



Parc éolien de Kergrist-Moëlou (22)

AERODIS
juin 2022

**Suivi complémentaire
2021 : mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères**

Citation recommandée	Biotope, 2022. Parc éolien de Kergrist-Moëlou (22), Suivi complémentaire 2021 : mortalité de l'avifaune et des chiroptères. AERODIS. 92 p.	
Version/Indice	V1	
Date	juin 2022	
Nom de fichier	202204_Biotope_KergristMoelou_Mortalite_V2_AERODIS.docx	
Maîtres d'ouvrage	AERODIS	
Interlocuteurs	Vincent BERTAIX Responsable de projet (AERODIS)	Contact : Mail : vincent.bertaix@gazelenergie.fr Téléphone : +33 6 37 72 63 44
Biotope, Rédaction de l'étude	Michaël GUILLON	Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 02 40 05 32 35
	Yvan BOUROULLEC	Contact : ybouroullec@biotope.fr Tél : 06 03 68 18 12
Biotope, Contrôleur qualité	Michaël GUILLON	Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 06 78 65 46 59

Avant-propos

Le parc éolien de Kergrist-Moëlou (Côtes-d'Armor) a été mis en service en décembre 2010. Il est composé de 14 éoliennes exploitées par les sociétés AERODIS (13 éoliennes) et EOLE MOUSTERMEUR (1 éolienne).

AERODIS et EOLE MOUSTERMEUR ont missionné Biotope pour la réalisation d'un premier suivi décennal du parc éolien en 2019, comprenant un suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris, douze des quatorze éoliennes ont à cette occasion été suivies. Un suivi de l'activité des chiroptères à hauteur de nacelle a également été réalisé.

Les résultats du suivi de 2019, ont conclu à une incertitude trop élevée dans les estimations pour permettre de juger de la notabilité de l'impact sur les populations d'oiseaux et de chauves-souris. A la demande de la DDTM, un suivi complémentaire est engagé en 2021 sur les sept éoliennes concernées.

Un suivi complémentaire de l'activité des chauves-souris à hauteur de nacelle et au sol est également engagé en parallèle.

Le présent document présente les résultats du suivi réalisé en 2021 par le bureau d'études BIOTOP.

L'objectif de ce suivi est de préciser les estimations de mortalité des chauves-souris et des oiseaux, liées à l'exploitation du parc éolien de Kergrist en réduisant leur incertitude. Deux facteurs influencent le niveau d'incertitude :

Le type d'occupation du sol : certains types de végétation ne peuvent être prospectés, c'est le cas des boisements

La hauteur de végétation, au-delà de 30 centimètres de hauteur, la probabilité de découvertes des spécimens devient quasi nulle.

Ainsi, il a été décidé d'associer les propriétaires et exploitants des parcelles concernées afin de gérer la hauteur de végétation sur la période de suivi (S13 à S43), et permettre une prospection plus régulière

Ce suivi complémentaire a été réalisé pour 7 machines exploitées par AERODIS : E01, E02, E06, E07, E08, E09, E10.

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 des études et les rapports qui en découlent tiennent compte des évolutions du protocole national.

Sommaire

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	9
1 Contexte - Présentation du parc et données historiques	10
1.1 Présentation du parc éolien	10
1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact	12
1.3 Rappel des enjeux des études post-implantations avant 2019	13
1.4 Rappel des suivis post-implantations 2019 et 2021	19
2 Méthodologie appliquée	20
2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	20
2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	22
2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité	29
2.4 Équipe de travail	41
2 Synthèse et analyse des résultats	42
1 Résultats du suivi de mortalité	43
1.1 Résultats bruts	43
1.2 Analyse des résultats	51
1.3 Synthèse du suivi de mortalité pour le parc	59
2 Facteurs d'impact	61
2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact	61
2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2019 et 2021	61
2.3 Comparaison avec le suivi mortalité de 2019	75
2.4 Comparaison des activités acoustiques des populations de chiroptères au sol en 2013 (trois années après la mise en service) et en 2021	82
3 Conclusion générale et mesures correctives	86
3 Bibliographie	88
Annexes	91

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	29
Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les douze éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi. Les zones en gris foncé représentent les occupations du sol non prospectables durant tout ou partie du suivi (efficacité de	

recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de la période de suivi (non prospectable que ponctuellement).	33
Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 3 tests).	40
Tableau 4 : Équipe de travail	41
Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 7 mai 2021) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	47
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Kergrist-Moëlou	48
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	49
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Kergrist Moëlou	50
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	51
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des douze éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	52
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations, interpolations et extrapolation) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi. Les extrapolations déterminées à dire d'expert (occupations du sol non testées) sont mise en gras	53
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	55
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi	56
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi	58
Tableau 15 Comparaison de l'activité en altitude entre 2013, 2019 et 2021	68
Tableau 16 Pourcentage des contacts obtenus en fonction de la vitesse du vent et des températures en hauteur	68
Tableau 17 Comparaison de l'occurrence (nombre de nuits où l'espèce est présente) en fonction des hauteurs suivies pour les espèces de hauts vols. Référentiel Actichiro, Haquart, 2017.	69
Tableau 18 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	73
Tableau 19 Evolution du coefficient correcteur de surface entre 2019 et 2021 pour l'ensemble du parc de Kergrist-Moëlou. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.	75

Tableau 20 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance (moyenne des deux tests de persistance) pour chacune des éoliennes pour les deux années. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.	75
Tableau 21 : Bilan des probabilités globales de détection ($a \times P(s,f)$) par année et par éolienne pour la méthode de Huso (2010). Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises. En bleu les valeurs pour 2021 qui sont supérieures à 10%, en gras les valeurs de 2021 qui sont supérieures à celle de 2019.	76
Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi de 2019. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.	77
Tableau 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi de 2021	77
Tableau 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi en 2019. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.	79
Tableau 25 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi de 2021	79
Tableau 26 Distance des éoliennes aux lisières (en gras les plus proches en italique les plus éloignées, cellules grisées = éoliennes non suivies en 2021)	80
Tableau 27. Comparaison des activités des espèces de chiroptères contactées sur l'aire d'étude en 2013 et/ou en 2021	84
Tableau 28. Comparaison des niveaux d'activités des espèces de chiroptères par station d'enregistrement lors des suivis de 2013 et de 2021	85
Tableau 29 : Résultats du suivi mortalité	92

Liste des illustrations

Figure 1 : Eoliennes 1 et 2 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	10
Figure 2 : Eoliennes 4 et 5 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	10
Figure 3 : Eoliennes 6 et 7 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	11
Figure 4 : Eoliennes 8 et 9 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	11
Figure 5 : Eoliennes 10 et 11 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	11
Figure 6 : Eoliennes 12 (exploitant AERODIS) et 14 (exploitant EOLE Mousstermeur) le 08 août 2019 (de gauche à droite)	11
Figure 7 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Kergrist-Moëlou	12

Figure 8 Relation entre la distance à la lisère la plus proche et les estimations de la mortalité (incertitude maximum supérieure) selon la méthode de Huso (2010). En orange, les éoliennes sélectionnées comme prioritaires en termes de vérification du niveau de risque de mortalité (estimation probable supérieure à 10, incertitudes max supérieure à 40 en l'absence de cadavre découvert et distance oblique inférieure à 57 m)	19
Figure 9 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	20
Figure 10 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	21
Figure 11 : Occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	34
Figure 12 : Occupation du sol pour les éoliennes lors du premier passage le 2 avril 2021 (passage 1)	36
Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage.	37
Figure 14 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. Synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	38
Figure 15 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	39
Figure 16 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou	43
Figure 17 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts de pipistrelles © Biotope	43
Figure 18 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou	44
Figure 19 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	45
Figure 20 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Kergrist-Moëlou. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	45
Figure 21 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	46
Figure 22 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préation	52
Figure 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Kergrist-Moëlou au cours du suivi de 2021 sur 210 jours	57
Figure 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Kergrist-Moëlou au cours du suivi de 2021 sur 210 jours	59
Figure 25 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou en 2019	62

Figure 26 Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou en 2021	62
Figure 27 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 (haut) et E14 (bas) sur la période de réalisation du suivi mortalité (15 juin au 25 octobre 2019).	63
Figure 28 Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2021	64
Figure 29 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Kergrist-Moëlou en 2019	64
Figure 30 Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Kergrist-Moëlou en 2021	65
Figure 31 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 (haut) et E14 (bas) en 2019	66
Figure 32 Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 en 2021	67
Figure 33 : Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 (haut) et E14 (bas) en 2019	70
Figure 34 Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 en 2021	71
Figure 35 : Actogramme des Pipistrelles de Kuhl et de Natusius confondues pour E05 (haut) et E14 (bas) en 2019	72
Figure 36 Actogramme des Pipistrelles de Kuhl et de Natusius confondues pour E05 en 2021	73
Figure 37 Evolution de la mortalité la plus probable des oiseaux (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Kergrist-Moëlou entre 2019 et 2021 pour les éoliennes suivies sur les deux années	78
Figure 38 Evolution de la mortalité la plus probable des chiroptères (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Kergrist-Moëlou entre 2019 et 2021 pour les éoliennes suivies sur les deux années	80
Figure 39. Nombre total de contacts par détecteurs lors des passages en 2013 et en 2021	83

Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres	92
---	----

1

Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1 Contexte - Présentation du parc et données historiques

1.1 Présentation du parc éolien

Le parc éolien de Kergrist-Moëlou se situe au sud du département des Côtes-d'Armor (22), en région Bretagne. Il est localisé à environ 50 km au sud-ouest du centre-ville de Saint-Brieuc.

Le parc de Kergrist se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage avec un bocage dégradé

Le parc comprend 14 éoliennes de 2 MW de puissance unitaire mise en service en décembre 2010. Ces éoliennes disposent d'un rotor de 82 m de diamètre pour une hauteur de nacelle de 99m soit une hauteur de 58 m en bas de pale.

- Les éoliennes n°1 à 13 sont exploitées par la société AERODIS
- L'éolienne n°14 est exploitée par la société EOLE Moutermeur



Figure 1 : Eoliennes 1 et 2 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)



Figure 2 : Eoliennes 4 et 5 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 3 : Eoliennes 6 et 7 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)



Figure 4 : Eoliennes 8 et 9 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)



Figure 5 : Eoliennes 10 et 11 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)



Figure 6 : Eoliennes 12 (exploitant AERODIS) et 14 (exploitant EOLE Mousstermeur) le 08 août 2019 (de gauche à droite)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

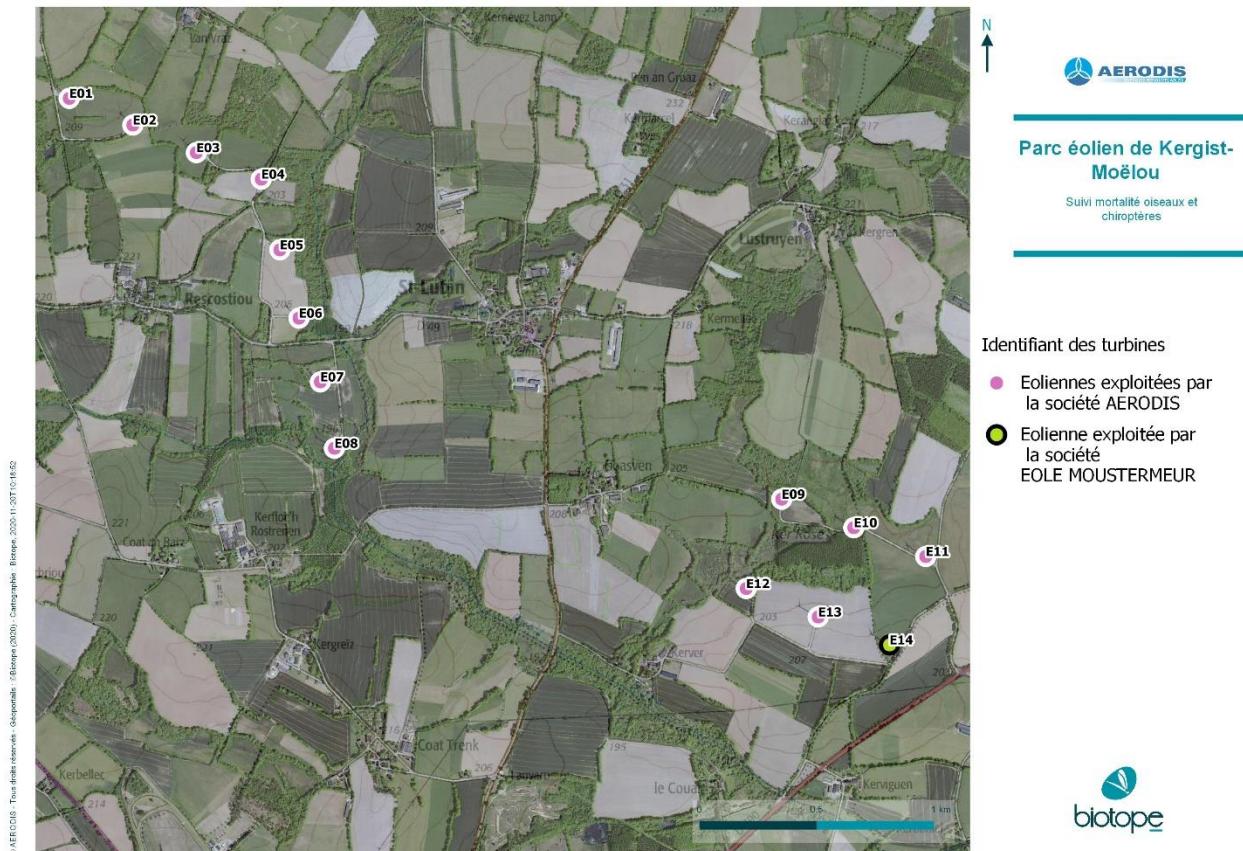


Figure 7 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Kergrist-Moëlou

1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact

L'objectif de cette partie est de résumer et de faire ressortir les espèces à enjeux identifiées lors de l'étude d'impact du projet éolien réalisée en 2003/2004 et rédigée en 2005 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2019 et 2021

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

L'aire d'étude initiale correspond à une aire proche des deux sous-unités du parc actuel correspondant aux sites de Ker Rose (Sud-Est) et de Rescostiou (Nord-Ouest).

Très peu d'éléments de méthode sont décrits dans les volets de l'étude d'impact ce qui rend difficile l'évaluation des méthodes et de l'effort des inventaires réalisés. Les inventaires ont été réalisés en 2005.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

Peu d'enjeux particuliers relatifs aux oiseaux ont été mis en évidence dans l'étude d'impact. Les conclusions de la synthèse des données recueillies stipulent :

« D'une manière générale le milieu est fortement marqué par l'agriculture intensive et par les routes. Il existe cependant des espaces boisés significatifs sur et à proximité du site qui constituent les principales zones intéressantes du point de vue des milieux naturels.

La zone la plus fragile car la plus riche écologiquement, est la section du ruisseau du Doré se trouvant dans l'entité de Rescostiou. Elle est constituée d'une mosaïque de milieux humides, forestiers et prairiaux qui en font sa richesse.

Les autres zones sont nettement moins fragiles, les milieux étant fortement artificialisés soit par des plantations d'arbres, soit par l'action des agriculteurs dont certains utilisent beaucoup les produits phytosanitaires et les engrains. Elles présentent cependant une diversité de milieux qui permettent à une faune relativement riche, mais banale, d'exister. »

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

Peu d'enjeux particuliers relatifs aux chiroptères ont été mis en évidence dans l'étude d'impact. Les conclusions de la synthèse des données recueillies stipulent :

« Les 3 sites de Rescostiou, Moustermeur, » non intégrés au parc existant, « et Ker Rose, présentent une diversité spécifique moyenne avec seulement 4 espèces répertoriées : la Pipistrelle commune, la Sérotine commune, le Murin à moustache et le Murin de Natterer. Aucune de ces 4 espèces n'est classée comme prioritaire à l'échelle européenne : Les 3 premières sont communes alors que la dernière, le Murin de Natterer, l'est un peu moins.

Les contraintes environnementales liées à l'étude chiroptérologique sont très faibles. Toutefois, l'ensemble des territoires potentiels de chasse des chauves-souris (bosquets, zones humides, réseau bocager...) devra être préservé dans la mesure du possible. »

1.3 Rappel des enjeux des études post-implantations avant 2019

1.3.1 Etude de l'avifaune (années 2012 / 2013)

Ce rapport fait le bilan d'une année complète de suivi de l'avifaune nicheuse, hivernante et migratrice au sein du parc de Kergrist-Moëlou entre septembre 2012 et l'été 2013.

Migration postnuptiale

3 points de comptage ont été définis afin de suivre l'ensemble des éoliennes du parc. Ces points ont été positionnés suffisamment proche des éoliennes afin d'identifier un maximum d'espèces, notamment les passereaux qui constituent la masse migratoire la plus aisément visible à l'intérieur des terres. **5 passages ont été conduits sur l'ensemble des 3 points.**

Lors de chacun des passages, 2 points ont été suivis pendant 2 h en alternant à chaque fois les heures de suivi. Le troisième point positionné de manière à voir les deux sous unités conjointement. Le suivi à partir de ce point a été réalisé à la fin de la matinée et début d'après-midi et a visé plus particulièrement les grandes espèces visibles et identifiables à distance, et utilisant les colonnes d'air chaud de l'après-midi pour migrer (rapaces, cigognes, laridés...). Pour les deux autres points d'observations, le suivi s'effectue à poste fixe au lever du jour de manière

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

à apprécier le passage des espèces matinales (voire des migrants nocturnes ayant prolongé leur déplacement). Le comptage continue jusqu'à ce que la migration se calme significativement (variable selon les jours). Pour l'ensemble des observations, chaque contact avec un oiseau ou un groupe d'oiseaux migrants est noté. Afin de l'aider dans l'identification, l'observateur est muni d'une paire de jumelles et d'une longue-vue pour l'identification des oiseaux.

Au total, 30 heures de suivi visuel ont été réalisées en 2012 en période de migration postnuptiale.

4532 oiseaux ont été observés en 30 heures de suivi migratoire postnuptial ; ce chiffre traduit une migration de faible ampleur et diffuse.

Environ 60 % des effectifs sont représentés par les Etourneaux sansonnets et 25% par d'autres petits passereaux majoritairement représentés par les Pinsors des arbres et les Linottes mélodieuses. La position des parcs éoliens situés en dehors de la frange côtière n'offre probablement pas les conditions favorables pour concentrer le flux migratoire. De plus la présence du parc éolien, très visible pour les oiseaux arrivant par le nord/nord-est où le relief est plus important, peut entraîner une réaction à distance des oiseaux susceptibles d'anticiper le contournement du parc (phénomène non visible par l'observateur et que seul un radar pourrait déceler). Une grande proportion (environ ¼ des oiseaux) contourne les parcs en passant soit entre les deux parcs, soit à l'est, soit à l'ouest des 2 parcs. Les petits passereaux et les goélands présentent les comportements les plus risqués en traversant les parcs (plongeon, prise d'altitude ou passage au niveau des pales sans réaction particulière).

Hivernants

Trois passages ont été opérés :

- le 11 décembre 2012 et le 21 janvier 2013 pour les oiseaux hivernants stricts ;
- le 4 mars 2013 pour identifier des haltes migratoires de pluviers et de vanneaux lors de leur remontée vers leurs sites de reproduction au nord de l'Europe.

La méthodologie a consisté à parcourir les milieux suffisamment ouverts dans un rayon de 3 km autour des parcs éoliens en voiture dans un laps de temps minimum pour éviter les doubles comptages (mobilité des groupes dans la journée). Les parcs éoliens ont également été parcourus à pied afin de dresser une liste d'espèces hivernantes et de repérer les grands groupes posés à proximité des éoliennes (notamment des grives) et d'identifier l'utilisation de l'espace sur le site par les hivernants les plus sensibles aux collisions (rapaces et alouettes notamment).

La Période hivernale est caractérisée par la présence de plus d'un millier de Vanneaux et de Pluviers dorés autour des parcs, particulièrement au nord et au sud du parc de Rescostiou et entre les deux parcs de Rescostiou et de Ker Rose/Moustermeur. Les effectifs les plus importants concernent les groupes éloignés de plus de 500 m d'une éolienne. Aucun Pluvier doré n'a été observé au sein des parcs contrairement au Vanneau huppé. Pour cette espèce, des petits groupes ont en effet été observés dans le parc de Rescostiou au niveau de parcelles distantes de moins de 50 m des éoliennes. Au moment des migrations prénuptiales, ces stationnements sont majoritairement présents au sud des parcs au niveau de parcelles distantes de plus de 1,5 km des éoliennes. Deux autres espèces patrimoniales ont été observées tout au long de l'hiver sur le parc de Rescostiou : le Busard Saint-Martin et l'Alouette lulu.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Migration prénuptiale

La migration prénuptiale est très peu visible dans le contexte géographique où se situe le projet. La physionomie du milieu permet également aux oiseaux de le contourner sans effort. En conséquence, l'une des deux journées initialement prévues pour l'analyse de la migration prénuptiale a été reportée pour le suivi de la migration postnuptiale dont l'étude ici nous a semblé plus pertinente ;

2 passages (**2 demi-journées**) ont été réalisés :

- le 4 mars 2013, passage ciblé sur les Vanneaux huppés et les Pluviers dorés lors de leur remontée vers le nord ;
- le 3 avril 2013, passage ciblé sur les hirondelles et les laridés (mouettes/goélands).

La migration prénuptiale a été peu étudiée dans le cadre de cette étude car beaucoup plus difficile à mettre en évidence (les oiseaux sont pressés de rejoindre leur site de reproduction et la migration est beaucoup plus courte).

L'étude de la migration postnuptiale a donc été centrée sur la remontée des Vanneaux huppés et les Pluviers dorés vers le nord, début mars. Les résultats sont traités dans le paragraphe relatif aux hivernants.

Des mouvements de laridés ont été observés en migration active. Quelques centaines de Mouettes rieuses se sont dirigées selon un axe nord-ouest /Sud et ont nettement contourné le parc par l'est. Les 3 groupes observés ont donc dévié leur trajectoire pour passer entre les deux parcs en dépit d'une hauteur de vol supérieure aux pales. Par ailleurs, plusieurs individus de Goélands bruns ont été observés en difficultés au niveau des éoliennes E04 et E05 selon un axe Sud-ouest/Nord-est. Ces derniers arrivaient à hauteur des pales sur les éoliennes, tentaient de prendre de l'altitude à plusieurs reprises puis passaient au-dessus des éoliennes à quelques mètres au-dessus des pales.

Nicheurs

Deux techniques de prospection complémentaires ont été utilisées au cours de ces inventaires :

- La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA, point fixe pendant 15 mn) : 5 IPA ont été conduits au niveau des éoliennes E01 à E08 et 4 autres IPA au niveau des éoliennes E09 à E14. Les points d'écoutes ont été réalisés en matinée dans les 4 heures qui suivent le lever du soleil (en évitant le chorus matinal) pour correspondre à une période d'activité maximale de l'avifaune. La détection au chant est valable principalement pour les passereaux.
- Pour les oiseaux ne se détectant pas par le chant (rapaces essentiellement), une prospection visuelle classique a été réalisée en fin de matinée et début d'après-midi lors de parcours à pied au sein des parcs.

Trois passages ont été réalisés :

- le 03 avril 2013 pour les oiseaux nicheurs précoces ;
- le 15 avril 2013 pour les oiseaux nicheurs précoces ;
- le 17 mai 2013 pour les oiseaux nicheurs tardifs.

Au total, 37 espèces ont été identifiées en période de reproduction. L'ensemble des espèces contactées sont des oiseaux relativement communs liés aux boisements et aux bocages denses, excepté l'Alouette des champs plutôt inféodée aux milieux ouverts. La diversité des oiseaux nicheurs observée sur chacun des deux parcs semble conforme à celle que l'on peut attendre au sein de milieux similaires de la campagne bretonne. Quatre de ces 37 espèces présentent toutefois une patrimonialité plus forte : Le Bruant jaune et l'Alouette lulu, qui se reproduisent sur l'ensemble du parc, ainsi que la Fauvette grisette et La Linotte mélodieuse recensées

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

uniquement sur la sous unité ouest. Ces espèces sont souvent contactées entre 50 et 100 mètres d'une éolienne. De nombreux autres passereaux sont contactés à 45 m au plus près d'une éolienne.

Mortalité

Aucun suivi de la mortalité par collision n'a été opéré dans le cadre de cette étude. La mention de cadavres trouvés au pied des éoliennes provient de prospections rapides au niveau des plateformes de chaque éolienne, effectuées lors des sessions de suivi relatifs à la migration.

3 cadavres d'oiseaux ont été trouvés au pied des éoliennes E05 et E07 alors qu'aucune étude spécifique sur la mortalité des oiseaux avec un protocole robuste et standardisé n'a été opérée pour ce parc :

- une Alouette lulu est retrouvée morte le 29 octobre 2012 sous l'éolienne E07 ;
- une Grive musicienne et un Pouillot véloce sont retrouvés morts sous l'éolienne E05 respectivement le 29 octobre 2012 et le 03 avril 2013.

Les éoliennes E05 à E08 sont positionnées le long d'un vallon alluvial dans un bocage dense abritant une saulaie et des prairies humides. Ce milieu est très attractif pour les insectivores et le risque de collision y est plus important.

1.3.2 Etude de l'activité des chiroptères au sol (années 2012 / 2013)

Ce rapport analyse les données chiroptérologiques collectées « au sol » de l'automne 2012 à l'été 2013, au sein du parc de Kergrist-Moëlou (22). L'ensemble de ces données nous permet de définir le cortège d'espèces fréquentant le site sur l'ensemble du cycle biologique. La méthode de détection automatisée et d'analyse ultérieure des émissions ultrasonores des chiroptères a été utilisée. Trois nuits d'enregistrements ont été réalisées les 27/09/2012, 12/06/2013 et 15/07/2013 en conditions météorologiques optimales durant lesquelles huit détecteurs SM2BAT (Wildlife Acoustics) ont été utilisés et répartis sur l'ensemble du parc de 14 machines (proche des éoliennes E01, E04, E06, E08, E09, E10, E12 et E14).

Les prospections ont mis en évidence sur la zone d'étude la présence de 13 espèces sur les 20 espèces connues dans le département des Côtes-d'Armor et traduit une richesse spécifique relativement élevée sur le secteur d'étude. Près de 15 000 contacts de chauves-souris ont été obtenus lors des prospections, ce qui correspond à une activité élevée pour le secteur.

Les contacts sont répartis de façon homogène selon les passages, avec un léger pic en période estivale. Plus de 86% des contacts de chauves-souris enregistrés sur la zone d'étude correspondent à la Pipistrelle commune. Les autres espèces de pipistrelles semblent moins abondantes. Le groupe des murins est également bien présent avec 8% des contacts. Les 2 espèces de Rhinolophes ont été contactées au sein de l'aire d'étude avec des taux d'activité néanmoins très faibles.

La position du parc éolien, situé en dehors de corridors de déplacement bien identifiés, ne présente probablement pas les conditions « à risque » de concentration des flux d'espèces migratrices comme la Noctule commune ou la Pipistrelle de Nathusius, contactés en très faible nombre dans le cadre de cette étude.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.3.3 Etude de l'activité des chiroptères en altitude en nacelle (année 2013)

Ce rapport analyse les données chiroptérologiques collectées « en altitude » sur une éolienne implantée sur le parc de Kergrist Moëlou (22). L'ensemble de ces données nous permet de définir le cortège d'espèces fréquentant le site en altitude ainsi que leurs variations d'activité en fonction des paramètres climatiques de mi-juin à mi-octobre. Pour optimiser l'intégration environnementale du parc éolien de Kergrist Moëlou, le maître d'ouvrage a équipé une éolienne de ce site avec le système d'enregistrement en altitude développé par Biotope (Chirotech©). Cette éolienne de type E82-2 a été équipée sur son rotor d'un système basé sur un SM2bat permettant de réaliser des enregistrements large bande des cris de chauves-souris. Les données météo nous ont été fournies par le maître d'ouvrage sur la période du 15/06/2013 au 15/10/2013. Elles comprennent les valeurs de vitesse de vent, direction de vent et température mesurées à hauteur de nacelle. L'enregistreur ultrasonore a été installé du 20/06/2013 au 20/10/2013. La plage de mesure couvre 100 % de l'activité attendue sur l'ensemble de la période estivale.

Le projet éolien de Kergrist-Moëlou a fait l'objet de 3 mois d'étude des chiroptères en 2013. Des enregistrements ont été réalisés en continu de mi-juin à mi-octobre sur une éolienne. L'activité constatée en hauteur **est faible** et concerne essentiellement quatre espèces : Pipistrelles communes et de Kuhl, la Noctule de Leisler, la Sérotine commune.

L'augmentation de la vitesse du vent limite fortement l'activité des animaux en altitude puisque 81 % de l'activité globale est comprise en dessous de $4,5 \text{ m.s}^{-1}$. Un effet positif de la température est noté, avec pour l'ensemble des espèces, un net seuil à 15°C , en-deçà duquel l'activité est nulle. Les faibles températures sont donc limitantes de façon générale pour l'activité en hauteur.

1.3.4 Conclusion sur le niveau d'enjeux du parc avant 2019

Avifaune

Les études menées sur l'avifaune ne montrent pas d'enjeux fort pour ce groupe d'espèces.

Le suivi de la migration post-nuptiale montre un flux de faible ampleur, diffus et principalement représenté par des espèces communes. Les périodes hivernale et prénuptiale ont permis de vérifier la présence de plus d'un millier de Vanneaux et de Pluviers dorés autour des parcs sans pour autant montrer des effets ou des risques générés par le parc sur ces espèces. Le Busard Saint-Martin et l'Alouette lulu ont été observés régulièrement sur Rescostiou durant cette période. Le suivi des comportements de vol montre que ce sont **les petits passereaux et les goélands qui prennent le plus de risque** en passant au travers des parcs. En période de nidification, le cortège reste classique avec 4 espèces patrimoniales où le Bruant jaune et l'Alouette lulu, se reproduisent sur l'ensemble du parc et la Fauvette grisette et La Linotte mélodieuse ont été recensées uniquement sur la sous unité ouest. Ces espèces sont souvent contactées entre 50 et 100 mètres d'une éolienne alors que les passereaux communs sont contactés plus près des éoliennes. Les observations opportunistes de la mortalité montrent des **enjeux modérés** avec l'observation d'une Alouette lulu et d'une Grive musicienne en migration postnuptiale et d'un Pouillot véloce en début de nidification et concernant les **éoliennes E05 et E07**.

Chiroptères

Les études menées sur les chiroptères montrent des enjeux assez faibles pour ce groupe d'espèces.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Le suivi au sol démontre la présence de **13 espèces** sur les 20 espèces connues dans le département des Côtes-d'Armor et **traduit une richesse spécifique relativement élevée** sur le secteur d'étude. Près de 15000 contacts de chauves-souris ont été obtenus lors des prospections correspondant à **une activité élevée pour le secteur**.

Au contraire, les enregistrements en altitude ont donné lieu à l'identification de **4 espèces** ou groupes d'espèces. **L'activité constatée en hauteur est faible** et concerne essentiellement les Pipistrelles communes et de Kuhl, la Noctule de Leisler et la Sérotine commune.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.4 Rappel des suivis post-implantations 2019 et 2021

En 2019, Biotope a réalisé le suivi de mortalité couvrant 12 des 14 éoliennes du parc (20 passages entre le 13 juin et le 20 juin 2019, E03 et E13 non suivies) dans le cadre de son évaluation après ces dix années de fonctionnement. Le suivi acoustique de l'activité des chiroptères a été mené en parallèle par Biotope sur les éoliennes E05 (AERODIS) et E14 (en nacelle).

Le taux de mortalité estimé sur le parc semble comparable aux résultats fournis par la bibliographie et le niveau faible d'activité des chiroptères en altitude ne permet pas d'envisager une mortalité équivalente aux estimations statistiques. Toutefois pour certaines éoliennes, les incertitudes des estimations principalement liées à la trop faible détection des cadavres rendent difficile toute conclusion sur leur niveau de mortalité.

En 2020, des compléments d'analyses ont été réalisés. Malgré les différences d'effort et de méthode d'inventaire sur les suivis acoustiques entre 2013 et 2019, les résultats semblent très similaires avec une richesse spécifique et une activité chiroptérologique d'un niveau faible en altitude entre ces deux périodes qui renforce les conclusions vers l'absence d'effet significatif du parc. La reconduite d'un suivi en 2021 avait été privilégié sans la mise en œuvre de bridage afin de confirmer l'absence d'effet significatif du parc sur la faune volante.

En 2021, parmi les 13 éoliennes gérées par AERODIS au sein du parc, un travail de priorisation a été mené (cf graphique ci-dessous) afin de sélectionner, du point de vue des estimations, des incertitudes mais aussi de leur proximité aux lisières, les éoliennes jugées prioritaires pour préciser les effectifs estimés de mortalité pour les chiroptères et les oiseaux. Ainsi 7 éoliennes ont été identifiées pour le suivi 2021 : E01, E02, E06, E07, E08, E09 et E10.

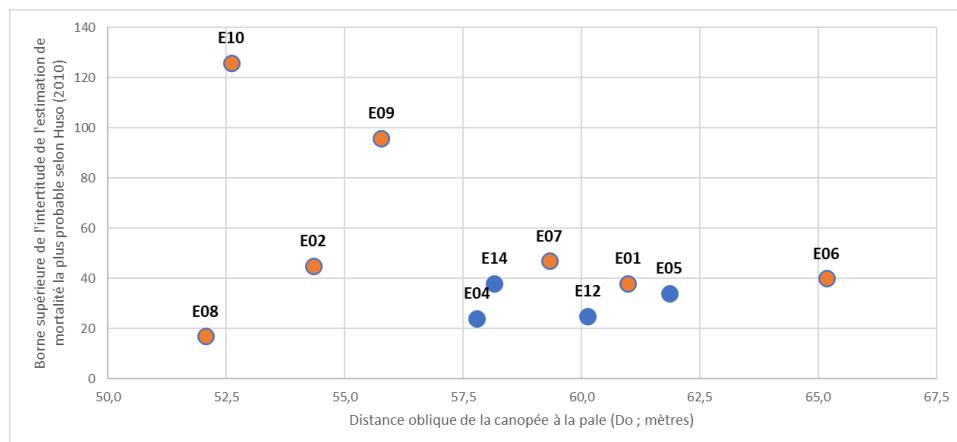


Figure 8 Relation entre la distance à la lisère la plus proche et les estimations de la mortalité (incertitude maximum supérieure) selon la méthode de Huso (2010). En orange, les éoliennes sélectionnées comme prioritaires en termes de vérification du niveau de risque de mortalité (estimation probable supérieure à 10, incertitudes max supérieure à 40 en l'absence de cadavre découvert et distance oblique inférieure à 57 m)

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

Nombre d'éoliennes suivies

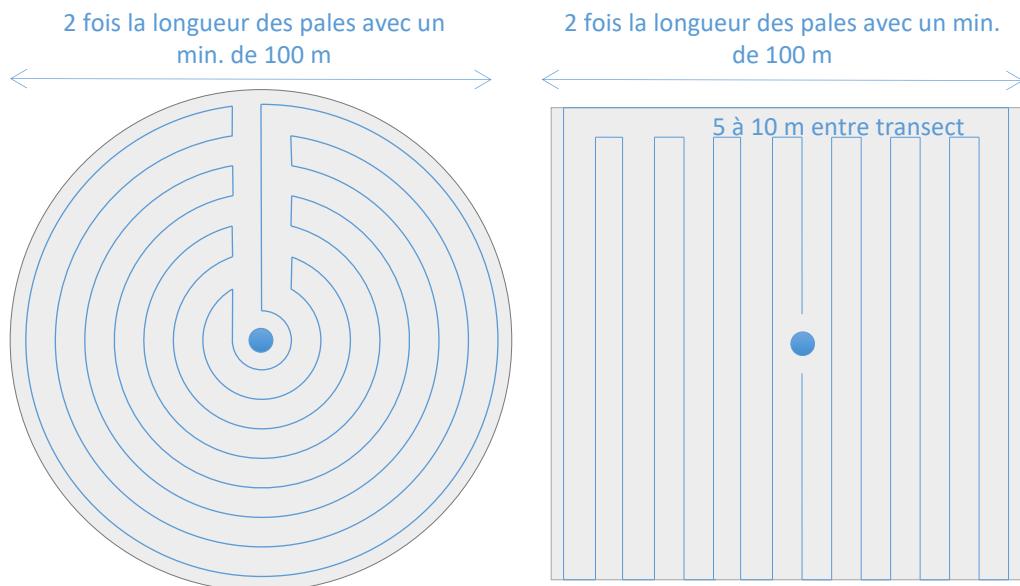
Le protocole national invite à contrôler :

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

Méthode de collecte des données

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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



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

Tests de correction des résultats.

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

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

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

Analyse des résultats

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures ;
- Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée ;
- Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante (intégrer un 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 de Kergrist-Moëlou. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

2.2.1 Rappel des enjeux et choix de la méthodologie 2019 et 2021

Les enjeux du site pour l'avifaune et les chiroptères ont pu être déterminés par les études antérieures permettant de définir le protocole à mettre en place et notamment la période de suivi. Les études menées sur l'avifaune n'ont pas montré d'enjeux forts et les études menées sur les chiroptères ont montré des enjeux assez faibles pour ce groupe d'espèces. Par ailleurs, le suivi en altitude menées en 2013 n'a pas été réalisé sur un cycle complet mais seulement sur la période biologique la plus intense en activité.

Aussi, conformément à la réglementation et notamment du protocole national modifié en 2018, le choix méthodologique mis en œuvre lors du suivi de la mortalité de 2019 a été de réaliser 20 passages entre les semaines S20 et S43. Les 20 passages ne permettant pas de couvrir la période de 24 semaines du protocole national et dans l'objectif d'optimiser les estimations de mortalité d'un point de vue statistique, l'ensemble des passages ont été réalisés à la même fréquence d'un passage par semaine d'un seul tenant et en ciblant la période de migration automnale, cette période étant connue comme étant la période la plus forte en transit pour les deux groupes que ce soit dans la littérature mais aussi d'après les études menées *in situ*. Aussi, le suivi a débuté la semaine S24 pour se terminer la semaine S43. En parallèle, un suivi de l'activité des chiroptères en altitude (nacelle) a été mené sur l'ensemble du cycle d'activité des chiroptères.

À la suite des conclusions du suivi de 2019 et de l'absence de conclusion certaine sur l'effet du parc sur la faune volante lié à des contraintes de recherche de cadavres engendrant de fortes incertitudes sur une partie du parc, un nouveau suivi a été réalisé pour 2021 afin de confirmer la tendance pressentie en 2019 d'un effet non significatif. Le suivi s'est d'abord concentré sur les 7 éoliennes jugées prioritaires d'un point de vue des estimations, des incertitudes et de leur proximité aux lisières (E01, E02, E06, E07 E08, E09 et E10). Par ailleurs, le suivi mortalité a été élargi pour couvrir une période allant de la semaine S13 (début avril) à la semaine S43 (fin octobre). Le suivi acoustique a été maintenu sur la même période que 2019 (mi-avril à mi-novembre couvrant l'ensemble du cycle biologique des chiroptères) sur l'éolienne E05 (AERODIS) suivie en 2019. En parallèle, un suivi de l'activité au sol des populations chiroptères a été réalisé en répliquant le protocole mis en œuvre en 2013 pour comparer les populations de chiroptères sur ces deux pas de temps.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.2.2 Principe de l'estimation de mortalité : méthodes, calculs et 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 préation/décomposition, activités agricoles du travail du sol) qui requièrent la définition de coefficients correcteurs à différentes périodes de l'année, sous peine de rendre potentiellement inexploitables les données issues du suivi de mortalité.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

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

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

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 exprimé 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'autres du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éoliennes (**Nd**) ainsi qu'à la surface moyenne prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a × P(s,f)** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

- 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

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.

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Détermination des coefficients correcteurs

Pour déterminer les deux coefficients correcteurs que sont le **coefficent de persistance (s)** et le **coefficent 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 (prédateur, 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 prédateur ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces tests ont été réalisés au cours du suivi pour que les résultats puissent être représentatifs des grandes périodes biologiques (saisons). Pour ce faire, les leurres ont été disposés de manière aléatoire pour chaque éolienne suivie au sein des zones de prospections.

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 cours du temps. Ainsi, cela permet de s'appuyer sur une de ces distributions pour prédire au plus juste la réalité observée lors des tests de prédatation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC*. Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95% **) prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

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

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

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

Cette approche statistique permet, à partir des tests réalisés, d'estimer l'efficacité de recherche pour l'ensemble des occupations du sol que l'opérateur a rencontré sur l'ensemble de la période de suivi. Les estimations sont également associées à des incertitudes afin d'évaluer la précision *a posteriori* de ces estimations.

- Évaluation des incertitudes

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

● * *L'AIC est l'anagramme du critère d'information d'Akaike, (en anglais Akaike information criterion ou AIC). Il s'agit d'un indice calculé pour évaluer la qualité d'un modèle statistique proposée par Hirotugu Akaike en 1973. Cet indice permet de comparer plusieurs modèles sur une base objective et notamment en pénalisant les modèles en fonction du nombre de paramètres (complexification) afin de satisfaire le critère de parcimonie. Les modèles avec une valeur d'AIC la plus faible sont les plus pertinents à sélectionner. L'AIC weight permet de classer les modèles par leur pourcentage d'intérêt relativement aux autres par pondération des valeurs d'AIC.*

● ** *L'intervalle de confiance à 95% se caractérise par une borne basse et haute entre lesquelles la valeur réelle (et estimée par des calculs) a 95% de chance de se situer.*

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

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

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

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

L'utilisation de modèles, suivie d'une sélection par AIC pour déterminer les coefficients correcteurs (persistance et efficacité de recherche), a pour avantage 1) de générer les incertitudes aux coefficients correcteurs pour évaluer leur précision, 2) de prendre en compte le design expérimental des tests (notamment le nombre de 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 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 masts qui ont le plus de chance de ne pas pouvoir être prospectées du fait de la présence récurrente d'une plateforme et chemin d'accès prospectable au pied des éoliennes. Ainsi, considérer à tort que la densité est homogène, peu importe la distance à éolienne, est donc en général conservateur (ne réduit pas l'estimation) au contraire d'une relation dépendante de la distance (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.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 prédatation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédatation pour chaque éolienne, voire 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. A minima, la comparaison sera descriptive et tentera de mettre en lumière les possibles liens entre ces deux sources de données.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.2.3 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 pales 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 mât 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.

En cas d'impossibilité ou de difficultés (haies, talus, clôtures) à appliquer le protocole de recherche par transects circulaires avec cordes, des transects linéaires, également espacés d'environ 5 mètres, sont réalisés

Pour chaque éolienne, ce protocole conduit à un parcours théorique de 1 987 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 dans 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 replacés simplement en dehors de l'aire de prospection.

2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

2.3.1 Prospections de terrain

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

Ainsi, 31 passages de recherche de cadavres ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 2 avril 2021 (S13) au 29 octobre 2021 (S43).

Trois sessions « tests de préddation », ainsi que trois sessions « tests efficacité de recherche » ont aussi été réalisées.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (31 passages)		
1	02/04/2021	Nébulosité: 96%. Température: 8.7 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 32.4 km/h. Direction du vent: NE
2	07/04/2021	Nébulosité: 98%. Température: 7.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.6 km/h. Direction du vent: O
3	14/04/2021	Température: 8.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 10.2 km/h. Direction du vent: E
4	23/04/2021	Température: 14.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 10.8 km/h. Direction du vent: E
5	30/04/2021	Nébulosité: 100%. Température: 9.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 10.1 km/h. Direction du vent: E

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
6	07/05/2021	Nébulosité: 98%. Température: 10.8 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 6.7 km/h. Direction du vent: SO
7	14/05/2021	Nébulosité: 92%. Température: 12.2 °C. Pluie: 0.08 mm/h. Vitesse du vent: 15.8 km/h. Direction du vent: O
8	21/05/2021	Nébulosité: 82%. Température: 13.4 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 36.9 km/h. Direction du vent: SO
9	28/05/2021	Nébulosité: 98%. Température: 15.7 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 6.2 km/h. Direction du vent: O
10	03/06/2021	Nébulosité: 98%. Température: 13.7 °C. Pluie: 0.09 mm/h. Vitesse du vent: 3.7 km/h. Direction du vent: NO
11	11/06/2021	Nébulosité: 103%. Température: 16.7 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 6.6 km/h. Direction du vent: NO
12	17/06/2021	Nébulosité: 99%. Température: 15.4 °C. Pluie: 0.35 mm/h. Vitesse du vent: 13.6 km/h. Direction du vent: NO
13	24/06/2021	Nébulosité: 100%. Température: 15.7 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.8 km/h. Direction du vent: O
14	02/07/2021	Nébulosité: 98%. Température: 17.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 3.3 km/h. Direction du vent: NE
15	09/07/2021	Nébulosité: 100%. Température: 15.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 4.9 km/h. Direction du vent: S
16	16/07/2021	Nébulosité: 106%. Température: 17.9 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 11.8 km/h. Direction du vent: NO
17	22/07/2021	Température: 23.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.8 km/h. Direction du vent: N
18	30/07/2021	Nébulosité: 88%. Température: 17.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 22.3 km/h. Direction du vent: O
19	06/08/2021	Nébulosité: 95%. Température: 17.1 °C. Pluie: 0.11 mm/h. Vitesse du vent: 19.9 km/h. Direction du vent: SO
20	12/08/2021	Nébulosité: 88%. Température: 20.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.3 km/h. Direction du vent: S
21	19/08/2021	Nébulosité: 100%. Température: 18 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 9.6 km/h. Direction du vent: SO
22	25/08/2021	Nébulosité: 90%. Température: 18.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 28.3 km/h. Direction du vent: NE

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
23	02/09/2021	Nébulosité: 100%. Température: 17.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 27.3 km/h. Direction du vent: NE
24	10/09/2021	Nébulosité: 99%. Température: 18.5 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 14.7 km/h. Direction du vent: O
25	17/09/2021	Nébulosité: 95%. Température: 17.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 9.8 km/h. Direction du vent: S
26	23/09/2021	Nébulosité: 93%. Température: 16.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 8 km/h. Direction du vent: O
27	30/09/2021	Nébulosité: 91%. Température: 15.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 19 km/h. Direction du vent: S
28	08/10/2021	Nébulosité: 100%. Température: 16.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 11.3 km/h. Direction du vent: SE
29	14/10/2021	Température: 14.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.4 km/h. Direction du vent: S
30	22/10/2021	Nébulosité: 98%. Température: 11.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 12 km/h. Direction du vent: O
31	29/10/2021	Nébulosité: 95%. Température: 13.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.2 km/h. Direction du vent: SO
Tests de prédation (3 tests)		
Test 1	03/05/2021	Dépôt de 105 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	05/07/2021	Dépôt de 105 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 3	10/09/2021	Dépôt de 105 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (3 tests)		
Test 1	14/05/2021	Pose de 101 leurres
Test 2	17/09/2021	Pose de 92 leurres
Test 3	29/10/2021	Pose de 110 leurres

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 et Figure 13). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts ($> 30/40$ cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation



1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 seule contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospector.

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

Les propriétaires et exploitants des parcelles ont été associés de manière à entretenir la végétation de façon plus régulière et permettre une plus grande régularité dans les prospections par rapport au suivi de 2019.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

Milieux	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Total Parc
Boisement	-	-	-	-	11,2	10,3	23	6,4
Chaume maïs	-	-	-	0,1	-	4,7	-	0,7
Culture haricot	-	-	13,8	-	-	-	-	2,0
Fossé	-	-	-	0,3	-	-	-	0
Friche	-	5,4	-	1,8	-	-	56,6	9,1
Haie	0,9	6,8	-	3,6	1	1,7	-	2,0
Labour	-	-	12,8	-	-	-	-	1,8
Plateforme	11,5	14,3	11,2	11,2	10,3	10,9	13,6	11,9
Prairie naturelle	87,6	73,5	55,8	4,8	76	5	6,8	44,2
Prairie semée	-	-	6,4	78,3	1,5	67,5	-	22,0
Total général	100%							

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Occupation du sol des turbines

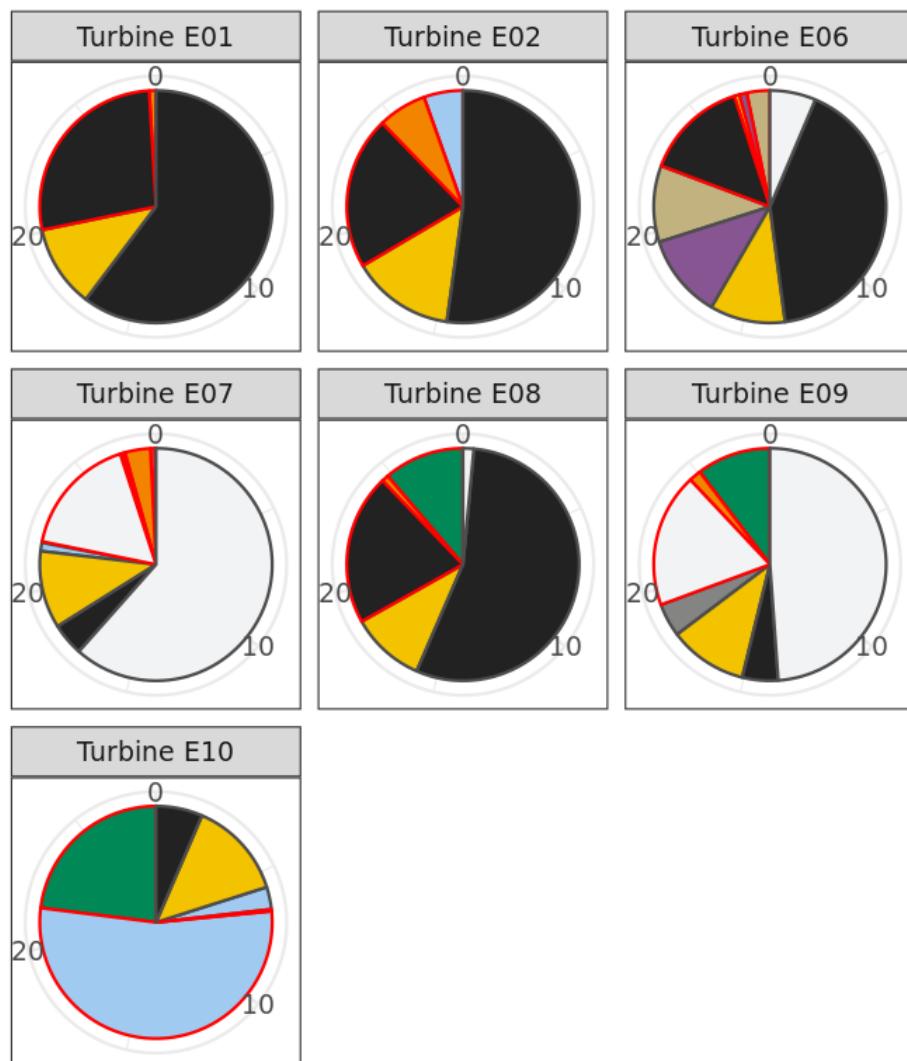


Figure 11 : Occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

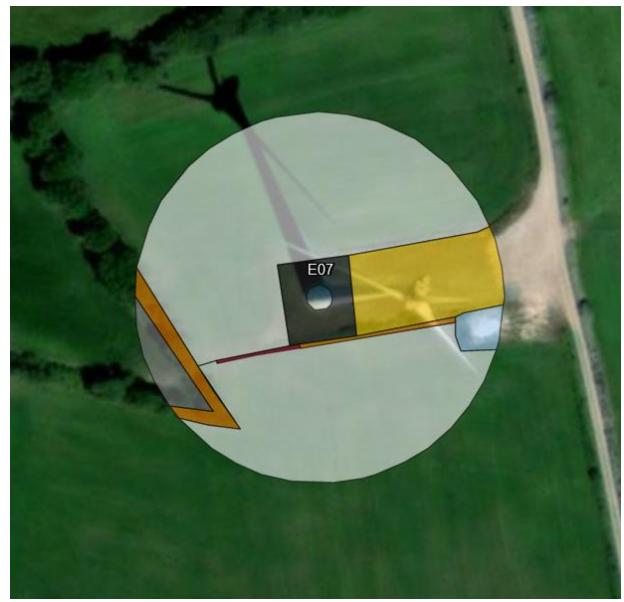
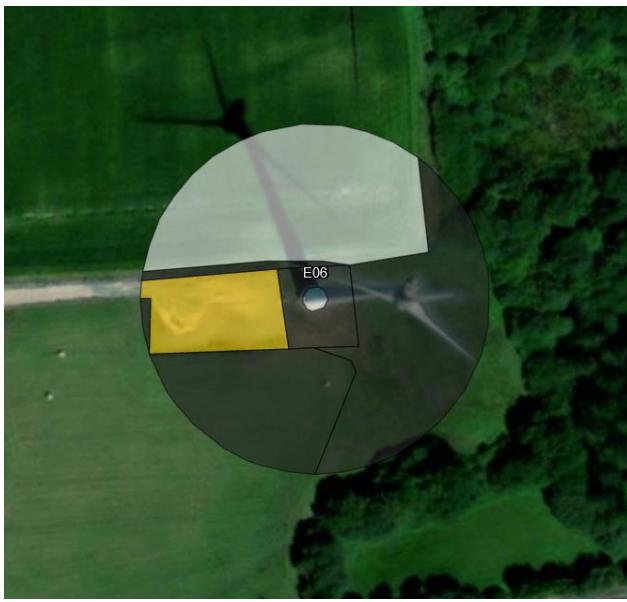
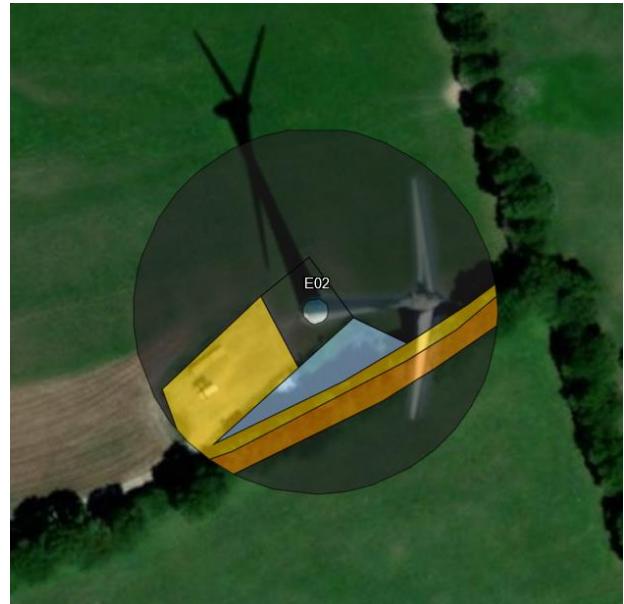
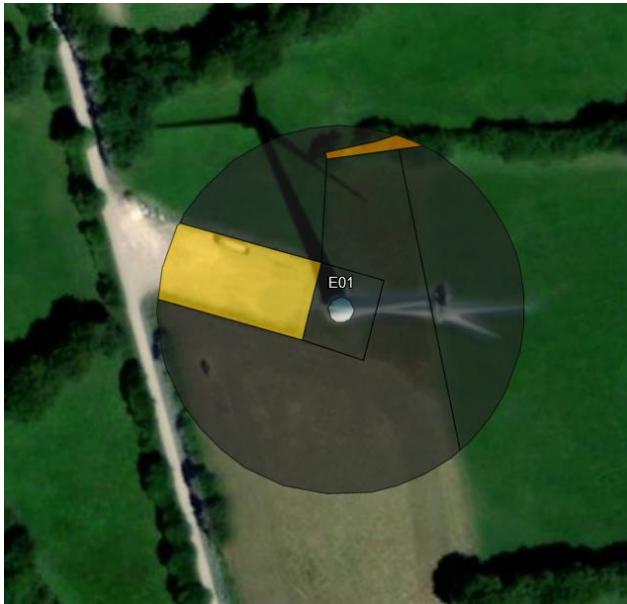
Occupation du sol

Boisement
Chaume maïs
Culture haricot
Fossé
Friche
Haie
Labour
Plateforme
Prairie naturelle
Prairie semée

Echantillonnage

Prospecté
Non prospecté

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Parc éolien de Kergrist-Moëlou
(22)
AERODIS
juin 2022

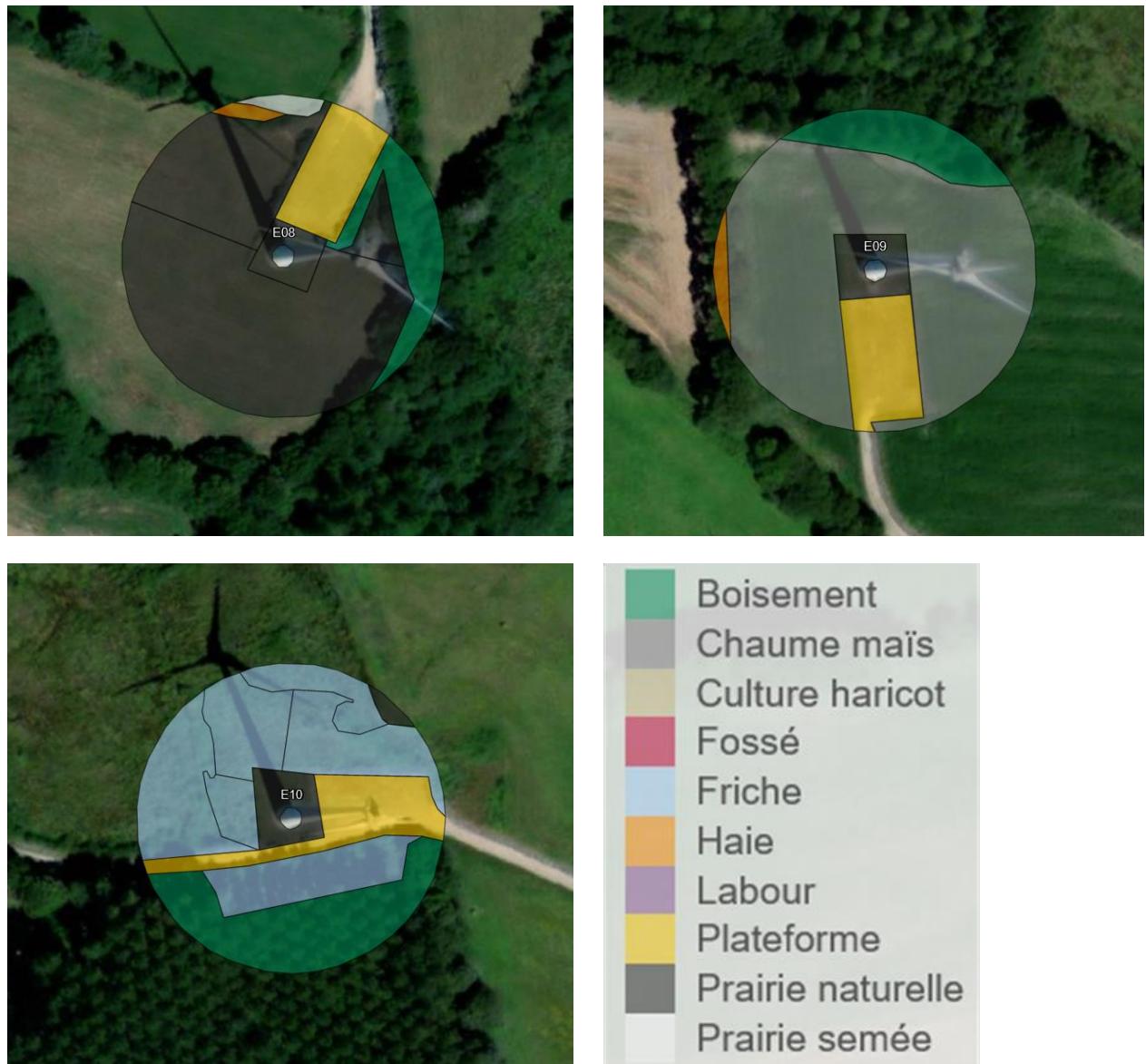


Figure 12 : Occupation du sol pour les éoliennes lors du premier passage le 2 avril 2021 (passage 1)

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.3 Évolution du taux de surface prospectée

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

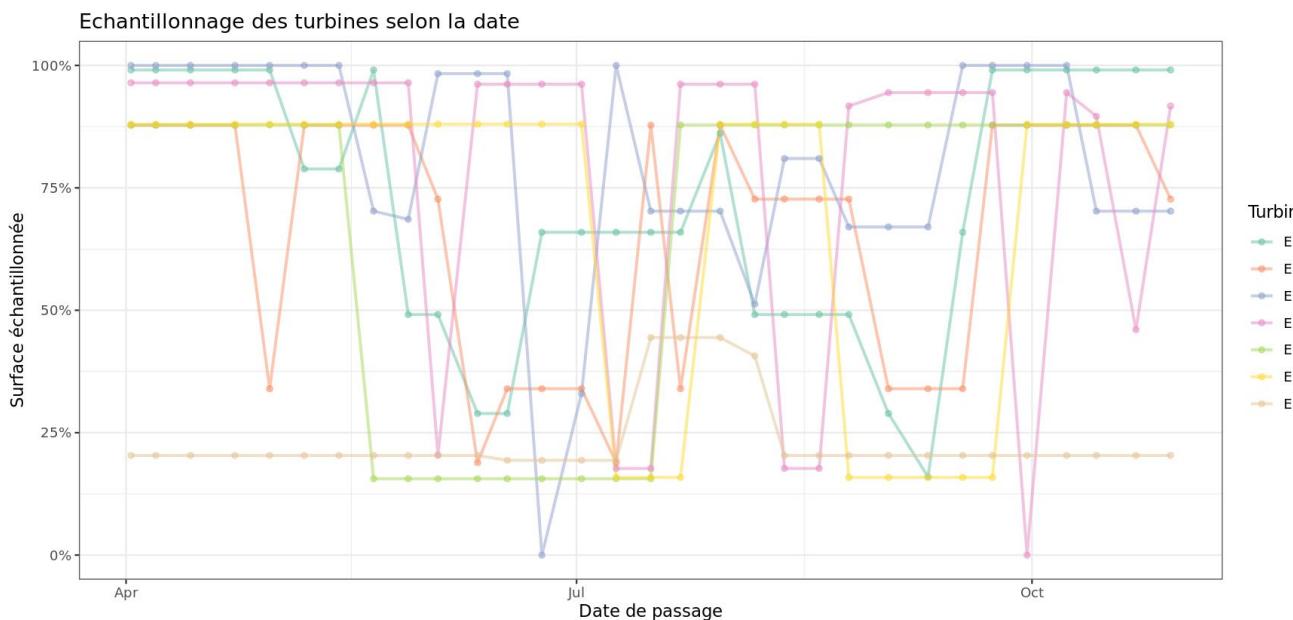


Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

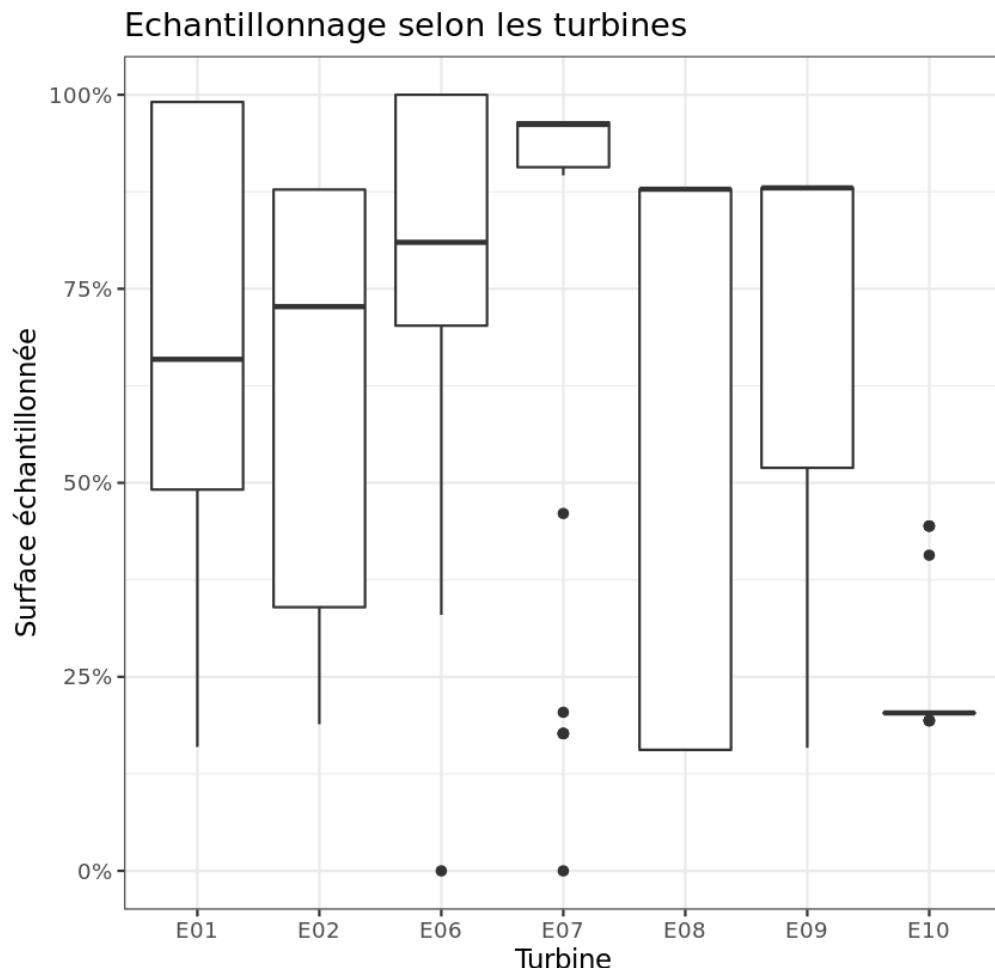


Figure 14 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. Synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

2.3.4 Réalisation des tests de préation

Les deux tests de préation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de préation 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 ». 180 cadavres de jeunes rats soit 15 par éolienne (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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

de l'observateur. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 90 à 125 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 chaqueurre 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 15 : 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 3 tests).

	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Total
Occupations du sol								
Labour	0	0	15	0	0	0	0	15
Plateforme	4	11	4	4	7	2	6	38
Prairies naturelles	22	47	71	2	47	3	5	197
Prairies semées	0	0	15	23	1	14	0	53
Hauteurs de végétation								
0	0	0	0	0	0	14	0	14
5	17	4	32	2	3	1	3	62
10	2	30	15	3	0	3	4	57
15	5	0	13	10	1	0	0	29
20	2	20	2	14	1	0	0	39
25	0	4	16	0	18	0	1	39
30	0	0	27	0	32	1	3	63
Dates de tests								
14/05/2021	5	20	37	8	17	14	0	101
17/09/2021	2	19	28	18	20	1	4	92
29/10/2021	19	19	40	3	18	4	7	110
Total	26	38	105	29	45	19	11	303

2.3.6 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs. C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (dont l'efficacité de recherche a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (4 fois sur 20 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 a été réalisée de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figures rencontrés par

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 4 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 7 hauteurs différentes de végétation.

Les transects circulaires à la corde n'ont pas été réalisés systématiquement sur certaines éoliennes au regard de la difficulté à mettre en œuvre ce protocole pour certaines d'entre elles : présence de haies, bétail, clôtures... Dans ce cas-là des transects linéaires non circulaires, espacés d'environ 5 mètres ont été réalisés.

2.4 Équipe de travail

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

Tableau 4 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Florian LECORPS
Chef de projet Rédaction de l'étude	Michaël GUILLON / Yvan BOUROULLEC
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères pour les 31 passages.	Maelann COUTURIER

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, 3 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Kergrist-Moëlou, dont 2 oiseaux (2 espèces) et 1 chauves-souris (1 espèce) entre le 2 juin 2021 et le 29 octobre 2021.

Les espèces d'oiseaux trouvés sont la Mésange bleue (1 individu), la Grive musicienne (1 individu), découvertes le 2 avril et le 23 septembre 2021. Par avis d'expert, il est considéré que la mortalité de la Mésange bleue n'est pas imputable au fonctionnement des éoliennes. Une espèce de chauve-souris a été retrouvée, il s'agit de la Pipistrelle commune (1 individu), et le 25 aout 2021.

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

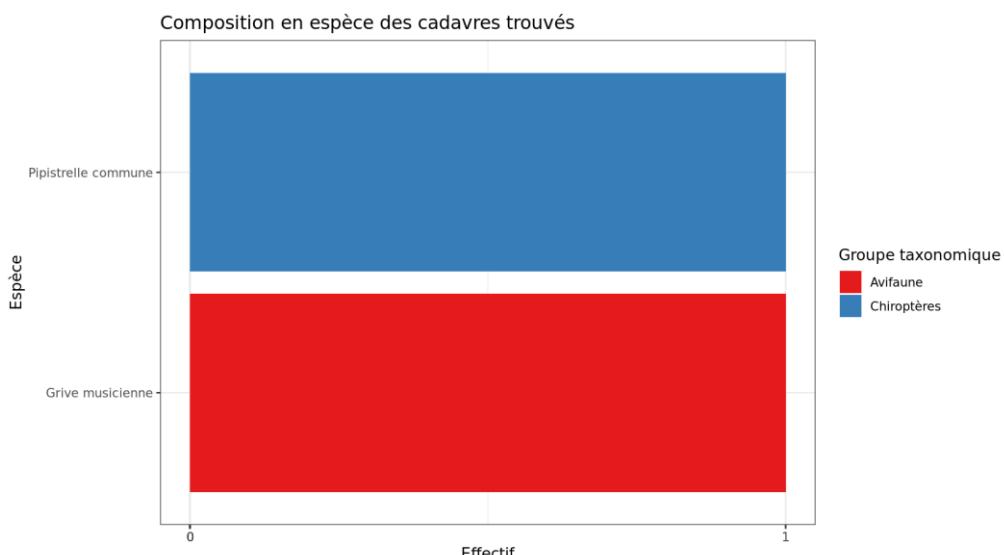


Figure 16 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou



Figure 17 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts de pipistrelles © Biotope

2 Synthèse et analyse des résultats

Au niveau phénologique, on remarque que les cadavres de la Pipistrelle de commune ont été découverts au moment de la période de migration postnuptiale.

La Grive musicienne et la Pipistrelle commune sont morts par barotraumatisme et/ou par collision avec les pales. **En revanche par avis d'expert, il est considéré que la mortalité de la Mésange bleue n'est pas imputable au fonctionnement des éoliennes.**

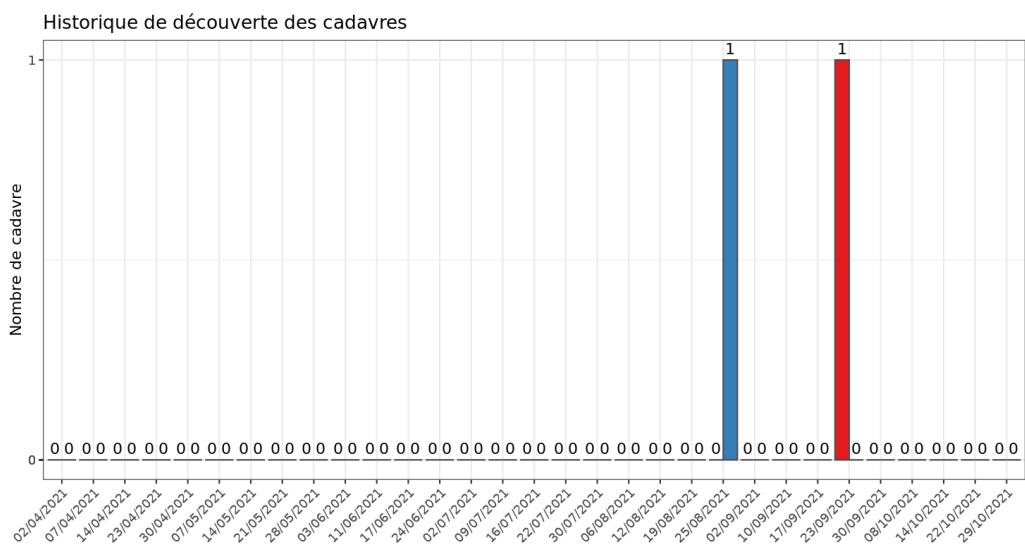


Figure 18 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou

1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous deux (E08, E09) des sept éoliennes avec des valeurs égales entre elles (1 découverte).

2 Synthèse et analyse des résultats

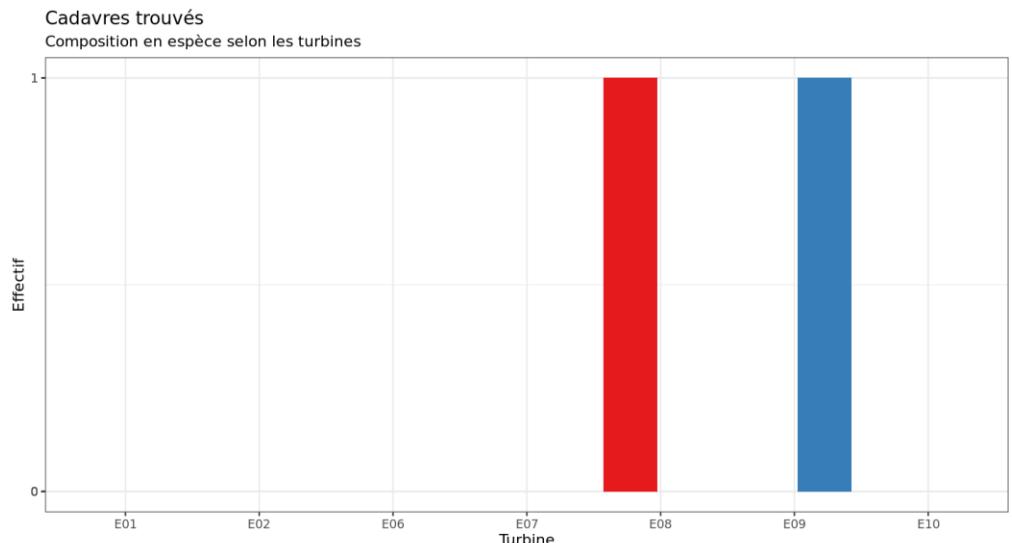


Figure 19 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

Deux des sept éoliennes suivies présentent des cas de mortalité. E8 est concernée par une mortalité d'oiseau, et E9 par une mortalité de chiroptère. Sous les autres éoliennes, aucune mortalité imputable aux fonctionnements des éoliennes n'a été observé. La mortalité brute observée est faible.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les spécimens ont été retrouvés dans un rayon relativement proche des éoliennes. La grive musicienne a été retrouvée à environ 9 mètres de l'éolienne, tandis que la Pipistrelle commune à environ 13 mètres.

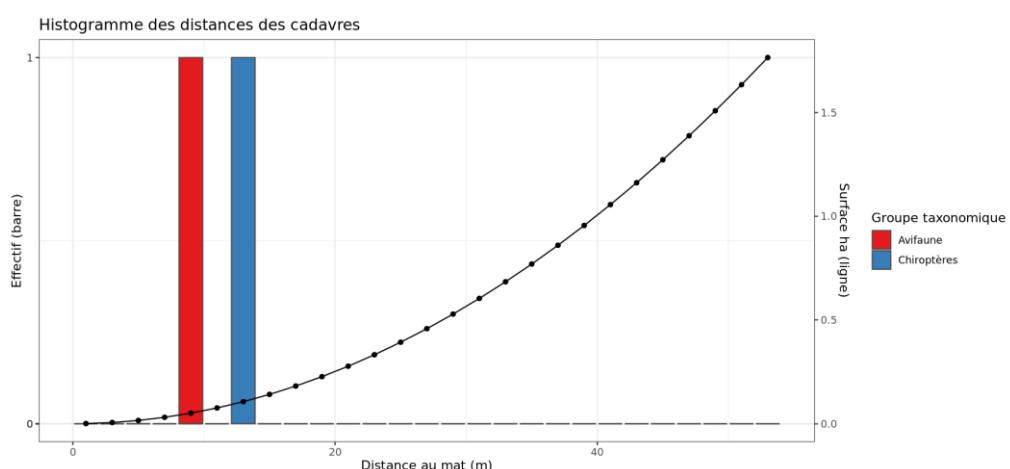


Figure 20 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Kergrist-Moëlou. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

2 Synthèse et analyse des résultats

Les découvertes ont été réalisées au sud-ouest et au nord-est des éoliennes.

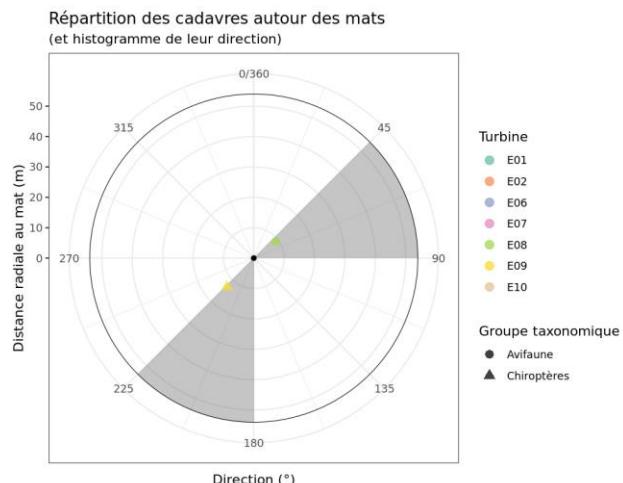


Figure 21 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

1 spécimen d'une espèce, la Grive musicienne (*Turdus viscivorus*), a été retrouvé sous l'éolienne E8.

À titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 07 mai 2021) 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 la Grive musicienne se situe au 78^{ème} rang européen (espèce principalement observée en Espagne et en Allemagne) et au 21^{ème} pour la France.

Ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Kergrist-Moëlou par rapport à celle observée aux échelles nationales et européennes. 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 large qui existe à ce jour.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 7 mai 2021) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CZ	D	DK	E	FR	Kergrist	GR	NL	P	PL	S	Total (hors Kergrist)
Grive musicienne	78	21	-	12	1	-	27	-	129	24	1	2	3	-	-	1	199

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

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2005, on constate que cette espèce avait été identifiée dans l'état initial.

Évaluation des enjeux

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

La Grive musicienne ne présente pas d'enjeu particulier.

Elle n'est pas inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux et n'est pas une espèce protégée.

Elle n'a pas de statut défavorable sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national, ni au niveau régional.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste Rouge non nicheur -de passage (2011)	Liste rouge nicheur Bretagne (2015)	Liste rouge migrateur Bretagne (2015)	Spèces déterminantes Bretagne : Espèces nicheuses
	/	/	LC	LC	DD	LC	DD	/
Grive musicienne								

Légende :

Protection nationale

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

Directive Oiseaux

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

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

Annexe II : espèces pouvant être chassées :

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

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

Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :

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

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

NIOF (Nouvel Inventaire des Oiseaux de France) Migrateur

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

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

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

Listes rouges

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

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

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

Espèces déterminantes

Espèces déterminantes de la Région Bretagne : Espèces nicheuses

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

1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

Un spécimen de Pipistrelle commune a été retrouvé sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou.

Il s'agit d'une espèce assez sédentaire qui ne s'éloigne que rarement de son domaine vital. Le spécimen touché est donc probablement issu de colonie locale, proche du parc éolien.

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 montre :

- Que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française ;

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.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tout comme pour les oiseaux, ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de Kergrist-Moëlou 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	Rang															Total (hors Kergrist)		
	Europe	France	A	BE	CH	CR	CZ	D	E	FR	Kergrist	GR	NL	PT	PL	RO	S	UK	
Pipistrelle commune	1	1	2	28	6	5	16	758	211	1012	1	0	15	323	5	6	1	46	2435

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

Si l'on se réfère à l'étude d'impact réalisée en 2005, on constate que seule la Pipistrelle commune avait été identifiée dans ce document en plus de 3 autres espèces (Sérotine commune, Murin à moustache et Murin de Natterer) non-découvertes durant ce suivi. En revanche, la Pipistrelle de Kuhl n'avait pas été identifiée. La méthodologie mise en place à l'époque (écoutes en été seulement) s'avère aujourd'hui obsolète et les données récoltées sont trop anecdotiques pour pouvoir être exploitées.

À noter que lors de l'étude d'impact, en plus de l'absence d'écoute à l'automne et au printemps, aucun inventaire en altitude n'a été réalisé à l'époque. Il est donc possible que des espèces volant à hauteur de pale n'aient pas été détectées lors des inventaires mais identifiées dans le suivi acoustique comme la Pipistrelle de Kuhl et la Pipistrelle de Nathusius.

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, la Noctule de Leisler, la Pipistrelle de Nathusius et la Sérotine bicolore (Hutterer et al. 2005). Ces espèces se reproduisent en Europe du nord et de l'est. Les jeunes naissent entre juin et fin juillet et s'émancipent au bout de quelques semaines. On assiste donc à une migration automnale, dès le mois d'août, d'individus qui reviennent des sites de mise-bas du nord et de l'est de l'Europe pour venir s'accoupler et hiberner en Europe de l'ouest. Ces mouvements concernent essentiellement les femelles et les jeunes, à l'exception de la Sérotine bicolore où la majorité des données en période de migration concernent des mâles. Au printemps, les femelles retournent sur leur site de mise-bas. Des colonies de mise-bas sont également présentes en France, bien que rares. Cependant, cette rareté peut être liée à un manque de connaissances, de nouvelles colonies étant découvertes chaque année (ARTHUR & LEMAIRE, 2015).

La Noctule commune et la Pipistrelle commune font partie des espèces les plus impactées par les parcs éoliens en exploitation. 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 de Kergrist -Moëlou à l'échelle de la France et de l'Europe. Les 2 espèces contactées sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. La Pipistrelle commune est par ailleurs considérée comme en déclin en France (quasi menacée).

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

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

Légende :

Protection nationale

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

Directive Habitats

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

Listes rouges Europe, France et Bretagne

Liste rouge européenne des espèces menacées (IUCN, 2012)

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

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

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2 Analyse des résultats

Dans le cadre de cette étude, plusieurs formules ont été utilisées pour estimer la mortalité du parc éolien. Comme recommandé dans le protocole national, il s'agit des formules 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 modérés allant de 0,65 à 0,80 sauf pour les éoliennes E10 avec un coefficient très faible (0,23) du fait de la présence de boisement et de friches hautes quasi permanentes.** La différence entre éolienne est liée à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

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

	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10
Quantile 2.5%	0,26	0,19	0,25	0,13	0,16	0,16	0,19
Premier quartile	0,49	0,34	0,7	0,91	0,16	0,52	0,2
Moyenne	0,72	0,67	0,81	0,78	0,67	0,69	0,23
Moyenne pondérée	0,71	0,65	0,80	0,78	0,66	0,69	0,23
Médiane	0,66	0,73	0,81	0,96	0,88	0,88	0,20
Troisième quartile	0,99	0,88	1	0,96	0,88	0,88	0,20
Quantile 97.5%	0,99	0,88	1	0,96	0,88	0,88	0,44

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.95): « **Persistance ~ Date + Eolienne + Date : Eolienne** ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les deux dates de test mais aussi entre éoliennes. Le modèle intègre également une interaction « : » entre l'effet date et l'effet éolienne, ce qui signifie que l'évolution de la durée de persistance n'a pas de tendance homogène entre éoliennes entre les deux dates de tests (diminution, stabilité ou augmentation possible).

- Erickson, W.P.; Johnson, G.D.; Strickland, M.; Kronner, K. (2000). *Final Report: avian and bat mortality associated with the Vansycle wind project.* pp 1-26.

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

- Korner-Nievergelt, F., Korner-Nievergelt, P., Behr, O., Niermann, I., Brinkmann, R., & Hellriegel, B. (2011). *A new method to determine bird and bat fatality at wind energy turbines from carcass searches.* *Wildlife Biology*, 17(4), 350-363. doi: 10.2981/10-121

2 Synthèse et analyse des résultats

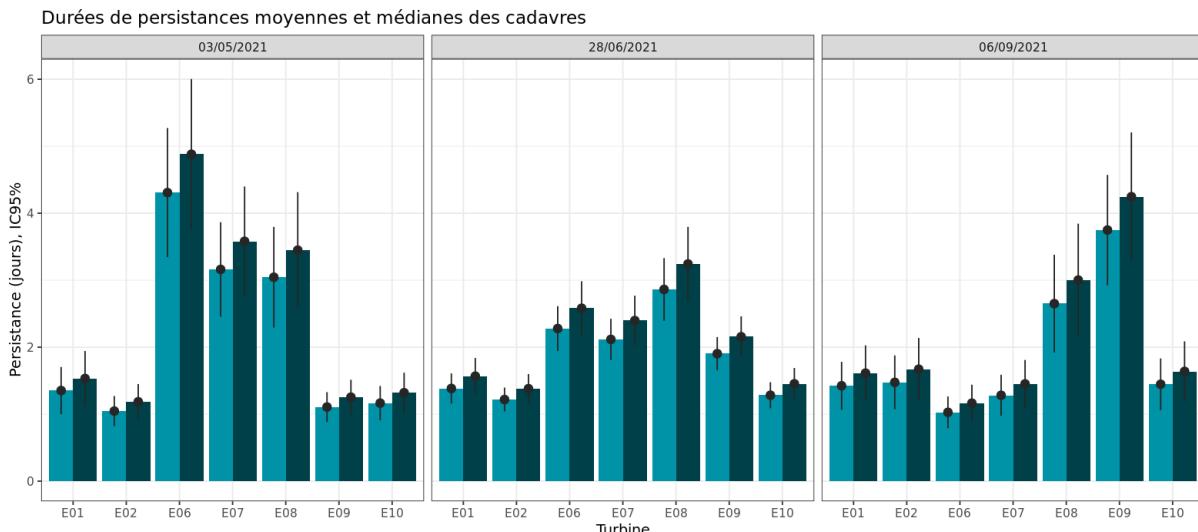


Figure 22 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préation

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de 2,5 jours lors du premier test réalisé début juillet puis légèrement inférieur lors des second et troisième tests (2,1 jours en moyenne pour les sept éoliennes). Suivant les éoliennes, cela représente une préation forte à très forte. Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la préation est assez bonne pour toutes les éoliennes sur les trois tests.

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

TurbID	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Moyenne
Résultats du test du 03/05/2021								
Persistance moyenne	1,53	1,19	4,88	3,58	3,45	1,25	1,32	2,46
Intervalle de confiance à 95%	[1,12 ; 1,94]	[0,92 ; 1,45]	[3,76 ; 6,00]	[2,76 ; 4,40]	[2,58 ; 4,31]	[0,99 ; 1,51]	[1,02 ; 1,62]	
Résultats du test du 28/06/2021								
Persistance moyenne	1,57	1,38	2,58	2,40	3,24	2,16	1,45	2,11
Intervalle de confiance à 95%	[1,30 ; 1,84]	[1,16 ; 1,60]	[2,18 ; 2,99]	[2,03 ; 2,77]	[2,69 ; 3,80]	[1,85 ; 2,46]	[1,22 ; 1,69]	
Résultats du test du 06/09/2021								
Persistance moyenne	1,61	1,67	1,16	1,45	3,00	4,25	1,64	2,11
Intervalle de confiance à 95%	[1,20 ; 2,03]	[1,20 ; 2,14]	[0,89 ; 1,44]	[1,10 ; 1,81]	[2,16 ; 3,84]	[3,29 ; 5,21]	[1,19 ; 2,09]	

2 Synthèse et analyse des résultats

Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles ont permis de retenir le modèle le plus parcimonieux qui est le modèle « **Trouve ~ OCS + Hmoy** » afin de réaliser les interpolations et extrapolations par le modèle. Certaines catégories d'occupation du sol n'ont pas pu être testées dans le cadre de ce suivi. Ce sont les « Chaume maïs », « Culture haricot », « Fossé » et « Friche ». Nous nous sommes appuyés sur les prédictions du modèle basées sur les autres occupations du sol pour attribuer *a posteriori* et à dire d'expert les probabilités associées à ces cas de figures non testés. De cette manière, nous avons déterminé les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupation du sol et de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur durant l'ensemble suivi.

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction de la végétation. Ils sont globalement assez faibles avec une gamme de valeurs allant de 0,27 au minimum (prairies naturelles de 35 cm de hauteur) à 0,88 au maximum (absence de végétation sur les plateformes) suivant les milieux prospectés.

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

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Labour 0cm	0,68 [0,41 ; 0,87]		Interpolation	Prairie semée 0cm	0,54 [0,39 ; 0,69]	0,93 [0,79 ; 1]	Estimation
Labour 5cm	0,67 [0,41 ; 0,86]		Interpolation	Prairie semée 5cm	0,54 [0,4 ; 0,67]	0,33 [0,13 ; 0,6]	Estimation
Labour 10cm	0,67 [0,4 ; 0,86]	0,67 [0,4 ; 0,87]	Estimation	Prairie semée 10cm	0,53 [0,39 ; 0,66]	1 [0 ; 0]	Estimation
Labour 15cm	0,66 [0,39 ; 0,85]		Interpolation	Prairie semée 15cm	0,52 [0,38 ; 0,66]	0,25 [0 ; 0,63]	Estimation
Labour 20cm	0,65 [0,38 ; 0,85]		Interpolation	Prairie semée 20cm	0,51 [0,36 ; 0,66]	0,47 [0,27 ; 0,73]	Estimation
Labour 25cm	0,65 [0,36 ; 0,86]		Interpolation	Prairie semée 25cm	0,51 [0,34 ; 0,67]		Interpolation
Labour 30cm	0,64 [0,34 ; 0,86]		Interpolation	Prairie semée 30cm	0,5 [0,31 ; 0,69]		Interpolation
Plateforme 0cm	0,88 [0,72 ; 0,95]		Interpolation	Prairie semée 35cm	0,49 [0,28 ; 0,7]		Extrapolation
Plateforme 5cm	0,88 [0,72 ; 0,95]	0,69 [0,44 ; 0,94]	Estimation	Chaume maïs 5cm	0,54 [0,4 ; 0,67]		Extrapolation
Plateforme 10cm	0,87 [0,72 ; 0,95]		Interpolation	Chaume maïs 15cm	0,3 [0,23 ; 0,37]		Extrapolation
Plateforme 15cm	0,87 [0,72 ; 0,95]	1 [1 ; 1]	Estimation	Culture haricot 0cm	0,68 [0,41 ; 0,87]		Extrapolation
Plateforme 20cm	0,87 [0,71 ; 0,94]	1 [1 ; 1]	Estimation	Culture haricot 5cm	0,67 [0,41 ; 0,86]		Extrapolation
Plateforme 25cm	0,86 [0,7 ; 0,94]	1 [1 ; 1]	Estimation	Culture haricot 10cm	0,67 [0,4 ; 0,86]		Extrapolation
Plateforme 25cm	0,86 [0,7 ; 0,94]	1 [1 ; 1]	Estimation	Culture haricot 15cm	0,52 [0,38 ; 0,66]		Extrapolation

2 Synthèse et analyse des résultats

Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction
Plateforme 30cm	0,86 [0,68 ; 0,94]	1 [1 ; 1]	Estimation	Culture haricot 20cm	0,51 [0,36 ; 0,66]		Extrapolation
Prairie naturelle 0cm	0,32 [0,2 ; 0,46]		Interpolation	Culture haricot 40cm	0,27 [0,18 ; 0,4]		Extrapolation
Prairie naturelle 5cm	0,31 [0,22 ; 0,43]	0,29 [0,13 ; 0,45]	Estimation	Fossé 10cm	0,31 [0,23 ; 0,4]		Extrapolation
Prairie naturelle 10cm	0,31 [0,23 ; 0,4]	0,32 [0,17 ; 0,46]	Estimation	Fossé 15cm	0,3 [0,23 ; 0,37]		Extrapolation
Prairie naturelle 15cm	0,3 [0,23 ; 0,37]	0,28 [0,06 ; 0,5]	Estimation	Fossé 20cm	0,29 [0,23 ; 0,36]		Extrapolation
Prairie naturelle 15cm	0,3 [0,23 ; 0,37]	0,28 [0,06 ; 0,5]	Estimation	Fossé 25cm	0,29 [0,22 ; 0,37]		Extrapolation
Prairie naturelle 20cm	0,29 [0,23 ; 0,36]	0,35 [0,12 ; 0,59]	Estimation	Friche 5cm	0,31 [0,22 ; 0,43]		Extrapolation
Prairie naturelle 25cm	0,29 [0,22 ; 0,37]	0,29 [0,13 ; 0,45]	Estimation	Friche 10cm	0,31 [0,23 ; 0,4]		Extrapolation
Prairie naturelle 30cm	0,28 [0,2 ; 0,38]	0,27 [0,15 ; 0,39]	Estimation	Friche 15cm	0,3 [0,23 ; 0,37]		Extrapolation
Prairie naturelle 35cm	0,27 [0,18 ; 0,4]		Extrapolation	Friche 20cm	0,29 [0,23 ; 0,36]		Extrapolation
				Friche 25cm	0,29 [0,22 ; 0,37]		Extrapolation
				Friche 30cm	0,27 [0,18 ; 0,4]		Extrapolation

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2.2 Estimation de la mortalité

Les calculs d'estimation de mortalité ont été réalisés strictement à partir des cadavres trouvés et pour lesquels l'origine de la mort est imputable de façon certaine aux éoliennes. Les éventuels cadavres découverts lors du premier passage ne sont pas comptabilisés (dans ce cas-ci aucune découverte au premier passage). 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.

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

	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10
Probabilité détection $P(s,f)$							
Huso (2010)	0,08	0,09	0,15	0,17	0,16	0,19	0,13
Erickson et al. (2000)	0,08	0,09	0,16	0,17	0,17	0,21	0,13
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,04	0,04	0,12	0,11	0,12	0,15	0,06
Coefficient correcteur de surface a							
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,71	0,65	0,8	0,78	0,66	0,69	0,23
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$							
Huso (2010)	0,06	0,06	0,12	0,13	0,11	0,13	0,03
Erickson et al. (2000)	0,06	0,06	0,13	0,13	0,11	0,14	0,03
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,03	0,03	0,10	0,09	0,08	0,10	0,01

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible de manière générale (entre 0.04 et 0.21 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est moyen (entre 65% et 80% de surfaces prospectées) voire très faible pour l'éolienne E10 (23%). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.014 à 0.15, c'est à dire un facteur démultiplificateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 6.9 à 72.5. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 7 et 73 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait très importants (détection globale faible).**

Les éoliennes E10 suivie par E01 et E02 possèdent les plus faibles probabilités de détection globale, E6, E7, E8 et E9 présentent les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui restent dans l'absolu faibles également.

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

- **Éolienne E08**

C'est l'éolienne qui présente, le plus de découverte de cadavre (n=1) et une probabilité globale de détection intermédiaire aux autres éoliennes (qui reste faible dans l'absolu). Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E08 sont comprises entre 9 et 12 individus sur une période de 210 jours de suivi. L'observation a été réalisée le 23 septembre 2021.

- **Éolienne E10**

C'est l'éolienne qui présente la probabilité globale de détection la plus faible (et très faible dans l'absolu), avec aucune observation de cadavres durant les 210 jours de suivi.

Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	0	0	0	1	0	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 50]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 21]	9 [1 ; 43]	0 [0 ; 21]	0 [0 ; 96]	9
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 21]	0 [0 ; 20]	9 [1 ; 41]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 95]	9
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 107]	0 [0 ; 115]	0 [0 ; 30]	0 [0 ; 33]	12 [1 ; 57]	0 [0 ; 27]	0 [0 ; 218]	12

- **Ensemble du parc**

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale d'oiseaux la plus probable est comprise entre 9 et 12 individus sur la durée du suivi.

Une seule observation a été réalisée (le 23 septembre 2021).

L'éolienne E08 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc avec des incertitudes assez importantes. Pour les éoliennes E06, E07 et E09, les probabilités permettent d'évaluer l'impact des éoliennes avec une certaine confiance alors que pour les éoliennes restantes (E01, E02 et E10), les incertitudes importantes sont plus limitantes.

2 Synthèse et analyse des résultats

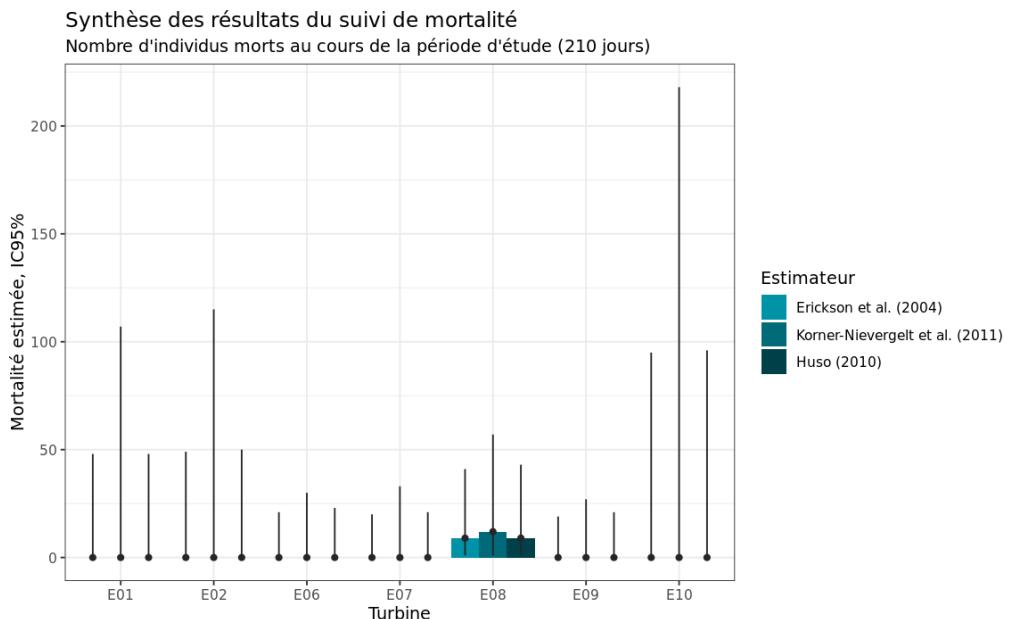


Figure 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Kergrist-Moëlou au cours du suivi de 2021 sur 210 jours

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité des chiroptères

- ***Éolienne E09***

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découverte de cadavre (n=1) et la plus forte probabilité globale de détection sur le parc (qui reste assez faible dans l'absolu). Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E09 sont comprises entre 7 et 9 individus sur une période de 210 jours de suivi. L'observation a été réalisée le 25 aout 2021.

- ***Éolienne E10***

C'est l'éolienne qui présente la probabilité globale de détection la plus faible (et très faible dans l'absolu), avec aucune observation de cadavres durant les 210 jours de suivi.

Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi

Estimateurs	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	0	0	0	0	1	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 50]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 21]	0 [0 ; 27]	7 [1 ; 33]	0 [0 ; 96]	7
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 49]	0 [0 ; 21]	0 [0 ; 20]	0 [0 ; 25]	7 [1 ; 31]	0 [0 ; 95]	7
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 107]	0 [0 ; 115]	0 [0 ; 30]	0 [0 ; 33]	0 [0 ; 36]	9 [1 ; 43]	0 [0 ; 218]	9

- ***Ensemble du parc***

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale de chiroptères la plus probable est comprise entre 7 et 9 individus sur la durée du suivi.

Une seule observation a été réalisée (le 25 aout 2021).

L'éolienne E09 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc avec des incertitudes assez importantes. Pour les éoliennes E06, E07 et E08, les probabilités permettent d'évaluer l'impact des éoliennes avec une certaine confiance alors que pour les éoliennes restantes (E01, E02 et E10), les incertitudes importantes sont plus limitantes.

2 Synthèse et analyse des résultats

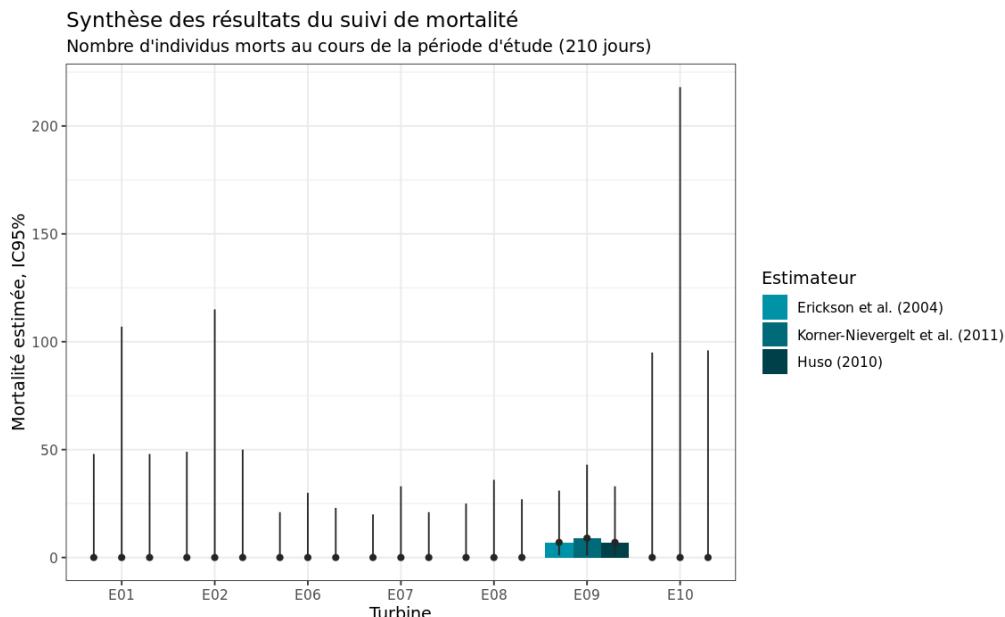


Figure 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Kergrist-Moëlou au cours du suivi de 2021 sur 210 jours

1.3 Synthèse du suivi de mortalité pour le parc

Le suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou entre le 2 avril 2021 et le 29 octobre 2021 (7 machines) a conduit à l'observation de 2 cadavres, dont 1 oiseau (1 espèce) et 1 chauves-souris (1 espèce).

En effet, 1 espèce d'oiseau (la Grive musicienne) et 1 espèce de chiroptère (la Pipistrelle commune) ont été retrouvées sous deux éoliennes de la partie du parc suivi. A noter que la Grive musicienne n'est pas une espèce protégée.

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

L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est la Pipistrelle commune observée à 11 m. La Grive musicienne a été retrouvée à 7 mètres.

Trois tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 315 petits 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 1.16 jour (E06, troisième test) à 4.88 jours (E06, premier test).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour 7 des 14 éoliennes du parc, sur la durée du suivi (210 jours).

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 9 à 12 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi pour l'ensemble des 7 éoliennes suivies pour une seule observation soit une moyenne pour les 7 éoliennes de 1.3 à 1.7 cas par éolienne pour la période de suivi de 210 jours.

2 Synthèse et analyse des résultats

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 7 à 9 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi pour l'ensemble des 7 éoliennes suivies pour une seule observation soit une moyenne pour les 7 éoliennes de 1 à 1.3 cas par éolienne pour la période de suivi de 210 jours.

Ces chiffres semblent inférieurs à ceux mentionnés par la bibliographie. Selon RYDELL et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble 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 de Kergrist-Moëlou en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On notera toutefois que le taux de mortalité estimé sur le parc semble plus faible que ceux des résultats fournis par la bibliographie et que les incertitudes des estimations pour une partie des éoliennes, liées en grande partie à des problématiques de capacité à trouver les cadavres, limite la capacité à conclure sur le niveau de la mortalité pour les éoliennes en question.

2 Synthèse et analyse des résultats

2 Facteurs d'impact

2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

De manière générale, l'étude d'impact de 2005 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères (composition / abondance des espèces et structure paysagère du site d'étude).

Il est par conséquent difficile de pouvoir faire une comparaison entre les informations partielles de l'étude d'impact et les résultats des suivis mortalité de 2019 et de 2021.

2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2019 et 2021

Rappels :

Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau des éoliennes E05 et E14 entre le 17 avril et le 8 novembre 2019. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 206 nuits pour les deux éoliennes. Le suivi mortalité a été réalisé entre les semaines S24 et S43 pour 12 éoliennes (11 pour AERODIS et 1 pour EOLE Moustermeur).

En 2021, les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne E05 entre le 14 avril et le 22 novembre 2021. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 222 nuits. Le suivi mortalité a été réalisé entre les semaines S13 et S43 pour 7 éoliennes (AERODIS) soit 31 passages hebdomadaires.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

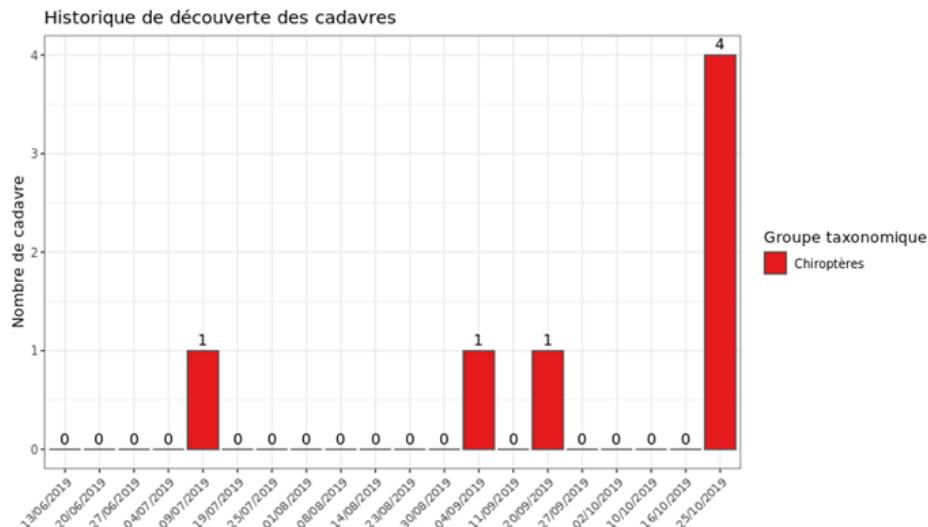


Figure 25 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou en 2019

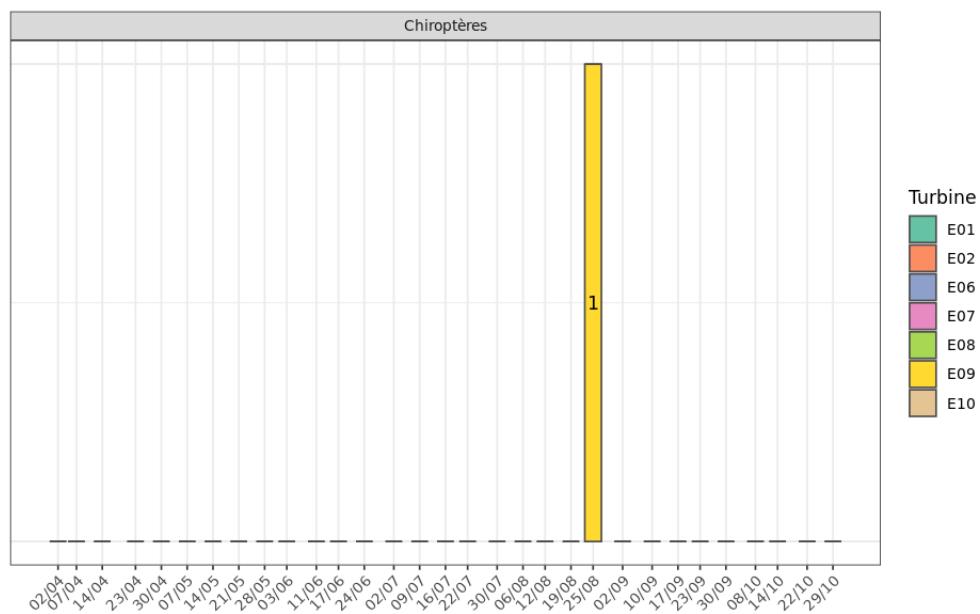


Figure 26 Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou en 2021

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts en 2019 durant le suivi de mortalité a été assez faible ($n=7$). Les découvertes se sont déroulées de début juillet à fin octobre avec un seul pic principal fin octobre. La Pipistrelle de Kuhl a été observée le 25 octobre. En 2021, une seule découverte de chiroptère a été réalisée concernant la Pipistrelle commune le 25 aout.

2 Synthèse et analyse des résultats

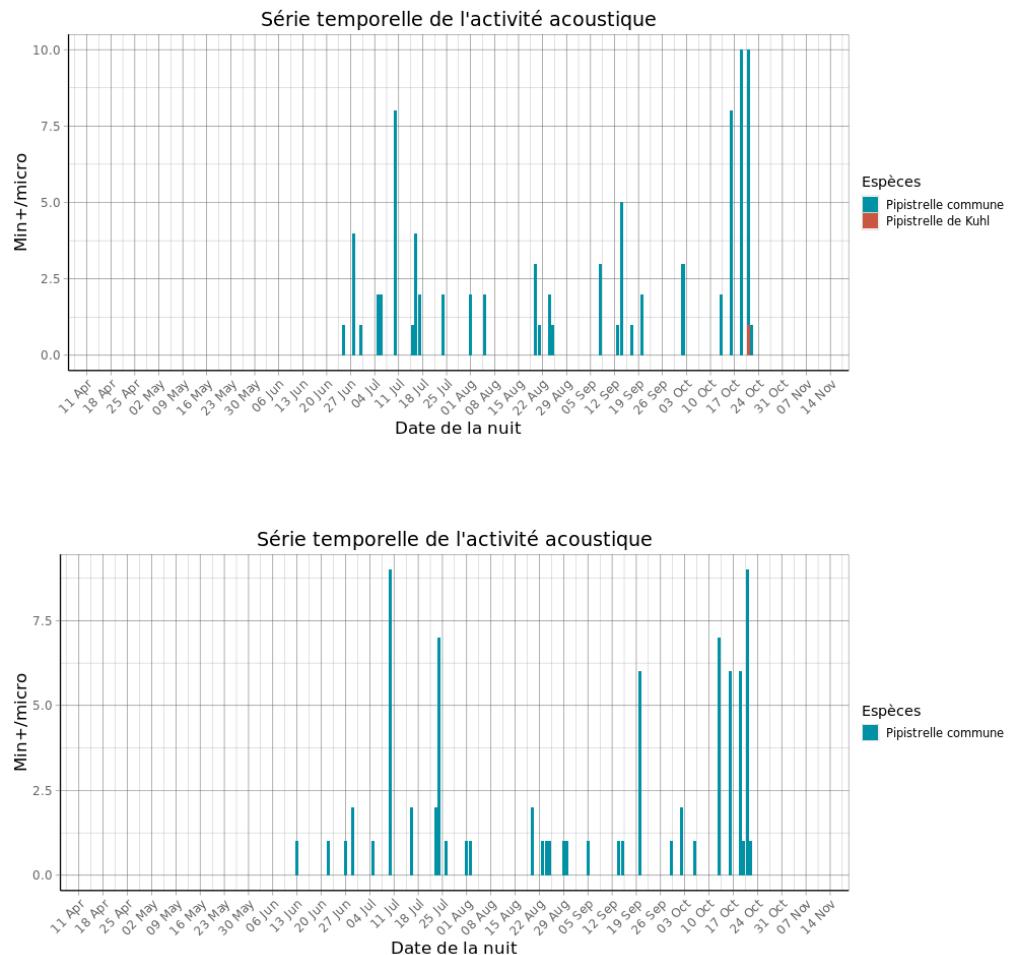


Figure 27 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 (haut) et E14 (bas) sur la période de réalisation du suivi mortalité (15 juin au 25 octobre 2019).

Pour le suivi de l'activité acoustique, on remarque une activité globale faible en 2019 et 2021 avec une activité plus marquée sur certaines périodes de l'année qui reste comparable entre les années : 1) la période de transition printanière (avril - mai) très limitée, 2) la période estivale (mise-bas et estivage : juin - juillet) avec une activité qui augmente significativement début juin et qui chute en juillet puis 3) la période automnale (migration : mi aout - septembre - octobre), l'activité est plus forte mais hétérogène avec des pics.

Ponctuellement, des pics d'activités acoustiques ont été enregistrés et sont liés à des conditions météorologiques très favorables et à de probables blooms d'insectes. L'activité des Pipistrelles commune et de Kuhl en 2019 et en 2021 sur ces phases coïncide assez bien avec la découverte de ces espèces lors des suivis mortalité menés en parallèle en 2019 et 2021. Par exemple, le pic d'activité enregistré la nuit du 19 aout 2021 de la Pipistrelle commune coïncide parfaitement avec la découverte d'un cadavre de la même espèce lors du passage réalisé le 25 aout 2021 et l'absence de découverte le 19 aout 2021 en journée.

2 Synthèse et analyse des résultats

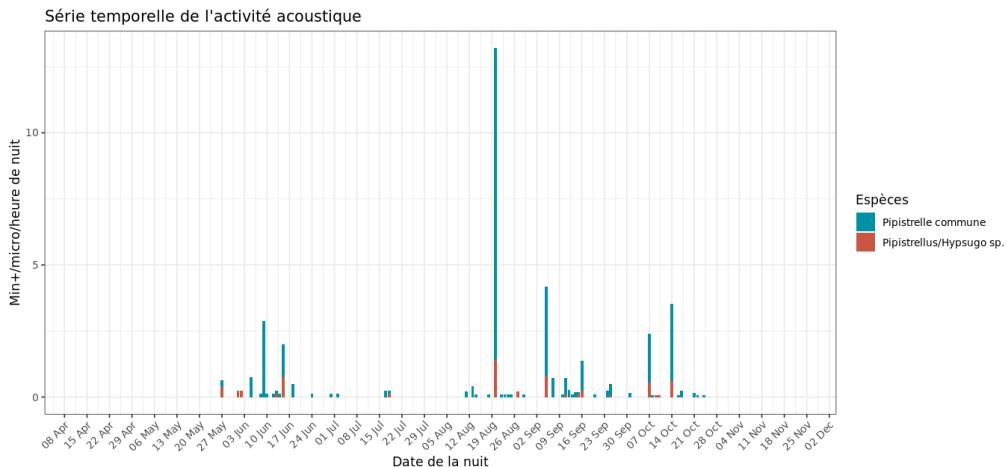


Figure 28 Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 sur la période de réalisation du suivi mortalité en 2021

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique semblent plutôt bien coïncider aussi bien en 2019 qu'en 2021. Une bonne partie des découvertes a été réalisée au moment où l'activité a été également plus marquée.

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

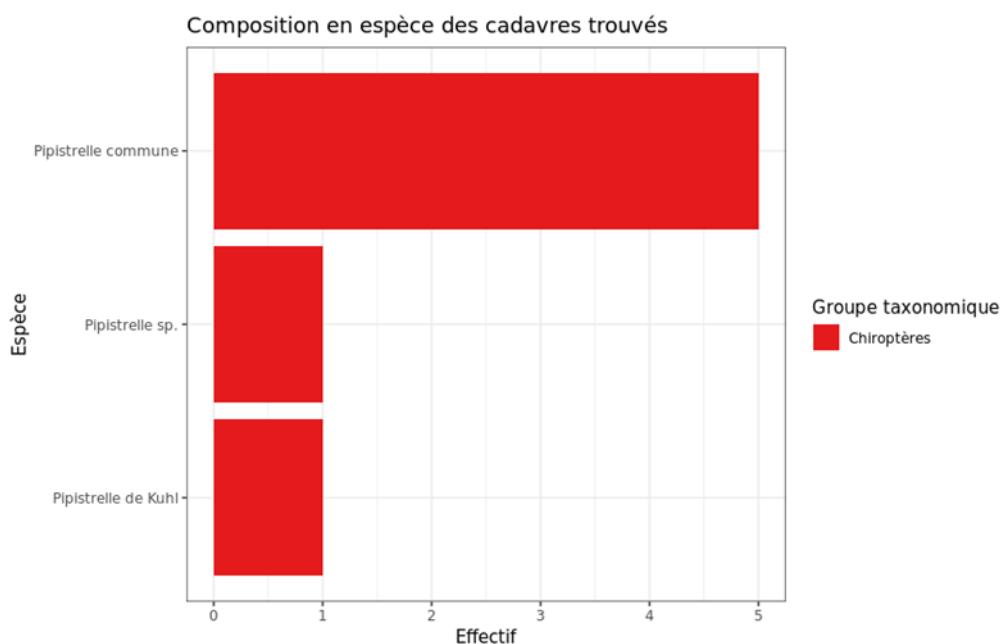


Figure 29 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Kergrist-Moëlou en 2019

2 Synthèse et analyse des résultats

Pour le suivi de mortalité de 2019, les observations ont principalement concerné la Pipistrelle commune (n=5) répartie sur l'ensemble du suivi, la Pipistrelle de Kuhl (n=1) et une Pipistrelle indéterminée. En 2021, une seule découverte de cadavre a été réalisée concernant la Pipistrelle commune.

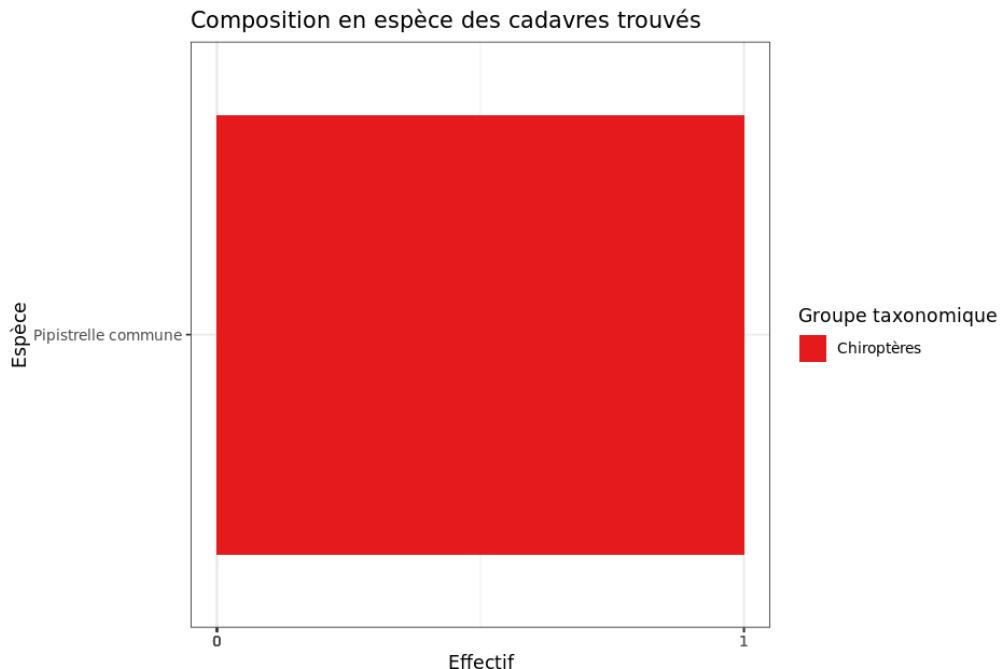


Figure 30 Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Kergrist-Moëlou en 2021

2 Synthèse et analyse des résultats

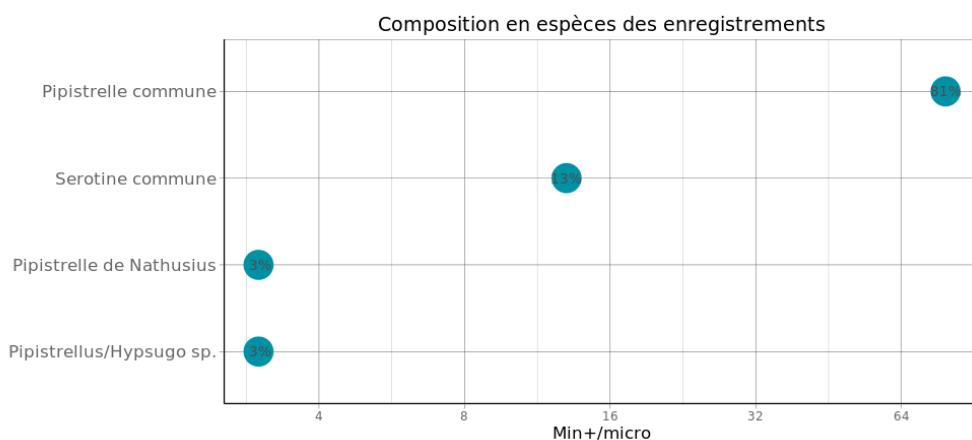
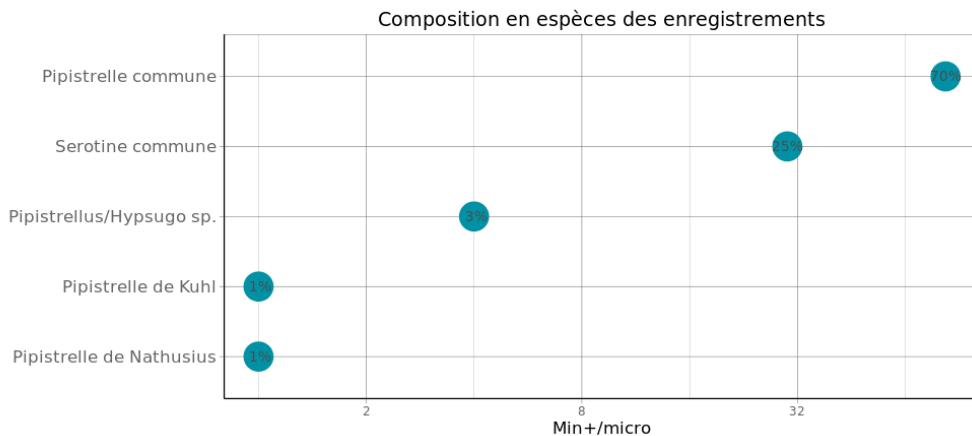


Figure 31 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 (haut) et E14 (bas) en 2019

Pour les suivis acoustiques de 2019, l'espèce la plus fréquemment contactée est également la Pipistrelle commune avec 70% et 81% des contacts (respectivement pour E05 et E14). Seulement 1% des contacts ont été rattachés à la Pipistrelle de Kuhl. En 2021, l'espèce la plus fréquemment contactée reste la Pipistrelle commune avec 80% des contacts pour E05. L'activité relative de la Sérotine commune est plus faible en 2021 qu'en 2019 au profit des Pipistrelles de Kuhl et Nathusius.

2 Synthèse et analyse des résultats

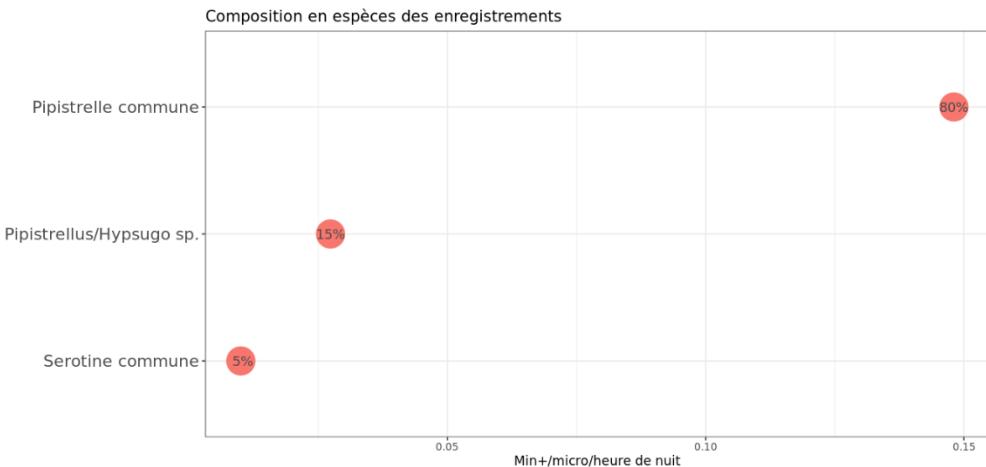


Figure 32 Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 en 2021

La principale espèce découverte dans le cadre des suivis mortalité de 2019 et 2021 a également été détectée en majorité lors des suivis acoustiques (Pipistrelle commune).

La Pipistrelle de Kuhl découverte à une reprise durant le suivi mortalité de 2019 fait partie des espèces peu contactée dans le cadre du suivi acoustique (moins de 5% des contacts et sur une seule des deux éoliennes suivies) et n'a pas été retrouvée en 2021 alors que l'occurrence du groupe d'espèces associées a été multiplié par deux en 2021 par rapport à 2019 mais reste très faible en absolu sur les deux années.

2.2.3 Evolution de l'activité et cortège en altitude 2013, 2019 et 2021

En 2013, le suivi en altitude a concerné une éolienne sur une période s'étendant du 20 juin 2013 au 15 octobre 2013 avec 37 contacts de 5 secondes.

En 2019, le suivi altitude a concerné deux éoliennes sur 206 nuits exploitables entre le 17 avril 2019 et le 8 novembre 2019 avec 335 contacts de 5 secondes sur l'éolienne E05 et 232 contacts sur l'éolienne E14.

En 2021, le suivi altitude a concerné une éolienne sur 222 nuits exploitables entre le 14 avril 2021 et le 22 novembre 2021 avec 1198 contacts de 5 secondes sur l'éolienne E05.

Pour les trois années, l'activité globale en altitude a été jugée faible.

Espèces et activité.

Les trois suivis montrent une composition en espèces et une abondance de contacts assez similaires. Seule la Noctule de Leisler a été déterminée en 2013 probablement par erreur et confondue avec la Sérotine commune. **La richesse spécifique est jugée faible pour les trois années.**

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 15 Comparaison de l'activité en altitude entre 2013, 2019 et 2021

Activité en altitude (% de contacts de 5 s)				
	Suivi 2013	Suivi 2019 E05	Suivi 2019 E14	Suivi 2021 E05
Pipistrelle commune	70%	71%	82%	81%
Sérotine commune	19%	26%	11%	4,4%
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	3%	3%	7%	14,9%
Noctule de Leisler	8%	ND	ND	ND
Nombre total de contacts de 5s	37	335	232	1198

Activité en fonction de la vitesse du vent et de la température

Les activités des années 2013, 2019 et 2021 diffèrent en fonction de la période couverte et des conditions météorologiques de l'année considérée:

- 2013, période estivale, conditions chaudes et peu venteuses ;
- 2019, étendue aux périodes printanière et automnale avec des conditions fraîches et venteuses.
- 2021, même période que 2019 avec des conditions moins venteuses

Tableau 16 Pourcentage des contacts obtenus en fonction de la vitesse du vent et des températures en hauteur

Pourcentage des contacts obtenus en fonction de la vitesse du vent et des températures en hauteur				
	Suivi 2013	Suivi 2019 E05	Suivi 2019 E14	Suivi 2021 E05
Vitesse de vent (en m/s à 99 m) de fin d'activité des chiroptères	4.5 m/s (81%)	5.1 m/s (85%)	5.7 m/s (85%)	3.7 m/s (85%)
	7.5 m/s (100%)	7.4 m/s (99%)	7.4 m/s (99%)	7.4 m/s (99%)
Température (en °C à 99m) de début d'activité des chiroptères	15°C (100%)	10.0°C (99%)	10.9°C (99%)	11.0 °C (99%)

Conclusion

Malgré les différences d'effort et de méthode d'inventaire entre 2013, 2019 et 2021, les résultats semblent très similaires avec une richesse spécifique et une activité chiroptérologique d'un niveau faible en altitude. 2021 représente l'année avec la plus forte activité chiroptérologique enregistrée sur le parc.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.2.4 Comparaison des activités entre 2019 et 2021

En 2019, l'activité annuelle a été jugée **faible** pour les deux éoliennes d'après le référentiel altitude Biotope (Haquart 2017) (pour E05 n= **335 contacts** de 5 sec. ; **138 min. pos.** ; 206 nuits ; pour E14 n= **232 contacts** de 5 sec. ; **103 min. pos.** ; 206 nuits).

En 2021, l'activité annuelle a été jugée également **faible** pour E05 d'après le référentiel altitude Biotope (Haquart 2017) pour un volume de minutes positives supérieures à 2019 (n= **1198 contacts** de 5 sec. ; **427 min. pos.** ; 222 nuits).

La variabilité inter annuelle constatée entre 2019 et 2021 est vraisemblablement liée à la différence des conditions de vol (météorologiques). Cette augmentation ne représente au final qu'un cumul de 4 heures et 49 minutes d'activités supplémentaires entre 2019 et 2021 pour E05 soit une faible augmentation dans l'absolu comparativement à la durée totale de l'ensemble des écoutes représentant 222 nuits (soit 7,4 mois cumulés). Aussi, si le temps de présence global en altitude a été plus prononcé en 2021 qu'en 2019, ceci n'est pas forcément le fait d'une abondance d'individus plus importante mais peut simplement être un temps de vol en altitude plus important du fait de conditions plus favorables à ce comportement.

Si l'on compare cette fois les données de présence par espèce/ groupes d'espèces, on constate que l'activité sur le site de Kergrist-Moëlou est globalement en dessous de la moyenne du référentiel national que ce soit pour 2019 ou 2021. Seule la Sérotine commune se rapproche de la moyenne nationale mais sur les taux d'activité faible dans l'absolu du fait de l'altitude.

L'occurrence moyenne sur le site de Kergrist-Moëlou **est faible en 2019 et 2021** comparativement à d'autres suivis en France notamment pour l'espèce la plus impactée par le parc en 2019 et 2021, la Pipistrelle commune.

On note une **augmentation de l'activité en 2021 comparativement à 2019** probablement liée à des conditions météorologiques plus favorables en 2021 qu'en 2019 pour les comportements de vol en altitude.

Tableau 17 Comparaison de l'occurrence (nombre de nuits où l'espèce est présente) en fonction des hauteurs suivies pour les espèces de hauts vols. Référentiel Actichiro, Haquart, 2017.

Espèce	Occurrence 99m E05 Kergrist- Moëlou 2019	Occurrence 99m E14 Kergrist- Moëlou 2019	Occurrence 99m E05 Kergrist-Moëlou 2021	Occurrence moyenne Référentiel national Biotope 60-90m
Pipistrelle commune	0,15	0,16	0,20	0,54
Pipistrelle de Kuhl/Nathusius	0,03	0,02	0,07	0,24
Sérotine commune	0,08	0,03	0,02	0,03

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Pour les 2 espèces de chiroptères découvertes au cours des suivis de mortalité 2019 et 2021, l'activité acoustique est différente.

La Pipistrelle commune

Le pattern de l'activité pour l'espèce est au final assez proche. 2021 est caractérisé par un début d'activité plus précoce passant de mi-juin en 2019 à la fin mai en 2021. La première période d'activité centrée sur juillet en 2019 s'est décalée en juin pour 2021. Sur les deux années, on constate une reprise de l'activité à la mi-août jusqu'à la fin octobre. On constate là encore une augmentation de l'activité en 2021 comparativement à 2019, à la fois en terme de temps de présence par minute mais aussi de temps de présence au cours de la nuit.

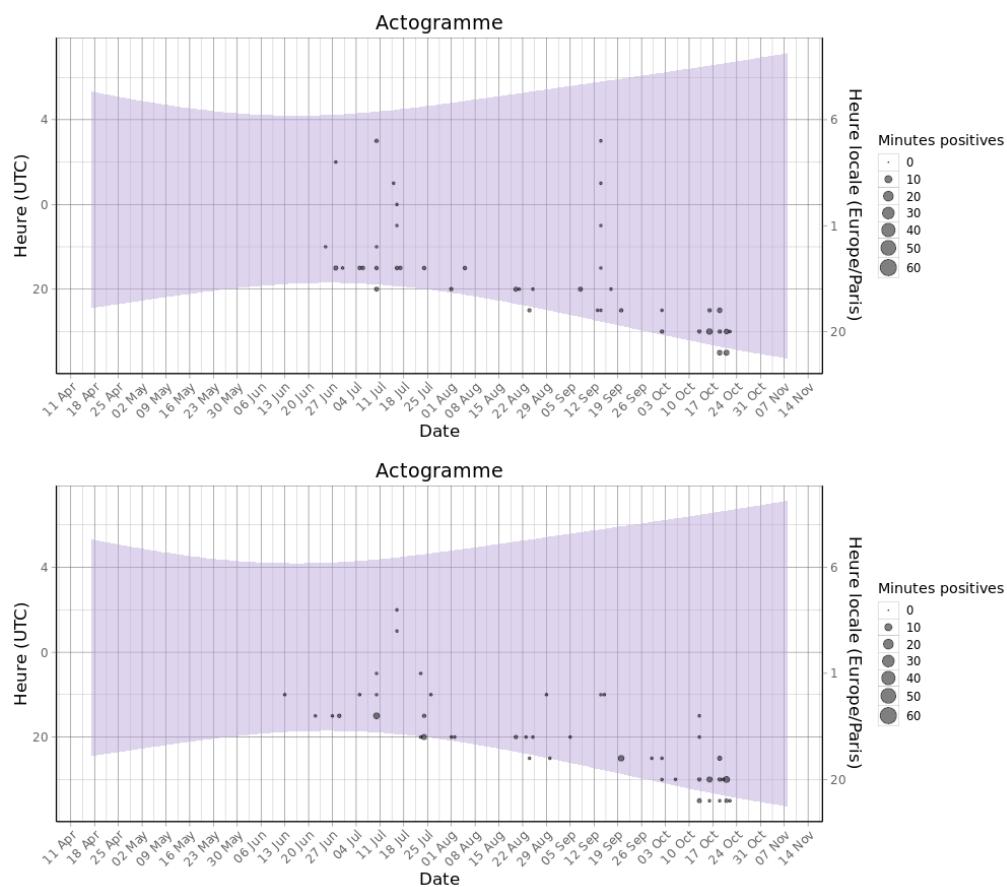


Figure 33 : Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 (haut) et E14 (bas) en 2019

2 Synthèse et analyse des résultats

Parc éolien de Kergrist-Moëlou
(22)
AERODIS
juin 2022

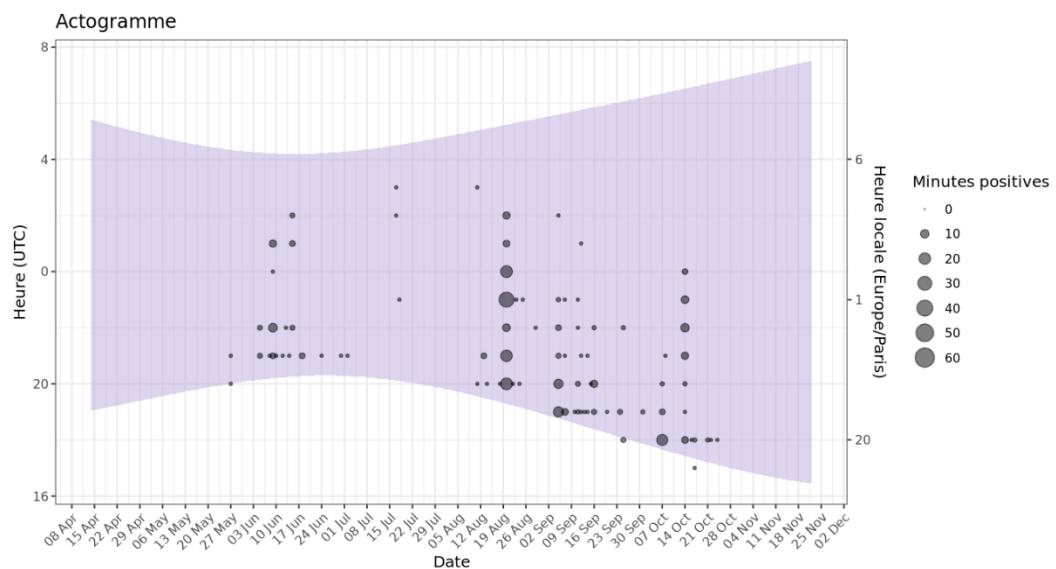


Figure 34 Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 en 2021

Les Pipistrelles de Kuhl/de *Nathusius*

2 Synthèse et analyse des résultats

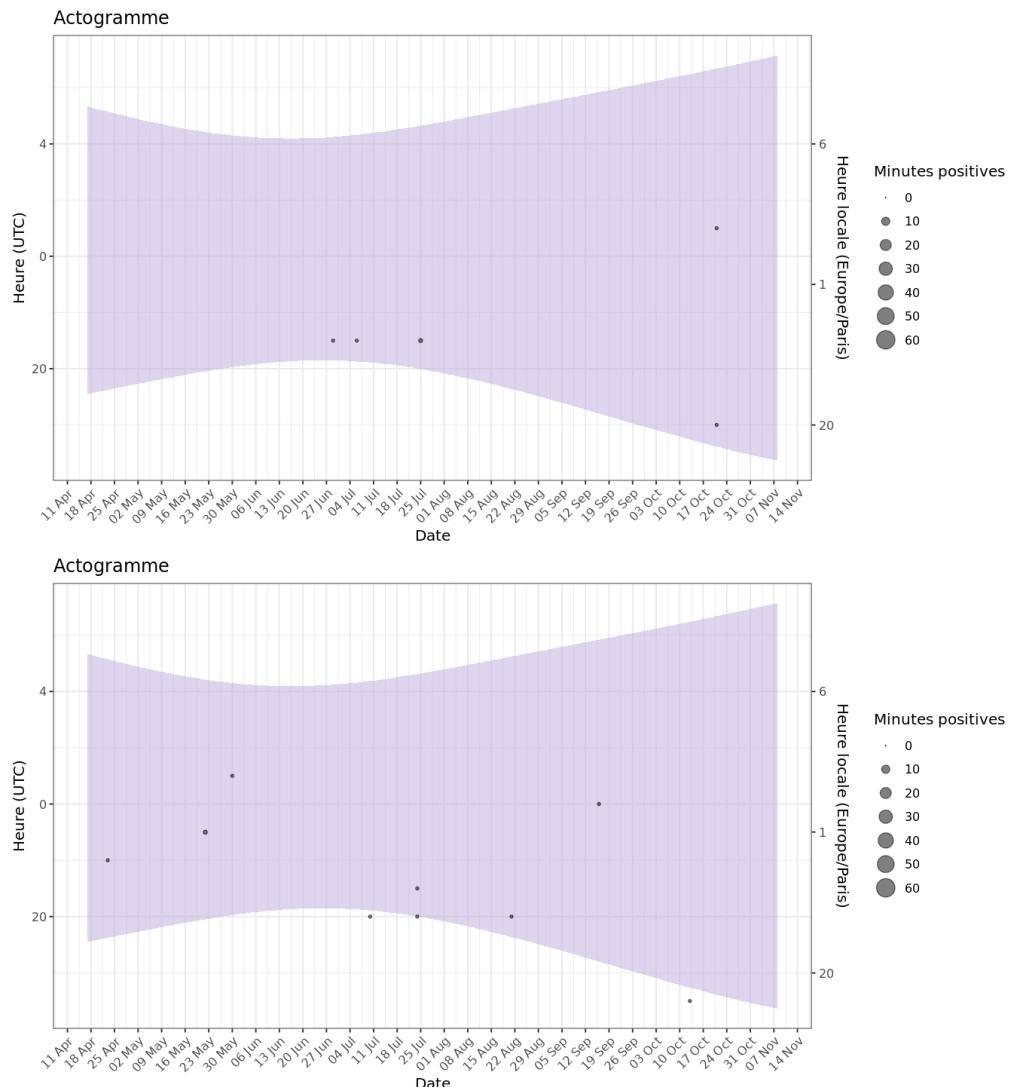


Figure 35 : Actogramme des Pipistrelles de Kuhl et de Nathusius confondues pour E05 (haut) et E14 (bas) en 2019

2 Synthèse et analyse des résultats

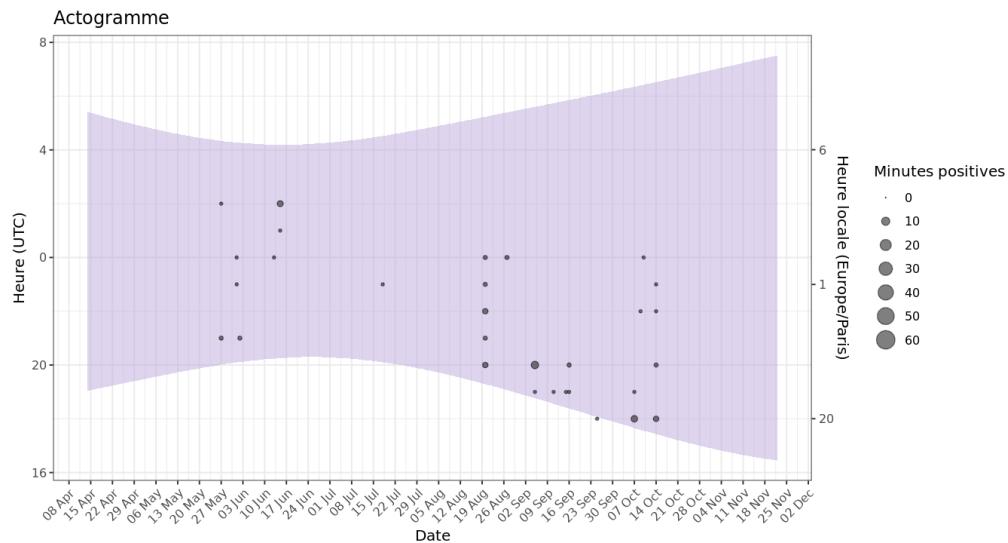


Figure 36 Actogramme des Pipistrelles de Kuhl et de Natusius confondues pour E05 en 2021

Vu le faible nombre d'activité en 2019, il est difficile de comparer les deux années sauf à conclure à une augmentation de l'activité pour ce groupe d'espèces. Pour rappel pour la Pipistrelle de Kuhl, l'activité avait été très ponctuelle en 2019 (une nuit) le 20 octobre 2019 (E05) ce qui avait par ailleurs coïncidé à la période de la seule observation de mortalité de l'espèce (E10).

Phénologie de découvertes des espèces de cadavres

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	Année	09/07	25/08	04/09	20/09	25/10	Total général
Pipistrelle commune	2019	1		1		3	5
	2021		1				1
Pipistrelle de Kuhl	2019					1	1
	2021						
Pipistrelle sp.	2019				1		1
	2021						
Total	2019	1		1	1	4	7
	2021		1				1
Total général		1	1	1	1	4	8

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

Les espèces découvertes durant le suivi de mortalité correspondent aux principales espèces identifiées durant les suivis acoustiques. L'espèce la plus contactée en altitude a été la Pipistrelle commune qui est aussi l'espèce la plus détectée en suivi de mortalité.

2 Synthèse et analyse des résultats

Au niveau de la phénologie, la découverte des cadavres coïncide bien avec l'activité acoustique des éoliennes suivies pour les deux années 2019 et 2021.

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

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3 Comparaison avec le suivi mortalité de 2019

Dans l'objectif de faire des comparaisons entre les deux suivis, ils ont été réalisés avec les mêmes protocole et méthode de calcul des estimations de la mortalité. La fréquence des passages est comparable.

Le suivi de 2021 a été allongé en début de saison avec un premier passage en S13 en 2021 au lieu S24 en 2019 permettant de couvrir l'ensemble du cycle biologique des chiroptères. Une session de test d'efficacité de recherche et de persistance supplémentaire a également été réalisée en 2021 (3 sessions contre deux en 2019).

Lors des comparaisons interannuelles et pour faciliter la lecture, seules les estimations de la mortalité la plus probable issues de la méthode de Huso (2010) seront présentées graphiquement.

2.3.1 Comparaison des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur a au global très légèrement diminué passant de 67% en 2019 à 65% en 2021 de surfaces prospectées en cumulées.

Tableau 19 Evolution du coefficient correcteur de surface entre 2019 et 2021 pour l'ensemble du parc de Kergrist-Moëlou. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.

Moyenne pondérée	E01	E02	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	Moyenne parc	Moyenne éoliennes suivies 2021
2019	0,90	0,65	0,67	0,75	0,74	0,89	0,77	0,58	0,19	0,93	0,83	0,72	0,67
2021	0,71	0,65			0,80	0,78	0,66	0,69	0,23			/	0,65

Coefficient de persistance (s)

La vitesse de disparition des cadavres a varié de manière différente pour chaque éolienne entre les deux années mais est restée au global assez stable à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou avec une légère diminution de la persistance passant de 2,6 jours en 2019 à 2,2 jours en 2021 de persistance moyenne.

Tableau 20 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance (moyenne des deux tests de persistance) pour chacune des éoliennes pour les deux années. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.

Persistance moyenne (en jours)	E01	E02	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	Moyenne parc	Moyenne éoliennes suivies 2021
2019 (deux tests)	3,96	1,53	2,59	1,73	1,56	3,19	4,73	1,56	1,73	1,58	3,36	2,50	2,61
2021 (trois tests)	1,57	1,41			2,87	2,48	3,23	2,55	1,47			/	2,23

2 Synthèse et analyse des résultats

Probabilités globales de détection

La probabilité globale de détection des cadavres a varié de manière différente pour chaque éolienne entre les deux années mais est restée très proche à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou avec une valeur de 0,094 en 2019 et 0,091 en 2021 soit une chance sur 9,3 de trouver un cadavre sur l'ensemble de chaque suivi.

Ainsi, au global, **la capacité de détection des cadavres entre 2019 et 2021 a été très similaire** pour les 7 éoliennes dont le suivi a été reconduit en 2021 pour le parc de Kergrist-Moëlou.

On note toutefois que parmi ces 7 éoliennes dont le suivi a été reconduit en 2021, **4 présentent une probabilité globale de détection supérieure à 10%** dont parmi elles, **3 ont vu leur capacité à trouver des cadavres augmenter** par rapport à 2019.

Tableau 21 : Bilan des probabilités globales de détection ($a \times P(s,f)$) par année et par éolienne pour la méthode de Huso (2010). Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises. En bleu les valeurs pour 2021 qui sont supérieures à 10%, en gras les valeurs de 2021 qui sont supérieures à celle de 2019.

Probabilité globale de détection	E01	E02	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	Moyenne parc	Moyenne éoliennes suivies 2021
2019 (selon Huso, 2010)	0,153	0,065	0,114	0,083	0,074	0,125	0,162	0,046	0,036	0,102	0,108	0,097	0,094
2021 (selon Huso, 2010)	0,057	0,059			0,120	0,133	0,106	0,131	0,030				0,091

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.2 Pour les oiseaux

En 2019

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 29 à 59 individus (suivant les méthodes) sur l'ensemble du suivi **soit en moyenne une estimation de la mortalité comprise entre 2,4 et 4,9 oiseaux/éolienne sur l'ensemble de la période du suivi**. Sur 134 jours de suivi 3 observations ont été réalisées et centrées sur le mois de juillet (du 9 juin au 19 juillet).

Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi de 2019. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.

Estimateurs	E01	E02	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	Total parc	Total éoliennes suivies 2021
Mortalité observée des oiseaux	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	2
Huso (2010) [IC 95%]	6 [1 ; 28]	0 [0 ; 45]	0 [0 ; 24]	11 [1 ; 54]	14 [1 ; 64]	0 [0 ; 22]	0 [0 ; 17]	0 [0 ; 60]	0 [0 ; 79]	0 [0 ; 28]	0 [0 ; 25]	31	20

En 2021

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 9 à 12 individus (suivant les méthodes) sur l'ensemble du suivi **soit en moyenne une estimation de la mortalité comprise entre 1,3 et 1,7 oiseaux/éolienne sur l'ensemble de la période du suivi**. La seule observation a été réalisée le 23 septembre 2021 sur 210 jours de suivi.

Tableau 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi de 2021

Estimateurs	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Total éoliennes suivies 2021
Mortalité observée des oiseaux	0	0	0	0	1	0	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 50]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 21]	9 [1 ; 43]	0 [0 ; 21]	0 [0 ; 96]	9

2 Synthèse et analyse des résultats

Comparaison 2019/2021

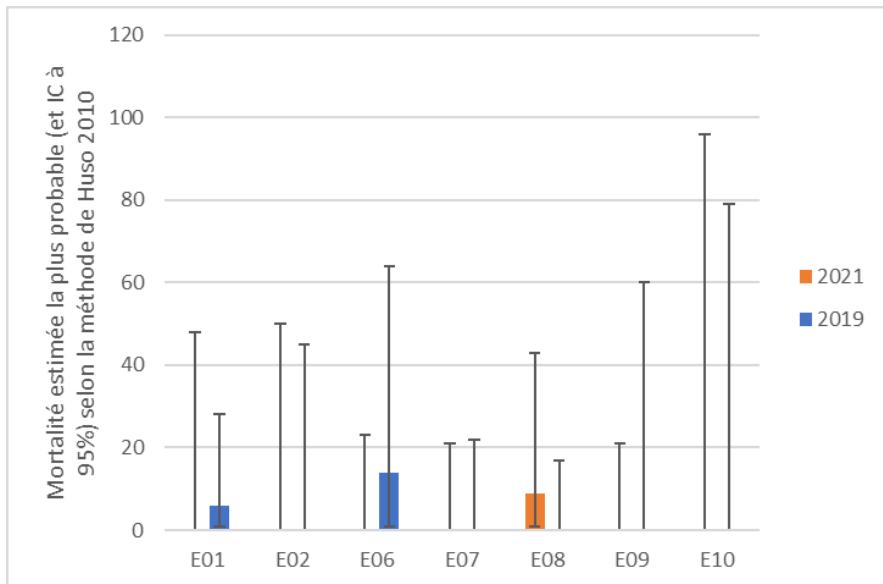


Figure 37 Evolution de la mortalité la plus probable des oiseaux (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Kergrist-Moëlou entre 2019 et 2021 pour les éoliennes suivies sur les deux années

Le bilan des deux années de suivi montre une variabilité interannuelle pour les oiseaux. On observe également une mortalité estimée variable entre les éoliennes et entre les deux années. Globalement les chiffres sur les deux années ne semblent pas montrer un effet significatif du parc de Kergrist-Moëlou pour les oiseaux comparativement aux données disponibles dans la bibliographie (autour de 10 individus estimés par éolienne et par an).

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3.3 Pour les chiroptères

En 2019

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 81 et 151 individus (suivant les méthodes) sur la durée du suivi de 134 jours soit en moyenne **une estimation de la mortalité comprise entre 6,8 et 12,6 chiroptères/éolienne sur l'ensemble de la période du suivi**. Sur 134 jours de suivi 7 observations ont été réalisées sur les 2 saisons (du 09 juillet au 25 octobre).

Tableau 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi en 2019. Les éoliennes non suivies en 2021 sont dans des cellules grises.

Estimateurs	E01	E02	E04	E05	E06	E07	E08	E09	E10	E11	E12	Total parc	Total éoliennes suivies 2021
Mortalité observée des oiseaux	2	0	0	0	0	2	0	1	1	1	0	7	6
Huso (2010) [IC 95%]	12 [3 ; 38]	0 [0 ; 45]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 34]	0 [0 ; 40]	15 [3 ; 47]	0 [0 ; 17]	20 [1 ; 96]	26 [2 ; 126]	10 [1 ; 46]	0 [0 ; 25]	83	73

En 2021

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 7 et 9 individus (suivant les méthodes) sur la durée du suivi soit en moyenne **une estimation de la mortalité comprise entre 1 et 1,3 chiroptères/éolienne sur l'ensemble de la période du suivi**. La seule observation a été réalisée le 23 septembre 2021 sur 210 jours de suivi.

Tableau 25 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Kergrist-Moëlou sur la période du suivi de 2021

Estimateurs	E01	E02	E06	E07	E08	E09	E10	Total éoliennes suivies 2021
Mortalité observée des chiroptères	0	0	0	0	0	1	0	1
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 48]	0 [0 ; 50]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 21]	0 [0 ; 27]	7 [1 ; 33]	0 [0 ; 96]	7

2 Synthèse et analyse des résultats

Comparaison 2019/2021

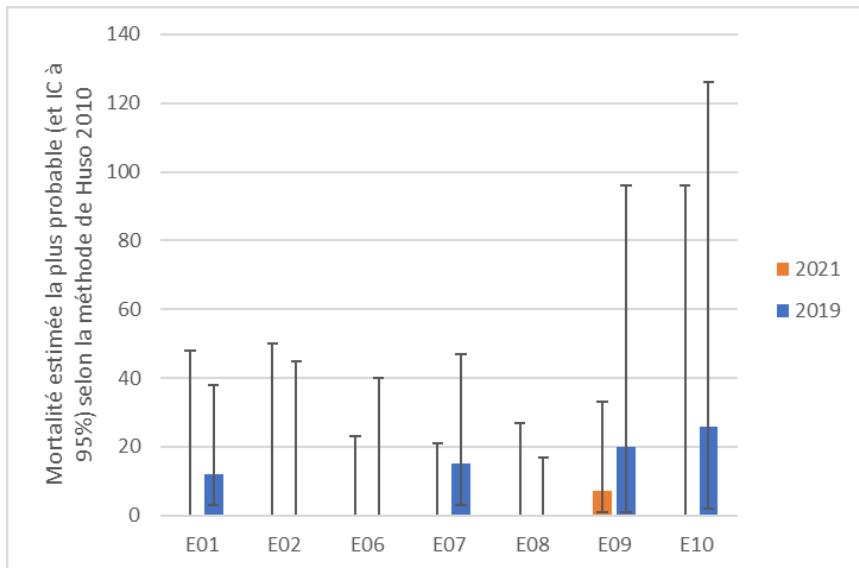


Figure 38 Evolution de la mortalité la plus probable des chiroptères (suivant la méthode de Huso) sur le parc de Kergrist-Moëlou entre 2019 et 2021 pour les éoliennes suivies sur les deux années

Tableau 26 Distance des éoliennes aux lisières (en gras les plus proches en italique les plus éloignées, cellules grisesées = éoliennes non suivies en 2021)

Eolienne	Type de lisière	Distance à la lisière (DL) en mètre	Distance oblique (Do) en mètre
E01	Haie	44	61,0
E02	Haie	25	54,3
E03	Haie	65	71,6
E04	Haie	36	57,8
E05	Haie	46	61,9
E06	Haie	53	65,2
E07	Haie	40	59,3
E08	Haie	14	52,1
E09	Boisement	38	55,8
E10	Boisement	29	52,6
E11	Haie	139	125,7
E12	Haie	42	60,1
E13	Boisement	127	114,1
E14	Haie	37	58,2

2 Synthèse et analyse des résultats

Le bilan des deux années de suivi montre une différence interannuelle pour la mortalité la plus probable des chiroptères à l'échelle du parc. Les éoliennes suivies en 2021 avaient été sélectionnées sur la base de **fortes incertitudes** et de **fortes estimations** en 2019 mais aussi en lien avec **la distance aux lisières**, facteur de risques de collision pour les chiroptères.

A l'échelle des éoliennes suivies en 2021 les estimations de mortalité semblent plus faibles qu'en 2019. Cette différence vient principalement de conditions de recherche de cadavres acceptables pour 4 des 7 éoliennes suivies en 2021 (E06, E07, E08 et E09) permettant de réduire les estimations (et incertitudes) et tout particulièrement pour E09 qui avait une probabilité globale de détection très faible en 2019 avec la découverte d'un cadavre comme en 2021.

L'éolienne E09 est la seule à avoir eu une observation les deux années de suivi.

Les activités acoustiques ont été légèrement supérieures en 2021 qu'en 2019 ce qui permet d'être confiant sur la capacité à pouvoir comparer les deux années 2019 et 2021 quant à l'impact du parc.

Ainsi, pour les chiroptères et comparativement aux données disponibles dans la bibliographie, les estimations de 2021 complètent et confortent celles de 2019 et montrent un effet non significatif du parc de Kergrist-Moëlou sur le nombre de chiroptères estimé impactés.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.4 Comparaison des activités acoustiques des populations de chiroptères au sol en 2013 (trois années après la mise en service) et en 2021

Dans l'objectif de faire des comparaisons avec le suivi 2013, il a été réalisé en un suivi en 2021 avec les mêmes protocole, effort d'échantillonnage, matériel et référentiel.

Malgré les quelques limites méthodologiques qui concernent principalement des limites technologiques, le suivi permet de disposer d'une bonne connaissance du peuplement chiroptérologique local. La comparaison avec les résultats du suivi précédent présente des limites considérées comme négligeables.

Ce paragraphe a pour objectif de rappeler les principaux résultats des études menées au sol sur les populations de chiroptères dans l'objectif d'évaluer l'évolution de l'état des populations locales depuis 2013 (soit trois années après la mise en service du parc) et 2021. L'ensemble de l'étude est détaillée dans un document propre où seul les points les plus marquants sont présentés ici.

2.4.1 Rappel des conclusions du suivi de 2013

« 13 espèces de chauves-souris ont été identifiées au cours des 3 périodes d'expertise. Ce chiffre traduit une richesse spécifique relativement élevée sur le secteur d'étude. »

« Près de 15.000 contacts de chauves-souris ont été collectés sur l'ensemble de la période de suivi. Ce chiffre traduit une activité relativement élevée sur le secteur d'étude. »

« Les contacts sont répartis de façon homogène selon les passages, avec un léger pic en période estivale. »

« 86% des contacts sont représentés par la Pipistrelle commune et 8% par le groupe des murins. »

« La position des parcs éoliens, situés en dehors de corridors de déplacement bien identifié, n'offrent probablement pas les conditions « à risque » de concentration des flux d'espèces migratrices comme la Noctule commune ou la Pipistrelle de Natusius, contactés en très faible nombre dans le cadre de cette étude. »

Les localisations des stations d'enregistrement (ainsi que leurs identifiants) pour le suivi de 2021 sont les mêmes que pour le suivi réalisé en 2013. Trois passages avaient également été réalisés en 2013 : passage printanier (12/06/2013), passage estival (15/07/2013) et passage automnal (27/09/2013). Les conditions météorologiques étaient plutôt bonnes.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.4.2 Comparaison de l'activité générale par passage

La figure suivante permet de comparer le nombre de contacts par passage entre le suivi de 2013 et celui de 2021. Les résultats n'ayant pas été analysés en « minutes positives » en 2013, il s'agit bien d'une comparaison du nombre de contacts de 5 secondes.

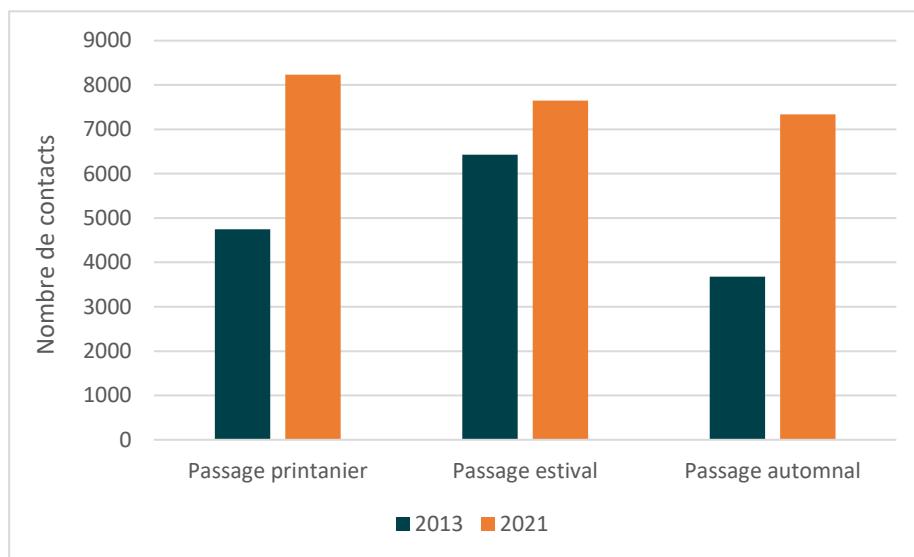


Figure 39. Nombre total de contacts par détecteurs lors des passages en 2013 et en 2021

L'activité des chiroptères est plus importante en 2021 sur les 3 passages, par rapport à l'année 2013. L'activité en 2021 est nettement supérieure au cours des passages printanier et automnal, où le nombre de contacts de 5 secondes a quasiment doublé par rapport à 2013.

2.4.3 Comparaison de l'activité générale par espèces ou groupes d'espèces

Concernant les espèces présentes, il ressort plusieurs observations :

- Trois nouvelles espèces sont contactées en 2021 (considérées comme potentielles en 2013) : le Murin de Daubenton, le Murin à moustaches et le Murin d'Alcathoé ;
- Le Grand Murin et la Noctule commune, contactés en 2013, ne sont pas recontactés lors du suivi de 2021 ;
- La Noctule de Leisler, espèce migratrice et jugée sensible à l'éolien, n'est pas contactée sur le site en 2013, ni en 2021.

Le tableau suivant permet de comparer les niveaux d'activité entre le suivi de 2013 et celui de 2021 par chaque espèce. Pour cela, le nombre de contacts cumulés sur l'ensemble des périodes d'étude est comparé pour chaque année de suivi.

2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 27. Comparaison des activités des espèces de chiroptères contactées sur l’aire d’étude en 2013 et/ou en 2021

Espèces	Activité générale en 2013 (en nombre de contacts cumulés)	Activité générale en 2021 (en nombre de contacts cumulés)	Commentaires
Barbastelle d’Europe <i>Barbastella barbastellus</i>	152	461	
Grand Rhinolophe <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	1	30	Le nombre total de contacts pour l’espèce a fortement augmenté entre 2013 et 2021.
Petit Rhinolophe <i>Rhinolophus hipposideros</i>	2	10	
Grand Murin <i>Myotis myotis</i>	3	0	L’espèce n’a pas été contactée en 2021. Le nombre de contacts pour le suivi de 2013 est très faible.
Groupe des Murins <i>Myotis sp</i>	622	851	Le nombre total de contacts pour l’espèce a fortement augmenté entre 2013 et 2021.
Murin de Bechstein <i>Myotis bechsteini</i>	2	4	Le nombre total de contacts pour l’espèce a légèrement augmenté entre 2013 et 2021.
Murin de Natterer <i>Myotis nattereri</i>	8	9	Le nombre total de contacts pour l’espèce est quasiment similaire entre 2013 et 2021.
Noctule commune <i>Nyctalus noctula</i>	1	0	L’espèce n’a pas été contactée en 2021. Le nombre de contact pour le suivi de 2013 est très faible.
Oreillard gris <i>Plecotus austriacus</i>	3	1	
Oreillard roux <i>Plecotus auritus</i>	5	7	Le nombre total de contacts pour le groupe des Oreillards a fortement augmenté entre 2013 et 2021.
Groupe des Oreillards <i>Plecotus sp</i>	38	77	
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	13 409	18 887	Le nombre total de contacts pour l’espèce a fortement augmenté entre 2013 et 2021.
Paire d’espèces Pipistrelles commune ou pygmée	0	1	Un contact est identifié comme appartenant à la paire d’espèces des Pipistrelles commune et pygmée en 2021, sans pouvoir identifier l’espèce avec certitude.
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhli</i>	77	1 199	
Pipistrelle de Natusius <i>Pipistrellus nathusii</i>	15	2	Le nombre total de contacts pour le groupe d’espèce des Pipistrelles de Kuhl et de Natusius a fortement augmenté entre 2013 et 2021.
Paire d’espèces Pipistrelles de Kuhl ou de Natusius	390	1 345	
Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i>	119	161	Le nombre total de contacts pour l’espèce a légèrement augmenté entre 2013 et 2021. Les contacts identifiés comme appartenant au groupe des Sérotules en 2021 appartiennent probablement à la Sérotine commune, néanmoins les sons analysés ne permettent pas de l’affirmer avec certitude.
Groupe des Sérotules (Sérotines, Noctules)	0	164	

2 Synthèse et analyse des résultats

Les espèces à enjeu patrimonial local fort à très fort (Grand Rhinolophe, Petit Rhinolophe, Barbastelle d'Europe, Murin de Bechstein) présentent un niveau d'activité qui a augmenté entre 2013 et 2021.

Les espèces ayant un niveau de risque à l'éolien jugé fort (Pipistrelle commune, Pipistrelle de Kuhl, Pipistrelle de Nathusius) présentent un niveau d'activité qui a augmenté entre 2013 et 2021.

2.4.4 Comparaison de l'évaluation de l'activité des espèces contactées par station d'enregistrement

Le tableau suivant permet de comparer les niveaux d'activité entre le suivi de 2013 et celui de 2021 par station d'enregistrement.

Tableau 28. Comparaison des niveaux d'activités des espèces de chiroptères par station d'enregistrement lors des suivis de 2013 et de 2021

N° de station	Activité générale en 2013	Activité générale en 2021	Commentaires
1	Modérée	Forte	Le niveau d'activité a augmenté entre 2013 et 2021.
2	Modérée	Forte	Le niveau d'activité a augmenté entre 2013 et 2021.
3	Faible	Forte	Le niveau d'activité a fortement augmenté entre 2013 et 2021.
4	Très faible	Forte	Le niveau d'activité a fortement augmenté entre 2013 et 2021 ; il était quasiment nul en 2013.
5	Modérée	Forte	Le niveau d'activité a augmenté entre 2013 et 2021.
6	Forte	Forte	Le niveau d'activité est similaire entre 2013 et 2021.
7	Modérée	Forte	Le niveau d'activité a augmenté entre 2013 et 2021.
8	Modérée	Forte	Le niveau d'activité a augmenté entre 2013 et 2021.

Le niveau d'activité des chiroptères sur l'ensemble des stations d'enregistrement a augmenté entre 2013 et 2021 (sauf pour la station d'enregistrement n°6 où il est similaire entre les deux années de suivi). Il est jugé fort sur les huit stations d'enregistrement.

2 Synthèse et analyse des résultats

3 Conclusion générale et mesures correctives

Le parc éolien de Kergrist-Moëlou se situe au sud du département des Côtes-d'Armor (22), en région Bretagne. Il est localisé à environ 50 km au sud-ouest du centre-ville de Saint-Brieuc.

Le parc comprend 14 éoliennes de 2 MW de puissance unitaire mise en service en décembre 2010. Ces éoliennes disposent d'un rotor de 82 m de diamètre pour une hauteur de nacelle de 99m. Le parc de Kergrist-Moëlou se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage avec un bocage dégradé. Seule l'éolienne 14 est exploitée par EOLE Moustermeur, les treize autres par la société AERODIS.

- Les éoliennes n°1 à 13 sont exploitées par la société AERODIS
- L'éolienne n°14 est exploitée par la société EOLE Moustermeur

Le suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou entre le 13 juin 2019 et le 25 octobre 2019 (12 machines) a conduit à l'observation de 10 cadavres, dont 3 oiseaux (3 espèces) et 7 chauves-souris (2 espèces et un groupe d'espèces) au niveau des éoliennes appartenant à la société AERODIS.

Les espèces observées à l'échelle du parc sont, 3 espèces d'oiseaux (l'Epervier d'Europe, le Martinet noir et l'Hirondelle de fenêtre) et 2 espèces et un groupe d'espèces de chiroptères (la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl). La majorité des spécimens de chiroptères observés concernent la Pipistrelle commune (5 individus) accompagnant 1 individu non déterminé et 1 individu de Pipistrelle de Kuhl. La cause de la mort des individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées sur la durée du suivi (134 jours). L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 6,8 à 12,6 cas de mortalité de chiroptères en moyenne par éolienne sur la période de suivi, où les observations se concentrent sur 108 jours. Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 2,4 à 4,9 cas de mortalité d'oiseaux en moyenne par éolienne sur la période de suivi, où les observations s'étalent sur l'ensemble du suivi soit 16 jours.

Les conclusions du suivi 2019 était que le taux de mortalité estimé sur le parc semblait comparable aux résultats fournis par la bibliographie et que le niveau faible d'activité des chiroptères en altitude ne permettait pas d'envisager une mortalité équivalente aux estimations statistiques mais inférieure. Toutefois pour certaines éoliennes, les incertitudes des estimations principalement liées à la trop faible détection des cadavres rendaient difficile toute conclusion sur leur niveau de mortalité le plus probable.

Des mesures correctives sont alors préconisées : 1) réalisation d'un suivi sur les éoliennes jugées les plus à risques, 2) Etendre le suivi (recherche de cadavre et altitude entre la S13 et S43) pour couvrir l'ensemble de la période chiroptérologique. 3) Amélioration de l'efficacité de recherche de cadavres notamment la gestion de l'occupation du sol. 4) suivi acoustique sur la même éolienne que 2019 et 5) étudier l'évolution de l'activité des chiroptères au sol en reproduisant l'étude menée en 2013.

2 Synthèse et analyse des résultats

Ainsi, en 2021, l'ensemble de ces mesures ont été mises en œuvre. Un deuxième suivi a été réalisé sur 7 des 11 machines suivis en 2019 et exploitées par AERODIS : E01, E02, E06, E07, E08, E09, E10. Les 7 éoliennes ont été sélectionnées, du point de vue des estimations, des incertitudes mais aussi de leur proximité aux lisières, pour préciser les effectifs estimés de mortalité pour les chiroptères et les oiseaux.

Le suivi de mortalité qui a été mené entre le 2 avril 2021 et le 29 octobre 2021 (210 jours entre S13 et S43) a conduit à l'observation de 2 cadavres, 1 oiseau et 1 chauve-souris. Il s'agit de la Grive musicienne (espèce non protégée) et la Pipistrelle commune retrouvées sous deux éoliennes (respectivement E08 et E09) sur la partie du parc suivi en 2021.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées sur la durée du suivi (210 jours). L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 1 à 1,3 cas de mortalité de chiroptères en moyenne par éolienne sur la période de suivi. Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 1,3 à 1,7 cas de mortalité d'oiseaux en moyenne par éolienne sur la période de suivi.

Les estimations de 2019 complétée par celles de 2021 semblent bien comparables voire inférieures à celles mentionnées par la bibliographie. Selon RYDELL et al. (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble 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).

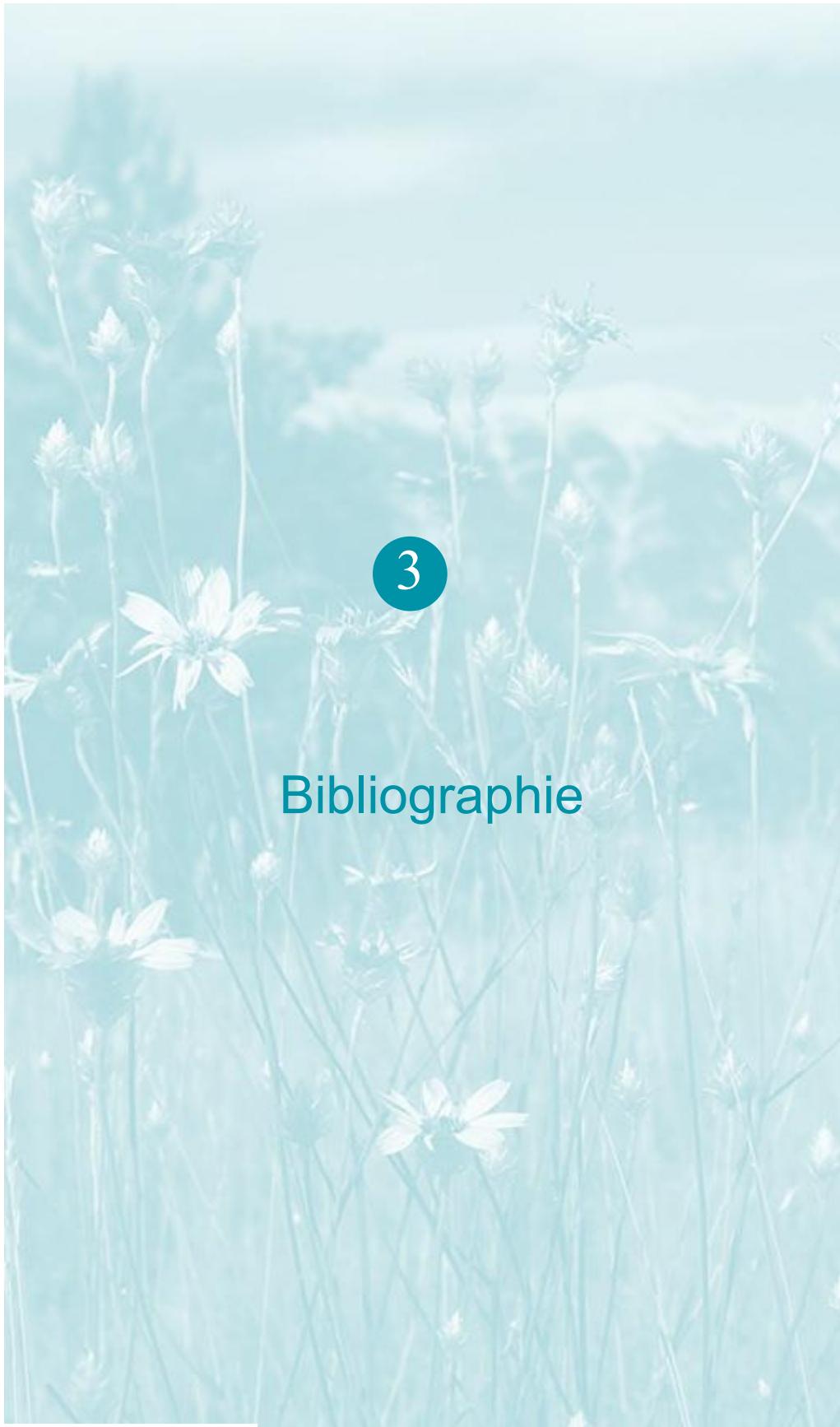
Par ailleurs, concernant les suivis altitudes menés en 2019 et 2021, **l'occurrence moyenne sur le site de Kergrist-Moëlou est faible en altitude en 2019 et 2021** comparativement à d'autres sites suivis en France notamment pour l'espèce la plus impactée par le parc en 2019 et 2021, la Pipistrelle commune. On note **une augmentation de l'activité en 2021 comparativement à 2019** probablement liée à des conditions météorologiques plus favorables en 2021 qu'en 2019 pour les comportements de vol en altitude.

D'autre part, **la comparaison des activités acoustiques des chiroptères au sol entre 2013 et 2021 montre que le niveau d'activité des chiroptères a augmenté entre 2013 et 2021 au niveau de 7 des 8 stations d'enregistrement sur le site. Le niveau d'activité est jugé fort sur les huit stations d'enregistrement.**

Faute de référentiel, il est toujours difficile de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Kergrist-Moëlou sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. Toutefois **le taux de mortalité estimé sur le parc, notamment pour les éoliennes jugées les plus à risque pour les chiroptères, semble comparable voire inférieur aux résultats fournis par la bibliographie.** Le niveau d'activité des chiroptères en altitude est faible alors que l'activité au sol est forte. **Aucune évolution négative n'a été observée sur les populations de chiroptères aussi bien en altitude qu'au sol entre les suivis antérieurs et ceux de 2021.**

Aussi, il semble que **l'accumulation des résultats obtenus par les différentes études menées depuis 2019 donne des éléments convergents pour conclure à l'absence d'impact significatif du parc de Kergrist-Moëlou sur la faune volante, aussi bien concernant les oiseaux que les chiroptères.**

Ainsi, **il semble que la mise en place de mesures correctives ne soit pas nécessaire.** La conduite des prochaines études environnementales sera à mettre en œuvre au plus tard à la prochaine évaluation du parc en 2030, soit 20 ans après sa mise en service.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 Bibliographie

KORNER-NIEVERGELT, F., BRINKMANN, R., NIERMANN, I. & BEHR, O. (2013). Estimating bat and bird mortality occurring at wind energy turbines from covariates and carcass searches using mixture models. *PLoS ONE* 8(7), e67997. doi:10.1371/journal.pone.0067997.

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

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

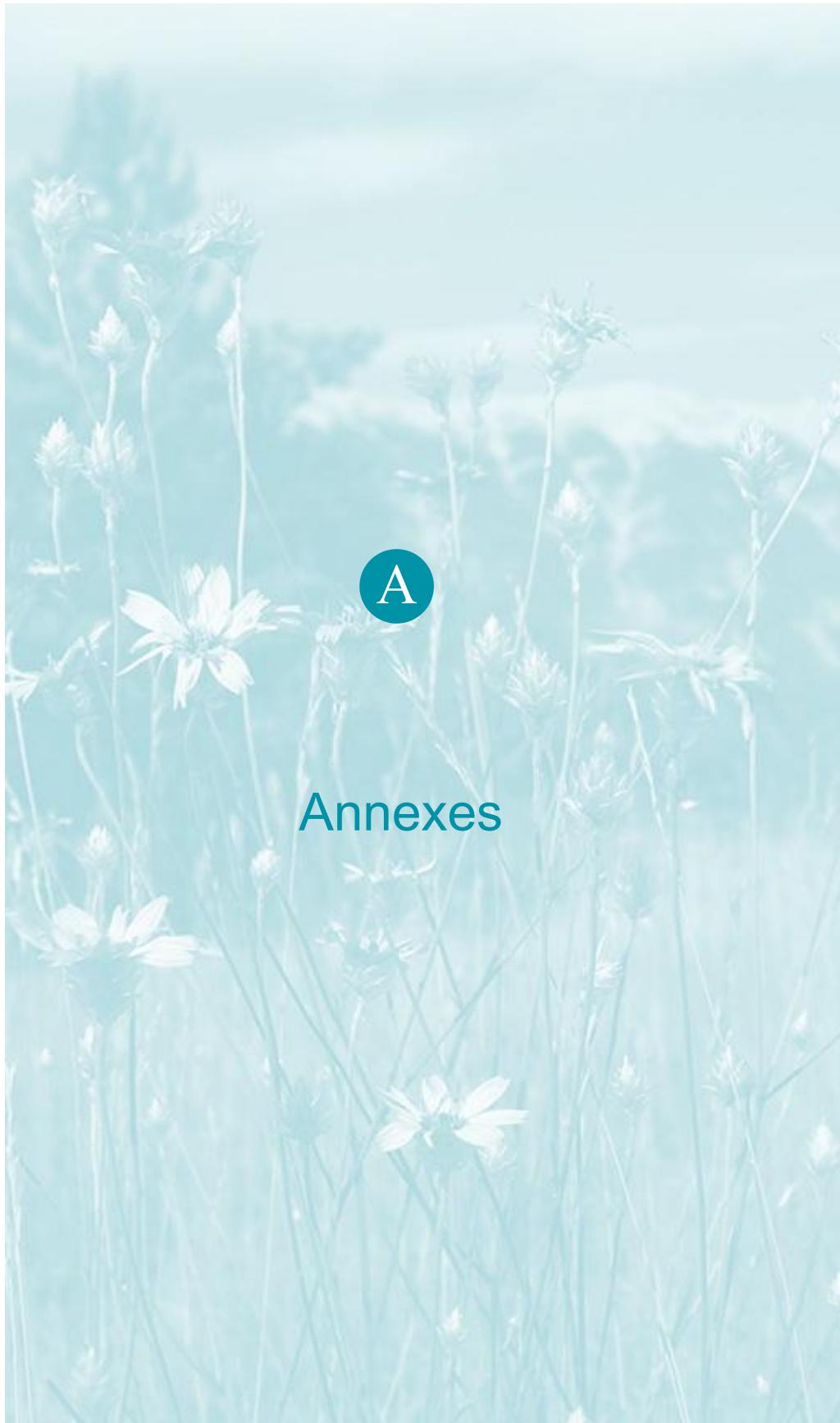
MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.

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

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

Site internet :

[DURR \(2022\)](#)



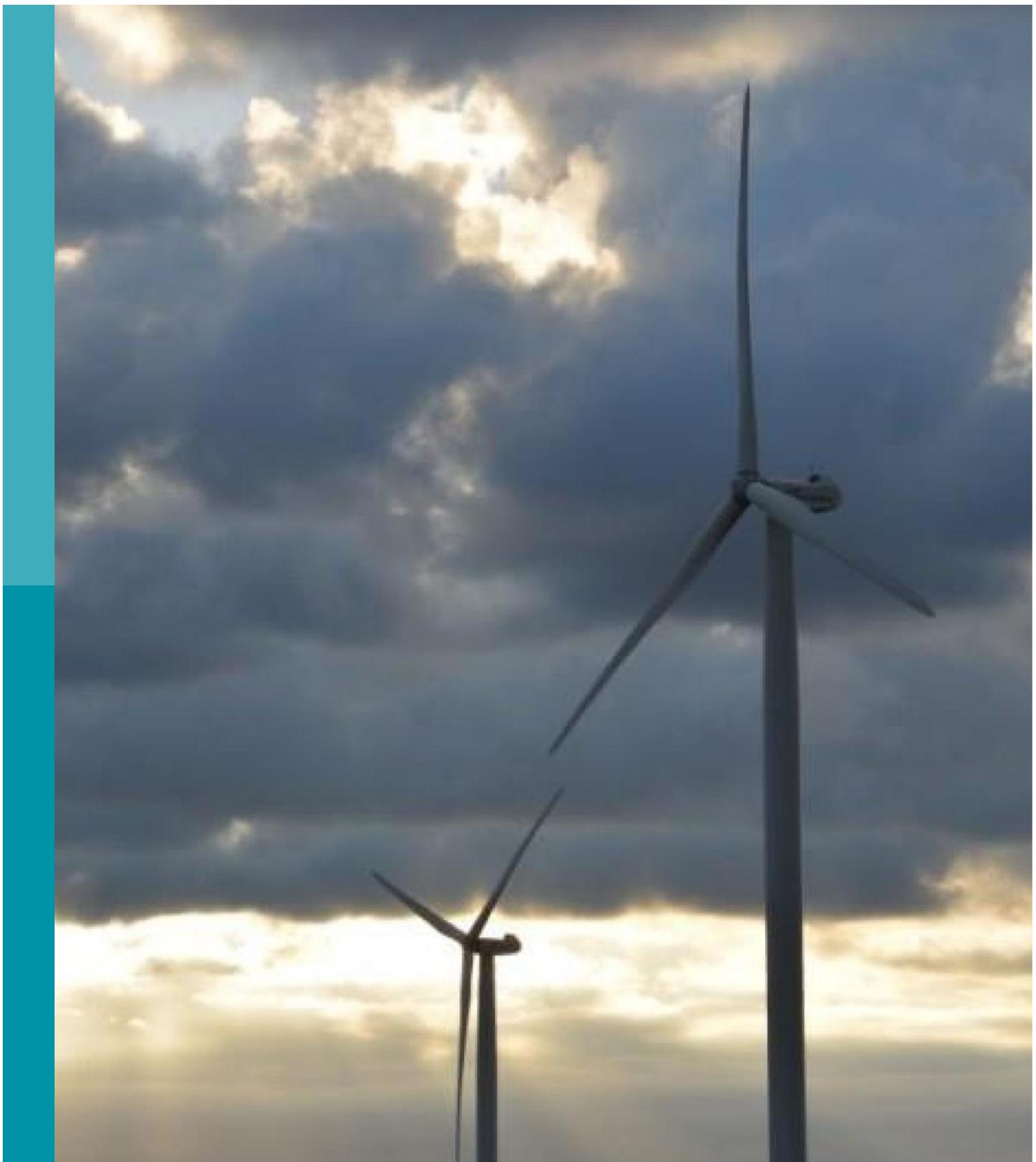
Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 29 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
25/08/2021	E09	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	11 m
23/09/2021	E08	<i>Turdus philomelos</i>	Grive musicienne	Frais	Immature	Indéterminé	Collision avec mât	7 m



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