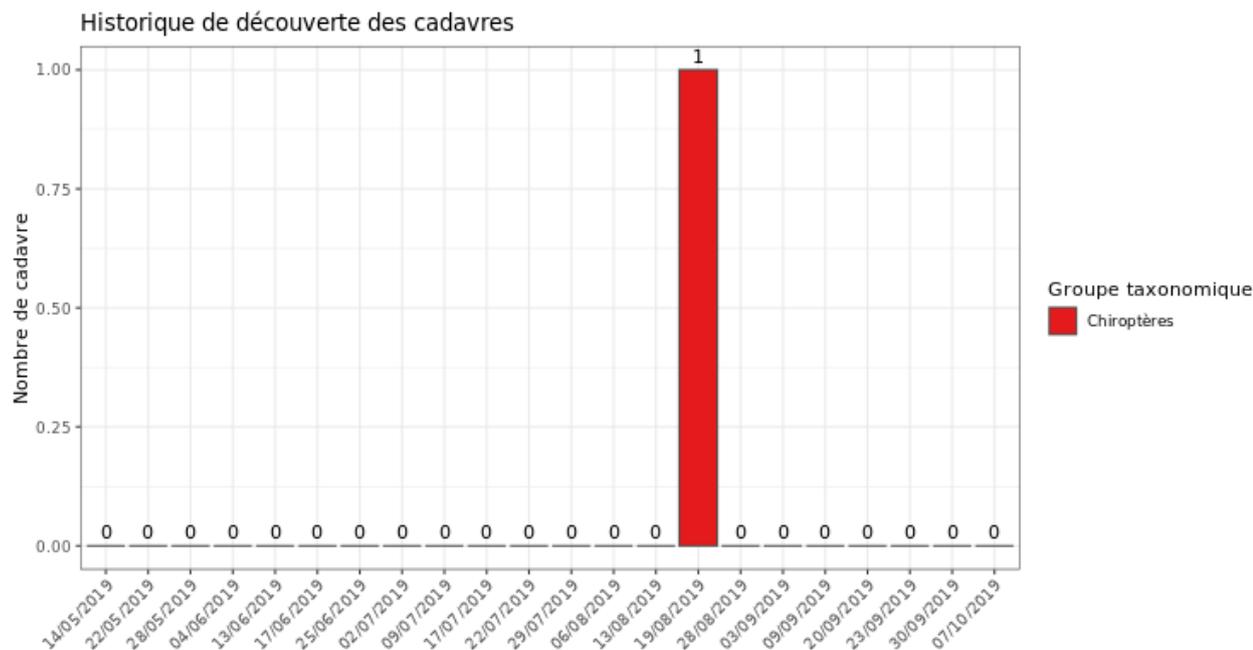


Figure 21 : Nombre de cadavres de chauves-souris trouvés par passage sur le parc éolien du Bois Louis.

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été faible (n=1). Celui-ci a été observé vers la mi-août.

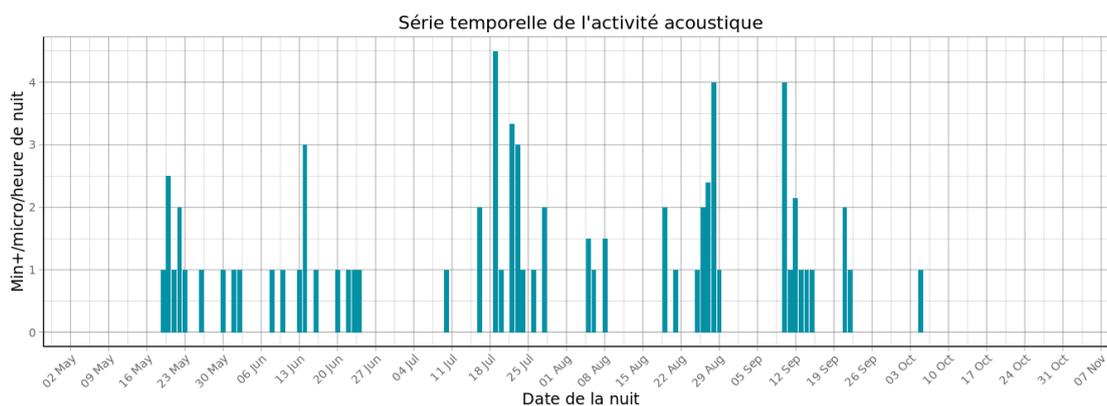


Figure 22 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E02 sur la période de réalisation du suivi mortalité

2 Synthèse et analyse des résultats

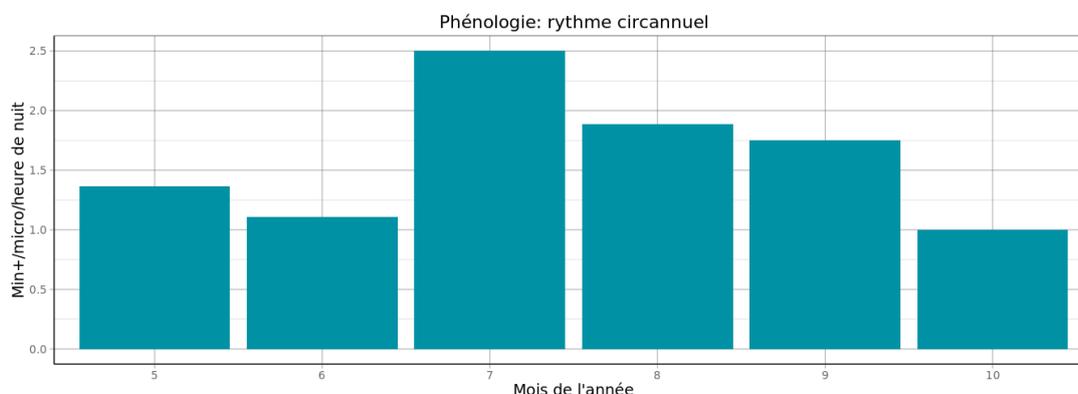


Figure 23 : Nombre moyens de minutes positives mensuelles par heure, toutes espèces confondues, durant la période de réalisation du suivi mortalité

Toutes espèces confondues, on observe une variation de l'activité au cours des différents mois. La période de transition printanière (mai à mi-juin) a connu une activité plus modérée. En période estivale (mise-bas et estivage : mi-juin à mi-août) cette activité augmente significativement. Elle reste sensiblement identique sur la période automnale. **La distribution d'activité est classiquement plus marquée en fin période estivale / automne.**

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique ne semblent pas vraiment concorder et le faible nombre d'observations de cas de mortalité ne facilite pas la comparaison.

La Noctule commune a été observée le 19 août 2019 sur l'éolienne E04. Il ne semble pas y avoir d'activité très marquée au niveau de l'éolienne E02 à cette même période pour les chiroptères. On observe une activité plus importante après le 22 août. Les activités peuvent être différentes d'une éolienne à l'autre.

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

Une seule espèce de chauves-souris a été observée lors de suivi mortalité, il s'agit de la Noctule commune (n=1).

2 Synthèse et analyse des résultats

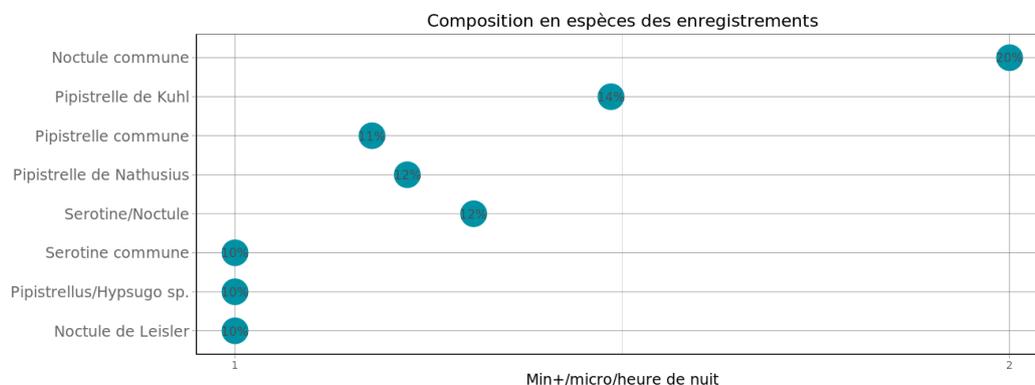


Figure 24 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle sur la période de réalisation du suivi mortalité

Pour le suivi acoustique, les espèces les plus fréquemment contactées sont la Noctule commune (20 %), suivie de la Pipistrelle de Kuhl (14 %). Le groupe d'espèces dites « Sérotule » ainsi que la Pipistrelle de Nathusius regroupe 12 % des contacts et la Pipistrelle commune 11 %. Les autres groupes d'espèces et espèces regroupe chacune 10 % des contacts.

La principale espèce contactée lors des suivis en altitude correspond à l'espèce du seul individu qui a été contactée lors des suivis mortalité. Il s'agit de la Noctule commune.

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

Pour la Noctule commune, l'activité est principalement concentrée entre mi-juillet et fin août. Elle semble plus ponctuelle en dehors de cette période. L'activité a lieu essentiellement durant les premières heures de la nuit.

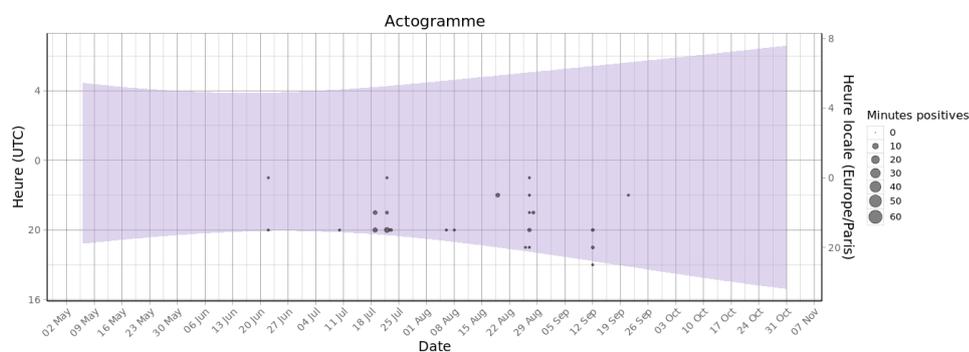


Figure 25 : Actogramme de la Noctule commune sur la période du suivi de mortalité. La nuit est représentée en violet par la bande longitudinale (délimitées par les heures de début et fin) et les enregistrements acoustiques manquants en gris par une bande verticale (correspondants aux nuits sans données)

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Espèce	19/08/2019	Total général
Noctule commune	1	1
Total général	1	1

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

La seule espèce découverte durant le suivi de mortalité correspond à la principale espèce identifiées durant le suivi acoustique. En effet, l'espèce la plus contactée en altitude a été la Noctule commune.

Au niveau de la phénologie, la découverte du cadavre de Noctule commune correspond à la période où l'espèce a été le plus souvent contactée. On note une activité ponctuelle la nuit avant la découverte de l'individu.

Il est à noter que le cadavre de Noctule commune a été observée au niveau de l'éolienne E04 tandis que l'activité a été enregistrée au niveau de l'éolienne E02, ce qui limite fortement le croisement des informations. Il est possible que l'activité au niveau de l'éolienne E04 soit différente en volume et dans le temps.

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.

3 Mesures correctives

Ce rapport constituant l'analyse de la première année de suivi, le nombre d'individu découverts sous les éoliennes n'est pas suffisant pour dégager de réelles conclusions quant à l'impact du parc éolien sur les espèces découvertes. Il serait bon d'évaluer l'opportunité de poursuivre le suivi en 2020 pour valider les observations et estimations faites lors de cette première année de suivi.

Si la poursuite du suivi est engagée sur 2020, il apparaît nécessaire d'améliorer également les probabilités de détection globales lors du prochain suivi de mortalité pour améliorer la précision des estimations. Pour ce faire, des conventions pourraient être prises avec les agriculteurs afin de maintenir une occupation du sol avec une hauteur végétation inférieure à 30 cm dans les aires d'études prospectées. Cette hauteur de végétation peut être maintenue via la mise en place d'une gestion et/ou d'une occupation du sol appropriées.

Dans l'état actuel des connaissances (suivi mortalité et suivi en altitude 2019), il n'apparaît pas nécessaire de mettre en place des mesures de bridage du parc du Bois Louis en activité.

3

Bibliographie

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. (2009). 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. 2010. An estimator of wildlife fatality from observed carcasses – Environmetrics, DOI: 10.1002/env.1052. 19 p.

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

KORNER-NIEVERGELT, Fränzi, KORNER-NIEVERGELT, Pius, BEHR, Oliver, 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 DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE (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>

A

Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 17 : Résultats du suivi de mortalité

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne (m)
22/05/2019	E02	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	19
13/06/2019	E02	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	Plumée	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	29
25/06/2019	E04	<i>Falco tinnunculus</i>	Faucon crécerelle	Frais	Adulte	Femelle	Collision avec pale	20
06/08/2019	E02	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	33
13/08/2019	E04	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	Sec	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	50
19/08/2019	E04	<i>Falco subbuteo</i>	Faucon hobereau	En décomposition	Immature	Indéterminé	Inconnu	26
19/08/2019	E04	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	28
28/08/2019	E03	<i>Turdus merula</i>	Merle noir	Frais	Immature	Indéterminé	Collision avec pale	50
28/08/2019	E03	<i>Erithacus rubecula</i>	Rougegorge familier	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	27
20/09/2019	E05	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	20



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr