



## Parc éolien de Kergrist-Moëlou (22)

AERODIS  
mars 2021

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



<b>Citation recommandée</b>	Biotope, 2020. Parc éolien de Kergrist-Moëlou (22), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. AERODIS. 77 p.	
Version/Indice	V5.4	
Date	mars 2021	
Nom de fichier	202102_Biotope_Kergrist Moelou_Mortalite_V5.4_AERODIS.docx	
Maîtres d'ouvrage	AERODIS	
Interlocuteurs	Vincent BERTAIX Responsable de projet (AERODIS)	Contact : Mail : vincent.beraix@gazelenergie.fr Téléphone : +33 6 37 72 63 44
Biotope, Rédaction de l'étude	Michaël GUILLON	Contact : mguillon@biotope.fr Tél : 06 29 83 22 43
	Yvan BOUROLLEC	Contact : ybouroullec@biotope.fr Tél : 06 03 68 18 12
Biotope, Contrôleur qualité	Florian LECORPS	Contact : flecrops@biotope.fr Tél : 06 78 87 22 94

# Avant-propos

Le parc éolien de Kergrist (Côtes-d'Armor) a été mis en service entre décembre 2010

Les sociétés AERODIS et EOLE Moustiermeur ont missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2019, ainsi que pour la réalisation d'une étude des chiroptères en nacelle conformément au protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres (révision 2018).

---

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

Le suivi a été réalisé pour l'ensemble des machines et les conclusions se concentrent sur les machines exploitées par AERODIS

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

---

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Contexte de l'étude et aspects méthodologiques</b>	<b>8</b>
<b>1</b>	<b>Contexte - Présentation du parc et données historiques</b>	<b>9</b>
1.1	Présentation du parc éolien	9
1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	11
1.3	Rappel des enjeux des études post-implantations	12
<b>2</b>	<b>Méthodologie appliquée</b>	<b>18</b>
2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	18
2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	20
2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité	27
2.4	Équipe de travail	38
<b>2</b>	<b>Synthèse et analyse des résultats</b>	<b>39</b>
<b>1</b>	<b>Résultats du suivi de mortalité</b>	<b>40</b>
1.1	Résultats bruts	40
1.2	Analyse des résultats	48
1.3	Synthèse du suivi de mortalité pour le parc	58
<b>2</b>	<b>Facteurs d'impact</b>	<b>60</b>
2.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	60
2.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2019	60
2.3	Evolution de l'activité en altitude 2013 entre 2019	65
2.4	Evaluation des risques chiroptérologiques et définition des éoliennes prioritaires pour vérifier leur niveau de mortalité.	67
<b>3</b>	<b>Conclusion générale et mesures correctives</b>	<b>70</b>
<b>3</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>72</b>
	<b>Annexes</b>	<b>75</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	27
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).	30

Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	37
Tableau 4 : Équipe de travail	38
Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 2 septembre 2019) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	44
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Kergrist-Moëlou	45
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	46
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Kergrist Moëlou	47
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 24 passages	48
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.	50
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.	51
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	53
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	54
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	57
Tableau 15 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces	65
Tableau 16 Comparaison de l'activité en altitude entre 2013 et 2019	66
Tableau 17 Pourcentage des contacts obtenus en fonction de la vitesse du vent et des températures en hauteur	66
Tableau 18 Distance des éoliennes aux lisières (en gras les plus proches en italique les plus éloignées)	68
Tableau 19 : Résultats du suivi mortalité	76

## Liste des illustrations

Figure 1 : Eolienne 1 et 2 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	9
---	---

Figure 2 : Eolienne 4 et 5 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	9
Figure 3 : Eolienne 6 et 7 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	10
Figure 4 : Eolienne 8 et 9 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	10
Figure 5 : Eolienne 10 et 11 le 08 août 2019 (de gauche à droite, exploitant AERODIS)	10
Figure 6 : Eolienne 12 (exploitant AERODIS) et 14 (exploitant EOLE Moustermeur) le 08 août 2019 (de gauche à droite)	10
Figure 7 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Kergrist-Moëlou	11
Figure 8 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	18
Figure 9 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	19
Figure 10 : Occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	31
Figure 11 : Occupation du sol pour les éoliennes lors du premier passage le 13 juin 2019 (passage 1)	34
Figure 12 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage.	35
Figure 13 : 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).	35
Figure 14 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	36
Figure 15 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou	40
Figure 16 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts de pipistrelles © Biotope	41
Figure 17 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou	41
Figure 18 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	42
Figure 19 : 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.	43
Figure 20 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	43
Figure 21 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation	49

Figure 22 Taux d'efficacité de recherche (et intervalle de confiance à 95%) calculées sur les valeurs observées (noir, résultats des tests) et prédites par le modèle (en bleu).	51
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 2019 sur 134 jours	55
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 2019 sur 134 jours	58
Figure 25 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou	60
Figure 26 : 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)	61
Figure 27 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Kergrist-Moëlou	62
Figure 28 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 (haut) et E14 (bas) sur la période de réalisation du suivi mortalité (15 juin au 25 octobre 2019)	63
Figure 29 : Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 (haut) et E14 (bas) sur la période du suivi de mortalité	64
Figure 30 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl sur la période du suivi de mortalité	64
Figure 31 Schémas définissant des distances des lisières à l'éolienne	67
Figure 32 Relation entre la distance à la lisière la plus proche et les estimations de la mortalité (borne maximale de l'incertitude) selon la méthode de Huso (2010). Les éoliennes E03 et E13 n'avaient pas été suivi en 2019 notamment sur un critère de distance aux lisières et aucune estimation n'est disponible (point vert).	68
Figure 33 Relation entre la distance à la lisière la plus proche et les estimations de la mortalité (borne maximale de l'incertitude) 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)	69

## Tables des cartes

## Annexes

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres	76
---	----



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 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 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

Au sein du parc comprenant 14 éoliennes, seules 12 d'entre elles ont été suivies tel que prévu par le protocole national. Aussi, les éoliennes n° 3 et 13 ne peuvent pas faire l'objet d'estimation de mortalité. Le choix des éoliennes suivies a été principalement pris au regard des risques de collision prévisibles, évalués a priori, en hiérarchisant les éoliennes par rapport à leur distance des lisières/haies et à leur positionnement topographique et au sein du parc (orientation de la ligne d'éoliennes, intérieur/périphérie du parc). Les éoliennes 3 et 13 faisaient partie des éoliennes présentant le moins de risques.



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



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

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



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



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



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



Figure 6 : Eolienne 12 (exploitant AERODIS) et 14 (exploitant EOLE Moustermeur) 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.

#### 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 engrais. 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

### 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 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

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

(variable selon les jours). Pour l'ensemble des observations, chaque contact avec un oiseau ou un groupe d'oiseaux migrateurs 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 Pinsons 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 détecter). Une grande proportion (environ ¾ 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 pâles 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 pâles. 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 pâles 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 chœur 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 m.s<sup>-1</sup>. 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 pré-nuptiale 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

## 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 8 : 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 prospecter** : 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).

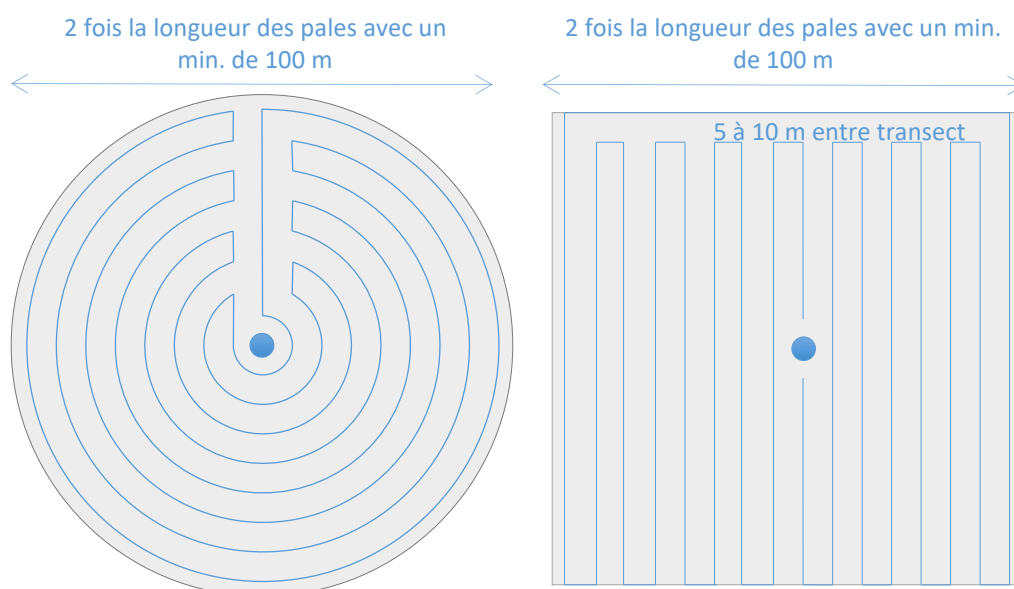


Figure 9 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

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

### Tests de correction des résultats.

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

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

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

### Analyse des résultats

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

- Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale ;
- 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

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.

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

---

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

---

##### **Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées**

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



## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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 exprimée comme une durée de persistance ou comme une probabilité de survie suivant les formules) et le coefficient d'efficacité de recherche moyen (**f**). La valeur de **P(s,f)** obtenue correspond à une probabilité de détection moyenne tenant compte du fait que certains cadavres sont manqués faute de détection parfaite et d'autre du fait de leur disparition. Associée au nombre de cadavres trouvés durant le suivi pour chaque éolienne (**Nd**) ainsi qu'à la surface moyenne prospectée (**a**), il est possible d'estimer la mortalité réelle. Ainsi **a x P(s,f)** correspond une probabilité globale de détection des cadavres.

Dans le cadre de ce travail et conformément aux directives du protocole national, nous réaliserons les différentes analyses permettant d'estimer indépendamment la mortalité pour les chiroptères et les oiseaux, suivant les formules de : Erickson et al., 2000 / Huso, 2010<sup>1</sup> / Korner-Nievergelt et al. 2011.

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

### Détermination des coefficients correcteurs

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

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

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

- **Les tests d'efficacité des recherches** permettent de prendre en considération les difficultés des observateurs à repérer les cadavres tombés au sol. Ce coefficient est fortement influencé par l'évolution de l'occupation du sol, d'une part, ainsi que par la

● 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

<sup>1</sup> Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

taille/couleur des cadavres, d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres). Pour limiter l'effet observateur, il est important que les recherches soient, dans la mesure du possible, réalisées par un observateur unique. Ces tests doivent être réalisés au cours du suivi pour permettre d'évaluation la capacité de détection de l'observateur dans un maximum de modalités d'occupation du sol afin de limiter les extrapolations.

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospector 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.**

### Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

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

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

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

Comme pour le coefficient de prédation, l'efficacité de recherche est calculée en se basant sur une approche de modélisation de l'efficacité de détection. Pour cela, nous utilisons un modèle GLM suivant une loi de distribution binomiale (comprise entre 0 et 1) et en fonction de plusieurs facteurs que sont : le type de leurre (taille, couleur par exemple), la période du test, le type d'occupation du sol et la hauteur de végétation. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par la pondération des AIC\*. Si le modèle permet de faire un lien direct entre l'efficacité de recherche et la hauteur de végétation, le modèle

● \* 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.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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.

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

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

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

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

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

● \*\* *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

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 mâts 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.

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

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

Le protocole national précise « Qu'il s'agisse du test d'efficacité ou du test de persistance des cadavres, il s'agira de s'assurer que les résultats permettent bien une utilisation statistique robuste dans l'estimation de la mortalité. ». Pour le test de persistance, le nombre de cadavres déployés va directement influencer la puissance statistique permettant d'estimer la vitesse de persistance moyenne, et d'autant plus si la vitesse de disparition est forte. En fonction de la pression de prédation (difficilement estimable au début du suivi), un nombre trop faible de cadavre (défini par défaut au début du suivi) peut impliquer l'incapacité d'estimer de manière robuste le coefficient de prédation pour chaque éolienne, 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

Parc éolien de Kergrist-Moëlou  
(22)  
AERODIS  
mars 2021

## 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 transect 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 Parthénopé. Biotopé éditions, Publications scientifiques du muséum. 544 p.
- Marchesi, P., Blant, M. et Capt, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- Svensson L. (2014). Le guide ornitho, le guide le plus complet des oiseaux d'Europe, d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Delachaux et Niestlé. 448 p.
- Brown R. et al. (2014). Traces et indices d'oiseaux ; pistes, nids, plumes, crânes... Delachaux et Niestlé. 333 p.
- FRAIGNEAU C. (2007). Reconnaître facilement les plumes – collecter, identifier, interpréter, conserver. Delachaux et Niestlé. 192 p.
- FRAIGNEAU C. (2017). Identifier les plumes des oiseaux d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé. 400 p.

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

## 2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

### 2.3.1 Prospections de terrain

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

Ainsi, 20 passages de recherche de cadavres ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 13 juin 2019 au 25 octobre 2019.

Deux passages « tests de prédation », ainsi que deux passages « tests efficacité de recherche » ont aussi été réalisés.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (24 passages)		
1	13/06/2019	Nébulosité : 98%. Température : 14.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 12.5 km/h. Direction du vent: SO
2	20/06/2019	Nébulosité : 95%. Température : 14.8 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 13.4 km/h. Direction du vent: O
3	27/06/2019	Nébulosité : 96%. Température : 19.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 19.9 km/h. Direction du vent: NE
4	04/07/2019	Température : 18.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 18 km/h. Direction du vent: NE
5	09/07/2019	Température : 19.5 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.5 km/h. Direction du vent: NE

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
6	19/07/2019	Nébulosité : 98%. Température : 19.2 °C. Pluie : 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 16.5 km/h. Direction du vent: SO
7	25/07/2019	Nébulosité : 85%. Température : 23.9 °C. Pluie : 0 mm/h. Vitesse du vent: 2.1 km/h. Direction du vent: E
8	01/08/2019	Nébulosité : 95%. Température : 17.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 5.6 km/h. Direction du vent: O
9	08/08/2019	Nébulosité : 100%. Température : 20.1 °C. Pluie: 0.03 mm/h. Vitesse du vent: 13.2 km/h. Direction du vent: S
10	14/08/2019	Nébulosité : 96%. Température : 18.1 °C. Pluie: 0.14 mm/h. Vitesse du vent: 18.8 km/h. Direction du vent: S
11	23/08/2019	Température : 20.9 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 7.8 km/h. Direction du vent: SE
12	30/08/2019	Nébulosité : 75%. Température : 19.6 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 4.6 km/h. Direction du vent: SO
13	04/09/2019	Nébulosité : 95%. Température : 17 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 18.3 km/h. Direction du vent: O
14	11/09/2019	Nébulosité : 94%. Température : 17.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 17 km/h. Direction du vent: O
15	20/09/2019	Température : 18.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 12.7 km/h. Direction du vent: E
16	27/09/2019	Nébulosité : 88%. Température : 16.5 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 24.6 km/h. Direction du vent: SO
17	02/10/2019	Nébulosité : 100%. Température : 13.4 °C. Pluie: 0.05 mm/h. Vitesse du vent: 12 km/h. Direction du vent: N
18	10/10/2019	Nébulosité : 92%. Température : 15.2 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 14.3 km/h. Direction du vent: SO
19	16/10/2019	Nébulosité : 100%. Température : 12.5 °C. Pluie: 1.57 mm/h. Vitesse du vent: 3.5 km/h. Direction du vent: NO
20	25/10/2019	Nébulosité : 95%. Température : 15.7 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 18.1 km/h. Direction du vent: S
Tests de prédation (4 tests)		
Test 1	08/07/2019	Dépôt de 180 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	02/09/2019	Dépôt de 180 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Tests d'efficacité de recherche (2 tests)		
Test 1	25/07/2019	Dépôt de 90 leurres
Test 2	30/08/2019	Dépôt de 125 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 12). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres. Les milieux herbacés hauts (> à 30/40 cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche était considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

Dans le cadre de cette étude, la végétation a été la 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 prospecter.

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

## 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	E04	E05	E06	E07	Total Parc
	AERODIS						
Boisement							3,7%
Céréale			1,1%	24,4 %	10,4%		6,0%
Chaume blé			1,7%	32,5%	13,9%		6,0%
Déchaume				24,4%	10,4%		4,6%
Friche		5,4%				1,7%	5,3%
Haie	0,9%	6,8%	10,8%	3,1%		2,9%	3,4%
Maïs						2,7%	0,2%
Plateforme	11,5%	14,3%	21,8%	10,9%	11,0%	11,2%	13,1%
Prairies naturelles	67,4%	19,7%	12,7%	4,8%	35,4%	4,6%	29,8%
Prairies semées	20,2%	53,8%	52,0%		19,0%	76,9%	27,9%
<b>Total général</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Milieux	E08	E09	E10	E11	E12	E14	Total Parc
	AERODIS					EOLE Moustermeur	
Boisement	11,2%	10,3%	23,0%				3,7%
Céréale		32,5%			1,2%	2,3%	6,0%
Chaume blé		21,6%			0,7%	1,3%	6,0%
Déchaume		18,0%			0,7%	1,3%	4,6%
Friche			56,6%				5,3%
Haie	1,0%	1,7%			8,1%	5,4%	3,4%
Maïs							0,2%
Plateforme	10,3%	10,9%	13,6%	18,1%	9,7%	13,7%	13,1%
Prairies naturelles	76,0%	5,0%	6,7%	81,9%	4,3%	39,4%	29,8%
Prairies semées	1,5%				75,3%	36,6%	27,9%
<b>Total général</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### Occupation du sol des turbines

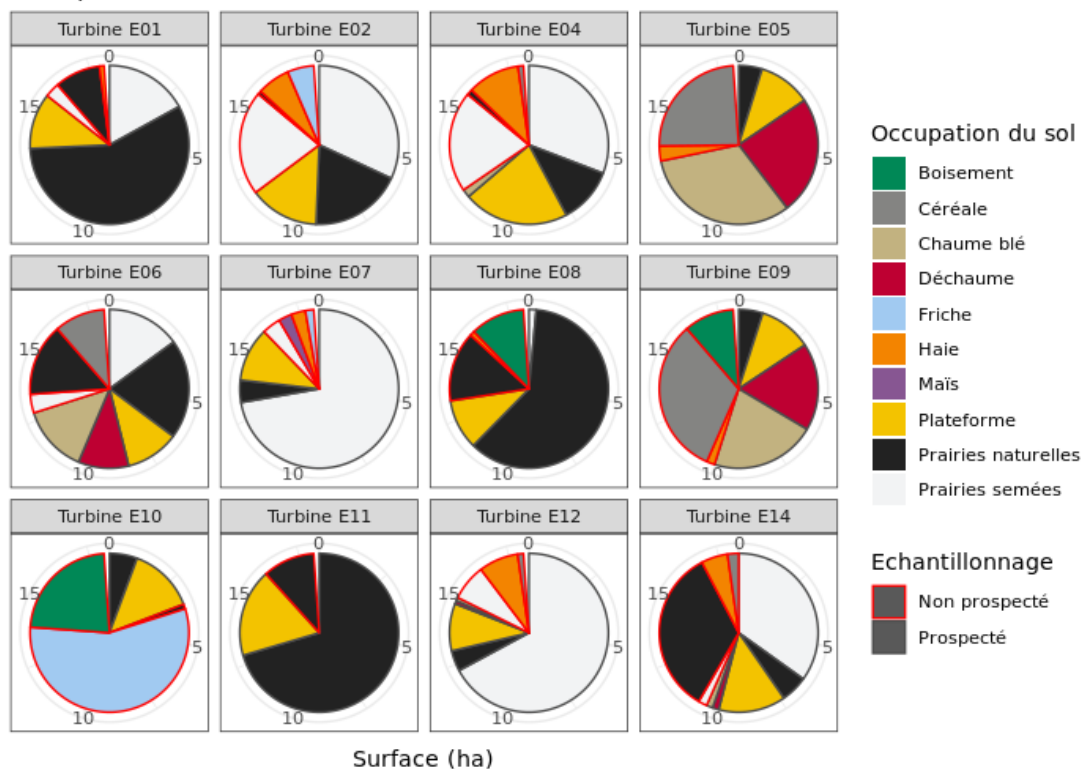
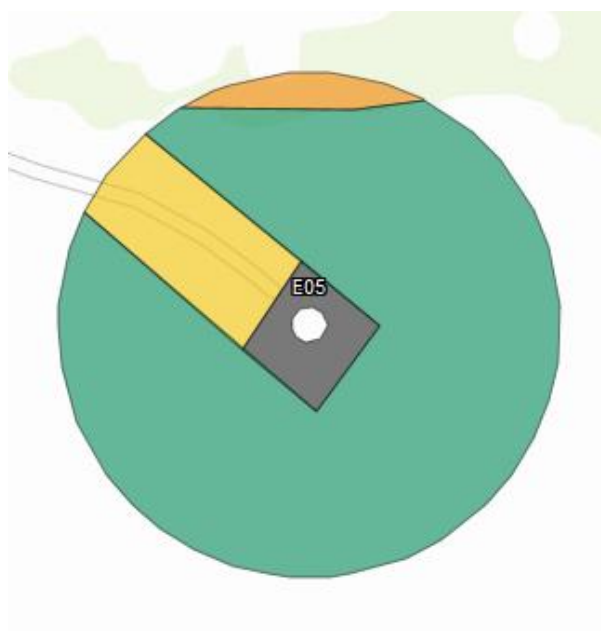
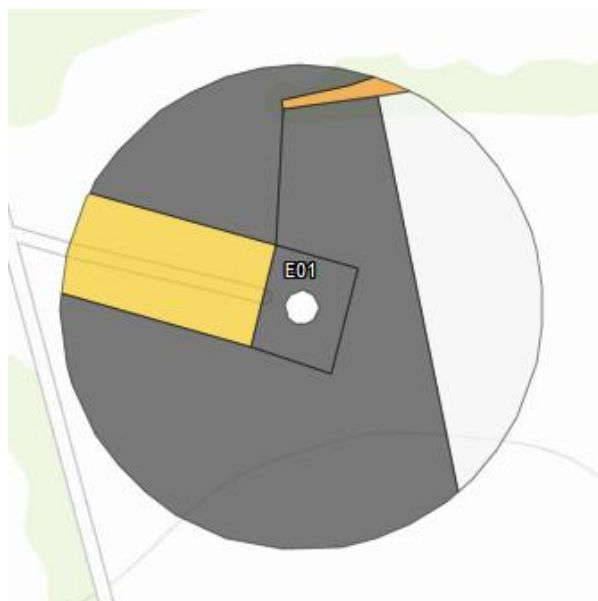


Figure 10 : Occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

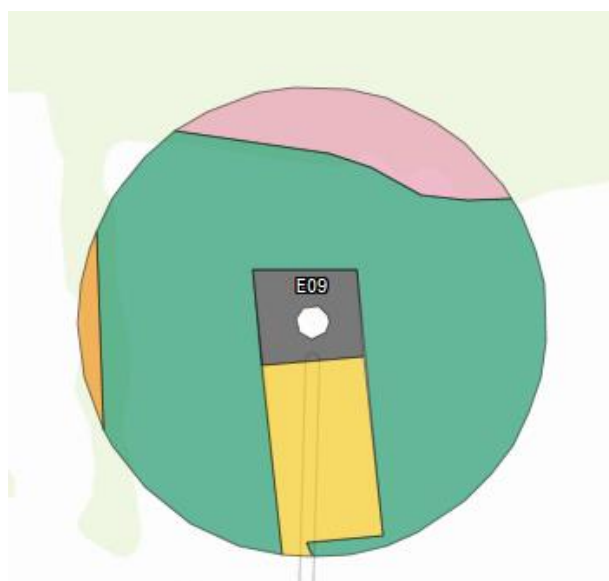
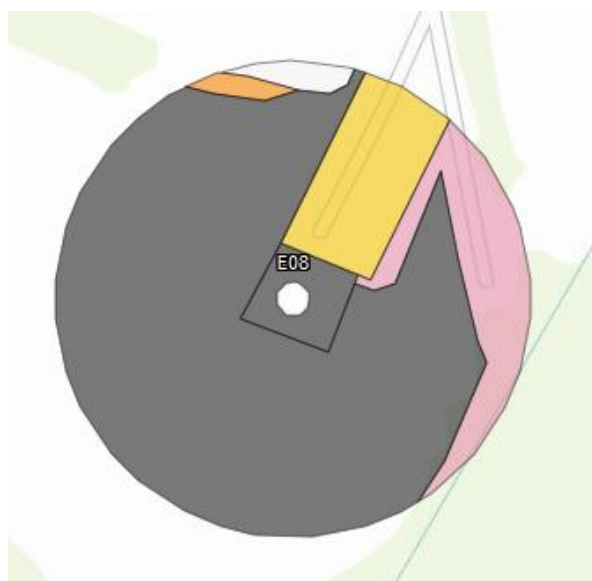
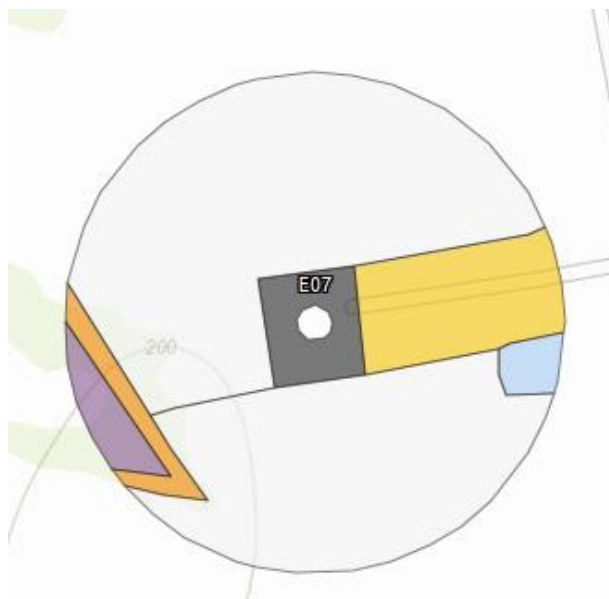
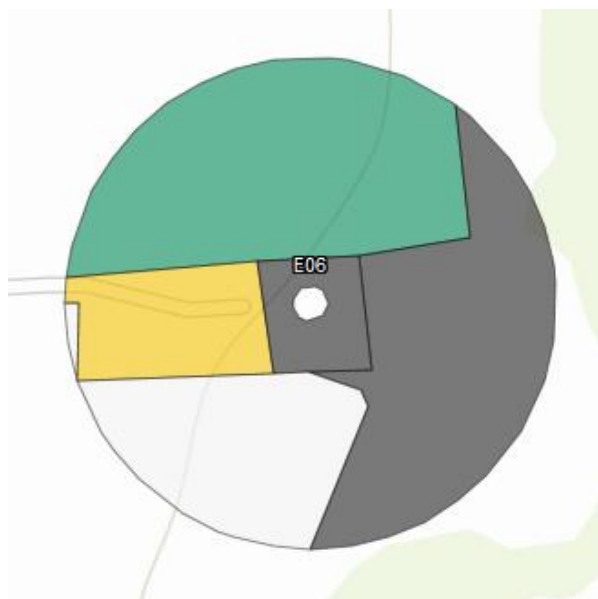
## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



- Boisement
- Céréale
- Chaume blé
- Culture
- Déchaume
- Friche
- Haie
- Maïs
- Plateforme
- Prairies naturelles
- Prairies semées



## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



- Boisement
- Céréale
- Chaume blé
- Culture
- Déchaume
- Friche
- Haie
- Maïs
- Plateforme
- Prairies naturelles
- Prairies semées

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

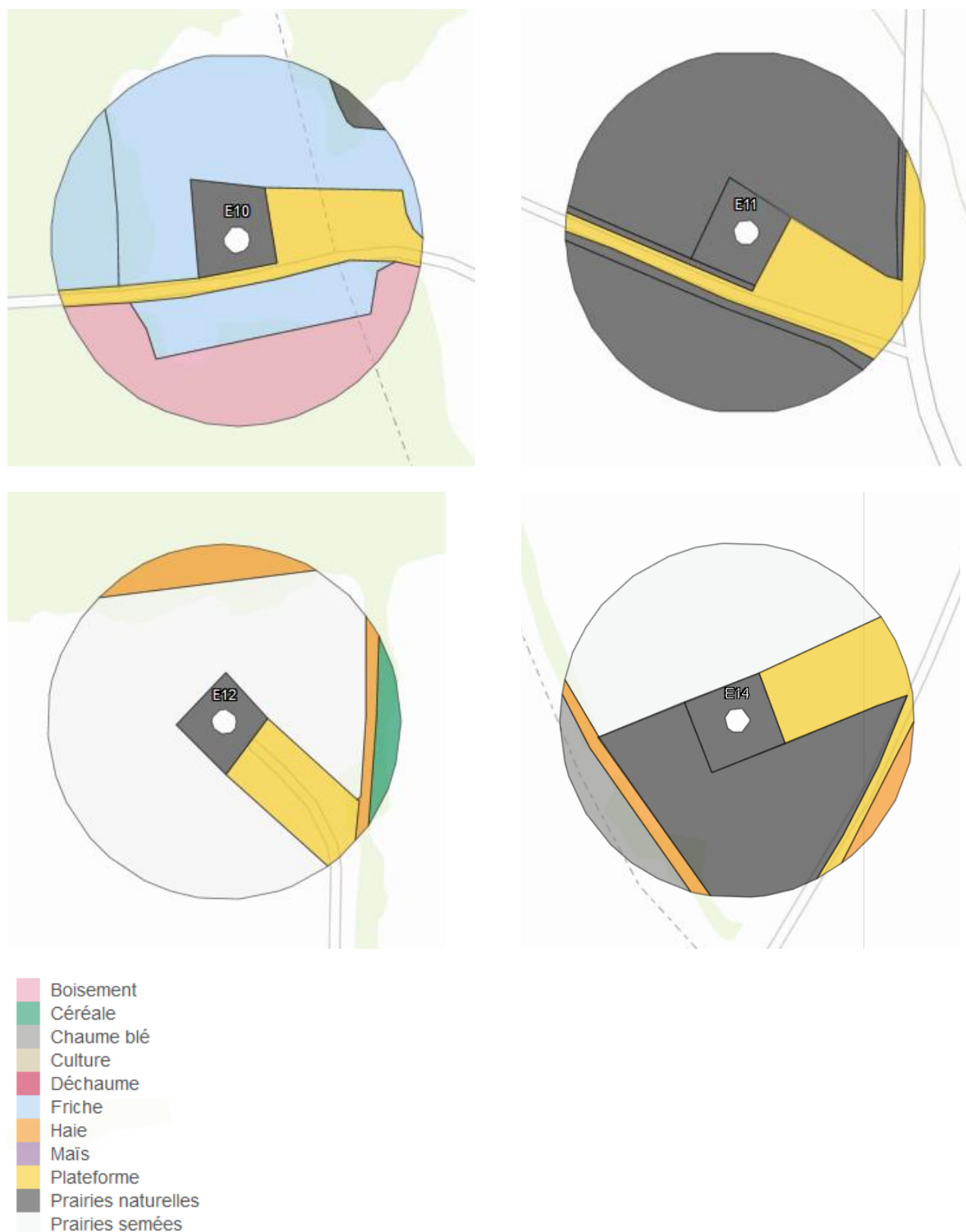


Figure 11 : Occupation du sol pour les éoliennes lors du premier passage le 13 juin 2019 (passage 1)

## 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.

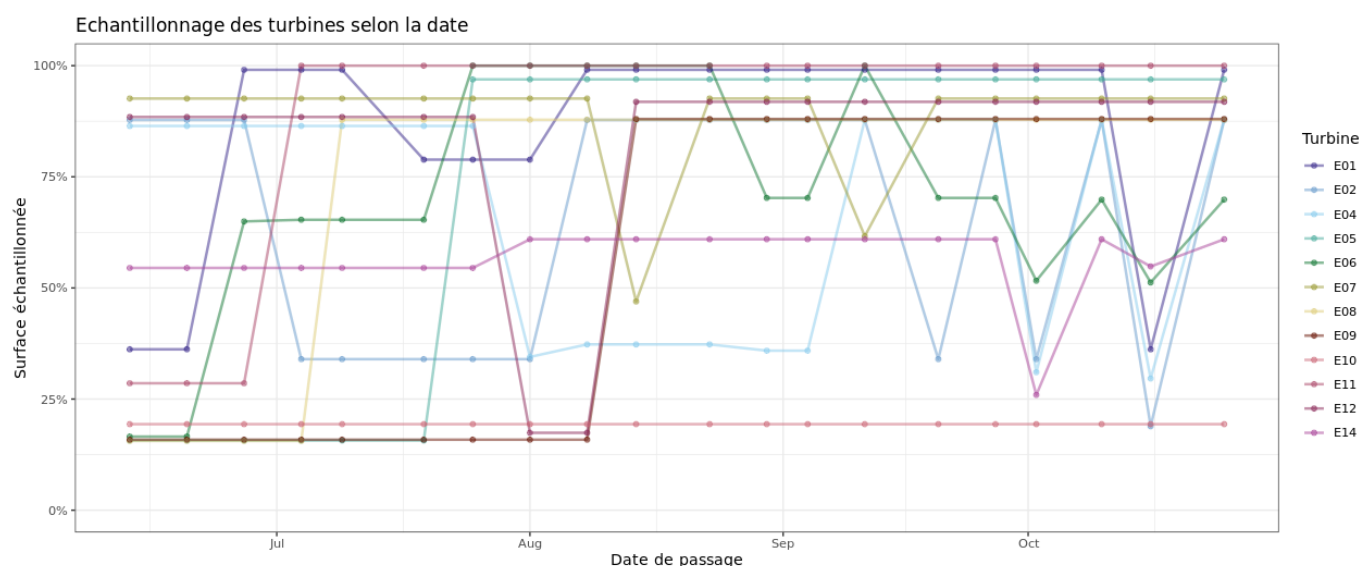


Figure 12 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage.

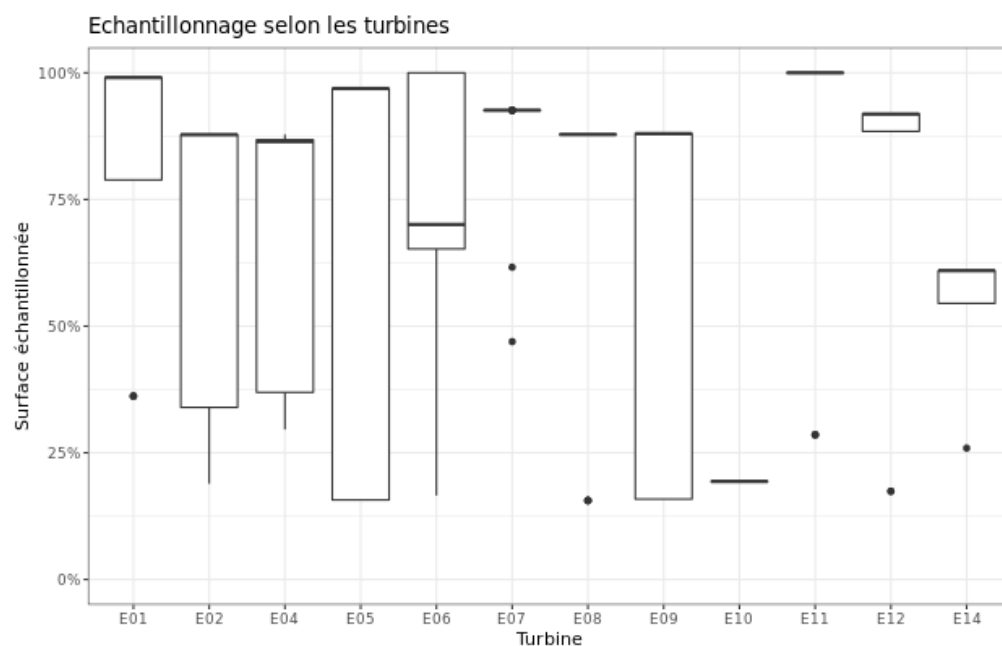


Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. Synthèse (boite à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 2.3.4 Réalisation des tests de prédation

Les deux tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0), a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituelle 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 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 chaque lure est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test, contrôle à la fin du suivi de mortalité, le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



Figure 14 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

E01 E02 E04 E05 E06 E07 E08 E09 E10 E11 E12												E14	Total
Exploitant	AERODIS											EOLE Moustermeur	
Occupations du sol													
Chaume blé				15									15
Déchaume										5		15	20
Plateforme	1	4	1	3	1	3	1	3	1	7	1	4	30
Prairies naturelles	6	4	4	2	3	1	12	1	1	35	1		70
Prairies semées		15	7			15					16	27	80
Hauteurs de végétation													
0	1	4	4	3	1	3	1	3	1	7	6	15	49
5		2	1	2	2		1	1	1	1		4	15
10	1					1					2		4
15						7	11			4	8		30
20		17		15	1					15			48
25	5		7										12
30			3			8				2			13
35											7	27	34
40										13			13
Dates de tests													
25/07/2019	7	5	12	3	4	10	13	4	2	7	10	13	90
30/08/2019		18		17		9				35	13	33	125
Total	7	23	12	20	4	19	13	4	2	42	23	46	215

### 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 l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 5 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 9 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 réalisées.

## 1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

### 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
<b>Contrôle qualité</b>	Florian LECORPS
<b>Chef de projet</b> Rédaction de l'étude	Michaël GUILLON / Yvan BOUROLLEC
<b>Technicien suivi de mortalité</b> Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères pour 16 passages sur 20	Yvan BOUROLLEC
<b>Technicien suivi de mortalité suppléant</b> Mise en place des tests Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères ponctuels (2 passages / 20)	Gaetan MINEAU
<b>Technicien suivi de mortalité suppléant</b> Mise en place des tests Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères ponctuels (2 passages / 20)	Youenn FOULIARD

2

## Synthèse et analyse des résultats



## 2 Synthèse et analyse des résultats

# 1 Résultats du suivi de mortalité

## 1.1 Résultats bruts

### 1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 10 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Kergrist-Moëlou, dont 3 oiseaux (3 espèces) et 7 chauves-souris (2 espèces et un groupe d'espèces) entre le 13 juin 2019 et le 25 octobre 2019.

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

Les espèces d'oiseaux trouvés sont l'Epervier d'Europe (1 individu), l'Hirondelle de fenêtre (1 individu), le Martinet noir (1 individu), découvertes entre le 9 et le 25 juillet 2019.

Les espèces de chauve-souris trouvées sont la Pipistrelle commune (5 individus), la Pipistrelle de Kuhl (1 individu), et une Pipistrelle indéterminée, recensées entre le 9 juillet 2019 et le 25 octobre 2019.

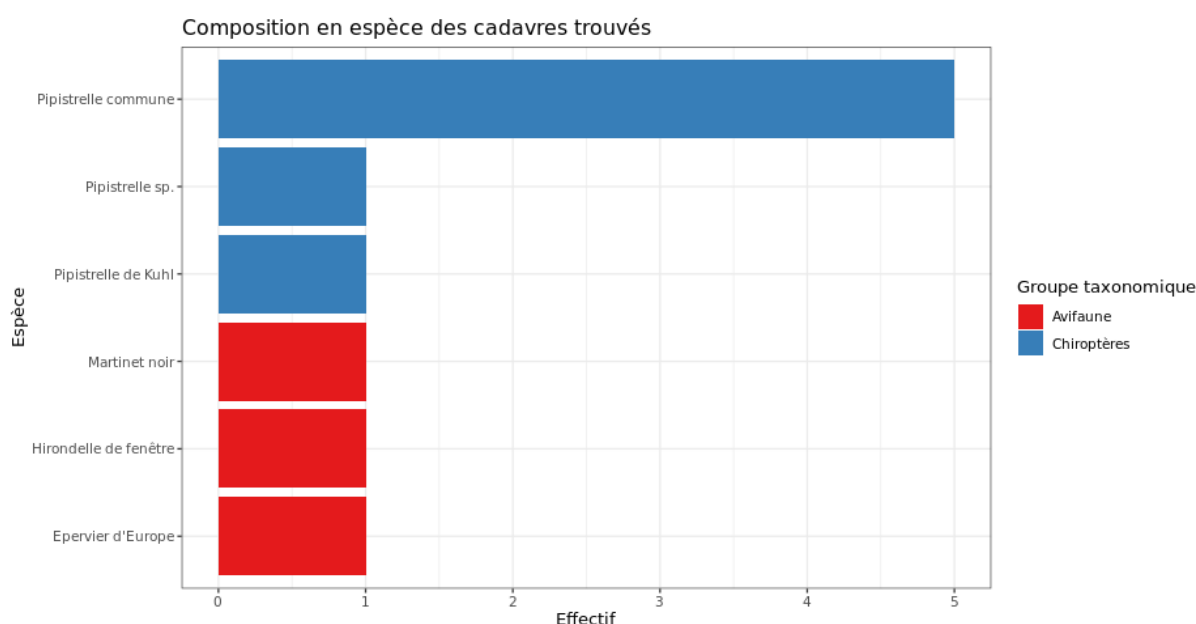


Figure 15 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou

## 2 Synthèse et analyse des résultats



Figure 16 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts de pipistrelles © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur une période : courant juillet à l'issue de la période de reproduction, en début de période de migration ;
- Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés de manière assez continue sur la période allant de juillet à octobre avec un pic de découvertes lors de la dernière session de suivi (4 individus), qui correspond à la période de migration vers les sites d'hivernage pour les chauves-souris.

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

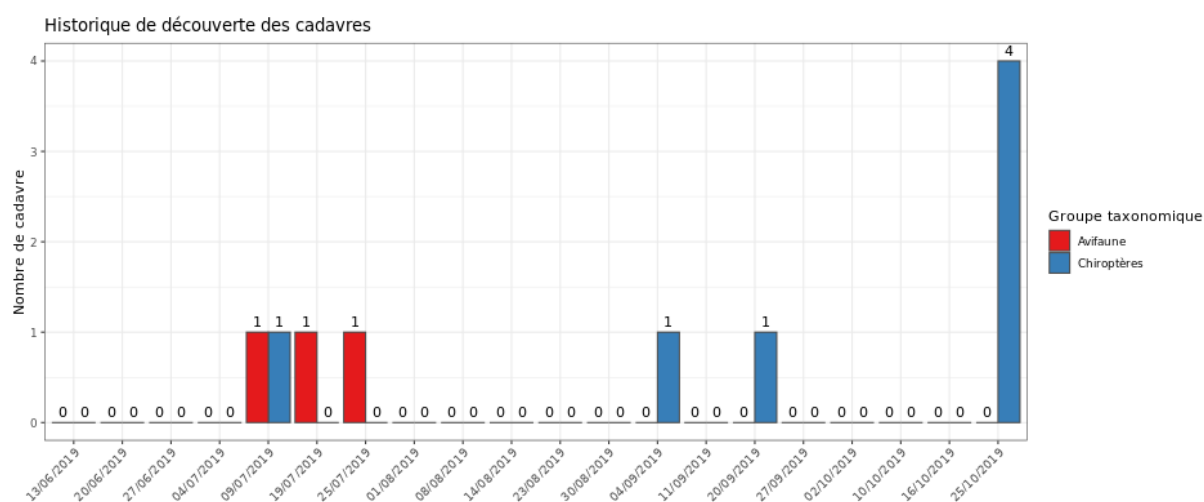


Figure 17 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou

### 1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous sept (E01, E05, E06, E07, E09, E10, E11) des douze éoliennes avec des valeurs assez homogènes entre elles (1 à 3 découvertes).

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères, l'éolienne E01 montre le nombre de découvertes de cadavres le plus important avec 1 oiseau et 2 chiroptères. L'éolienne E07, montre deux découvertes, avec deux oiseaux. Les autres éoliennes sont concernées par une découverte chacune : E05 (1 oiseau), E06 (1 oiseau), E09 (1 chauve-souris), E10 (1 chauve-souris) et E11 (1 chauve-souris). Les chauves-souris sont majoritaires dans le nombre de découvertes.

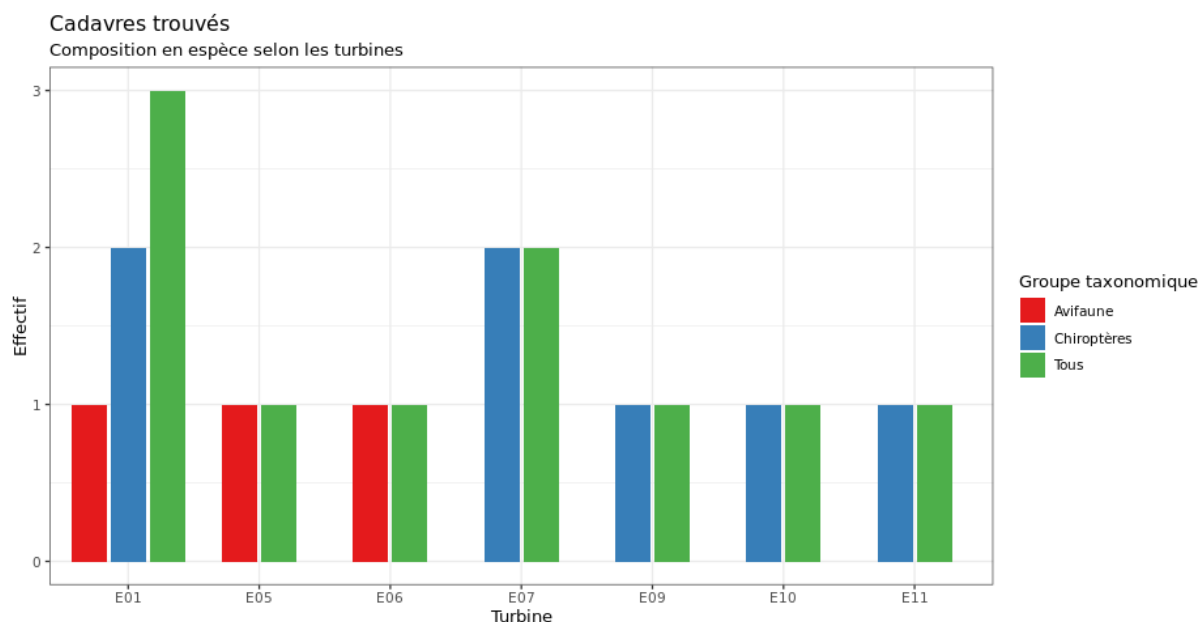


Figure 18 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

Sept des douze éoliennes présentent des cas de mortalité observés aussi bien pour l'avifaune que pour les chiroptères. E01, E05 et E06 présentent des mortalités d'oiseaux alors que E01, E07, E09, E10, E11 présentent des mortalités de chauves-souris. L'éolienne E01 présente à la fois des mortalités d'oiseaux et de chauves-souris. Aucun cadavre n'a été retrouvé sous E14.

Les mortalités brutes recensées varient peu entre les éoliennes, comprises entre 1 et 3 cadavres par éolienne et par groupe faunistique. La majorité des cadavres appartient au groupe des chiroptères (7 individus). 4 individus concernent les oiseaux. Sur la base des résultats bruts, les éoliennes E01 et E07 présentent les effectifs retrouvés les plus importants.

### 1.1.3 Répartition spatiale des observations

L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Epervier d'Europe observé à 50m. L'Hirondelle de fenêtre et le Martinet noir ont été retrouvées à respectivement 22 et 40 mètres.

Les chauves-souris ont été retrouvées majoritairement dans un rayon égal ou inférieur à 25 mètres, sauf un individu retrouvé à près de 40 mètres.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

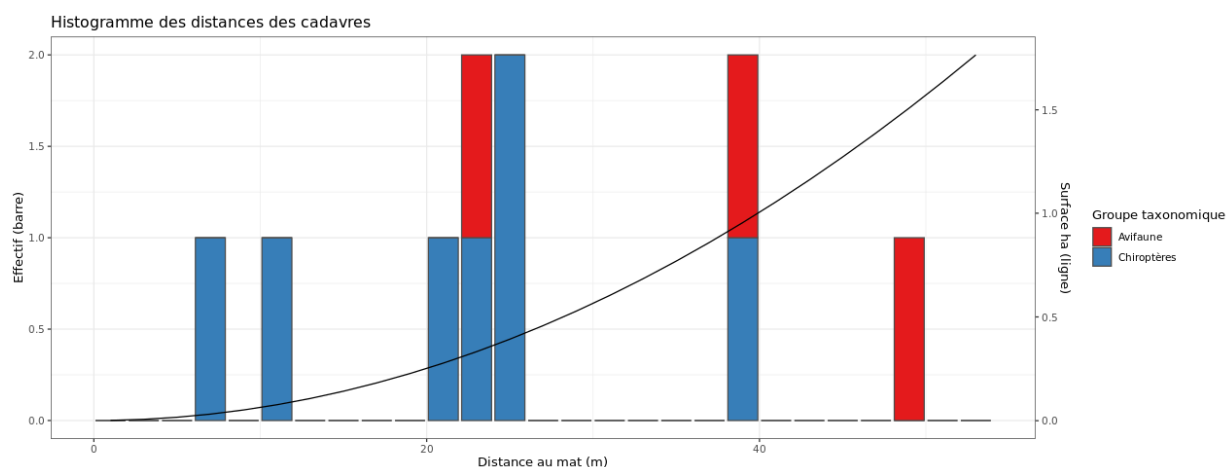


Figure 19 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Kergrist-Moëlou. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées dans un axe ouest-est et principalement à l'ouest des éoliennes.

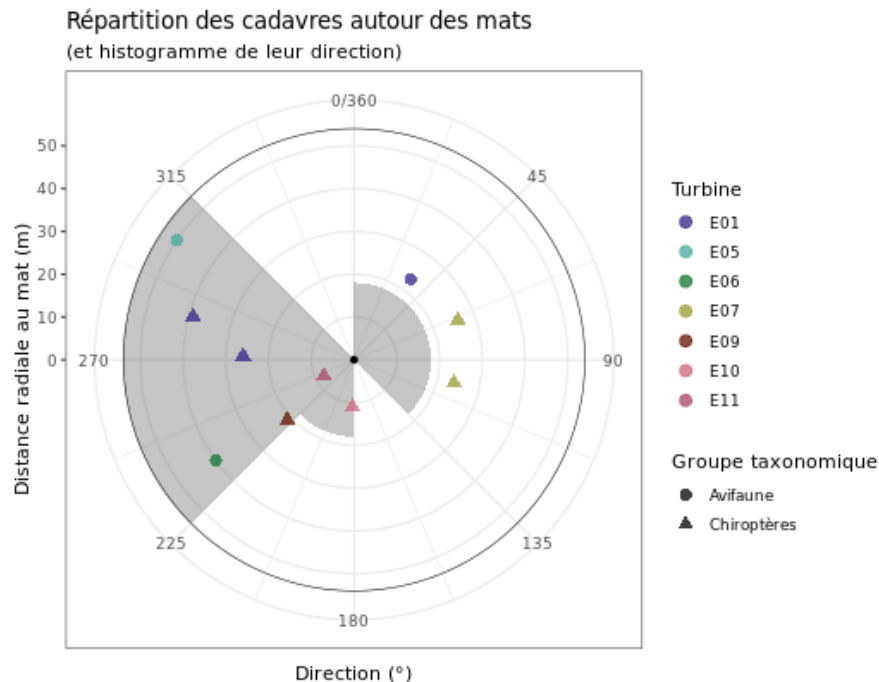


Figure 20 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En gris, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### 1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

3 individus répartis au sein de 3 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc de Kergrist-Moëlou : l'**Hirondelle de fenêtre** (1 individu), l'**Epervier d'Europe** (1 individu), le **Martinet noir** (3 individus)

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

On constate que le Martinet noir et l'Hirondelle de fenêtre sont des espèces fortement impactées par l'éolien en Europe et en France. En effet, sur les 288 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elles font partie des 15 espèces les plus découvertes en Europe. Le Martinet noir est la deuxième espèce la plus touchée en France, l'Hirondelle de fenêtre la 29<sup>ème</sup>.

L'Epervier d'Europe se situe au 44<sup>ème</sup> rang européen (espèce principalement observée en Espagne et en Allemagne) et au 27<sup>ème</sup> 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 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 large qui existe à ce jour.

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

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	A	BE	CH	CZ	D	DK	E	FR	Kergrist	GR	NL	P	PL	S	Total (hors Kergrist)
<b>Martinet noir</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	14	4	1	2	153	1	75	122	<b>1</b>	2	5	18	/	3	<b>400</b>
<b>Epervier d'Europe</b>	<b>44</b>	<b>27</b>	1	4	/	/	27	/	18	12	<b>1</b>	1	/	/	/	/	<b>63</b>
<b>Hirondelle de Fenêtre</b>	<b>13</b>	<b>29</b>	1	/	/	/	48	/	42	11	<b>1</b>	25	3	158		6	<b>294</b>

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 ces espèces avaient été identifiées 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.

Aucune des trois espèces n'est inscrite à l'Annexe I de la Directive Oiseaux.

L'Hirondelle de fenêtre et le Martinet noir ont un statut « quasi menacé » sur la liste rouge des oiseaux nicheurs au niveau national. Au niveau régional, elles sont dans la catégorie « préoccupation mineure ».

L'Epervier d'Europe est classé dans la catégorie « préoccupation mineure », au niveau national et 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)	Espèces déterminantes Bretagne : Espèces nicheuses
Hirondelle de fenêtre	Article 3	/	LC	NT	DD	LC	DD	/
Martinet noir	Article 3	/	LC	NT	DD	LC	DD	/
Epervier d'Europe	Article 3	/	LC	LC	NA	LC	DD	/

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

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

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

**Espèces déterminantes**

Espèces déterminantes de la Région Bretagne : Espèces nicheuses

site internet DREAL Bretagne : [http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php?id\\_article=637](http://www.bretagne.ecologie.gouv.fr/article.php?id_article=637)

### 1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

7 individus répartis au sein de 2 espèces et un groupe d'espèces ont été retrouvés morts sur le parc de Kergrist-Moëlou : **la Pipistrelle commune** (5 individus), **la Pipistrelle de Kuhl** (1 individu), **le groupe des pipistrelles** (1 individu).

**L'ensemble des espèces touchées** sont des espèces assez sédentaires. Elles s'éloignent ainsi rarement de leurs domaines vitaux. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien.

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

- Que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française ;
- Que la Pipistrelle de Kuhl est la 7<sup>ème</sup> espèce la plus impactée en Europe et la 5<sup>ème</sup> en France après les chiroptères indéterminés et les pipistrelles indéterminées ;

## 2 Synthèse et analyse des résultats

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

Tout comme pour les oiseaux, ces différentes données se basent sur des observations transmises. Elles permettent de comparer la mortalité observée sur le parc de 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 Europe	Rang France	A	BE	CH	CR	CZ	D	E	FR	Kergrist	GR	NL	PT	PL	RO	S	UK	Total (hors Kergrist)
Pipistrelle commune	1	1	2	28	6	5	16	720	211	979	5	0	15	323	3	6	1	46	2362
Pipistrelle indéterminée	5	3	8	2		102	9	91	25	303	1	1		128	2	48		12	733
Pipistrelle de Kuhl	7	5				144			44	219	1	1		51		10			469

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).



## 2 Synthèse et analyse des résultats

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).

### 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
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	Article 2	LC	LC	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 (UICN, 2012)

Liste rouge des espèces menacées en France, Mammifères de France métropolitaine (UICN 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 nécessaire aux estimations de mortalités.

#### 1.2.1 Résultats des tests de calcul des coefficients correcteurs

##### Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 9). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. **Les coefficients correcteurs de surface moyens sont moyens à bons pour la majorité des éoliennes (allant de 0,65 à 0,93) sauf pour les éoliennes E09 et E14 avec un coefficient faible (0,57 et 0,58) et surtout E10 avec un coefficient très faible (0,19) du fait de la présence de boisement et de friches hautes.** Ceci est lié à des périodes avec des parcelles non prospectables pour des durées et des surfaces différentes suivant l'éolienne.

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

	E01	E02	E04	E05	E06	E07
Exploitant	AERODIS					
Quantile 2.5%	0,36	0,26	0,30	0,16	0,17	0,54
Premier quartile	0,79	0,34	0,37	0,16	0,65	0,93
Moyenne	0,87	0,66	0,66	0,73	0,71	0,89
<b>Moyenne pondérée</b>	<b>0,90</b>	<b>0,65</b>	<b>0,67</b>	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>	<b>0,89</b>
Médiane	0,99	0,88	0,86	0,97	0,70	0,93
Troisième quartile	0,99	0,88	0,87	0,97	1,00	0,93
Quantile 97.5%	0,99	0,88	0,88	0,97	1,00	0,93

	E08	E09	E10	E11	E12	E14
Exploitant	AERODIS					EOLE Moustermeur
Quantile 2.5%	0,16	0,16	0,19	0,29	0,17	0,40
Premier quartile	0,88	0,16	0,19	1,00	0,89	0,55
Moyenne	0,73	0,56	0,19	0,89	0,83	0,57
<b>Moyenne pondérée</b>	<b>0,77</b>	<b>0,58</b>	<b>0,19</b>	<b>0,93</b>	<b>0,83</b>	<b>0,57</b>
Médiane	0,88	0,88	0,19	1,00	0,92	0,61
Troisième quartile	0,88	0,88	0,19	1,00	0,92	0,61
Quantile 97.5%	0,88	0,88	0,19	1,00	0,92	0,61

##### Coefficient de persistance (s)

● 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

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).

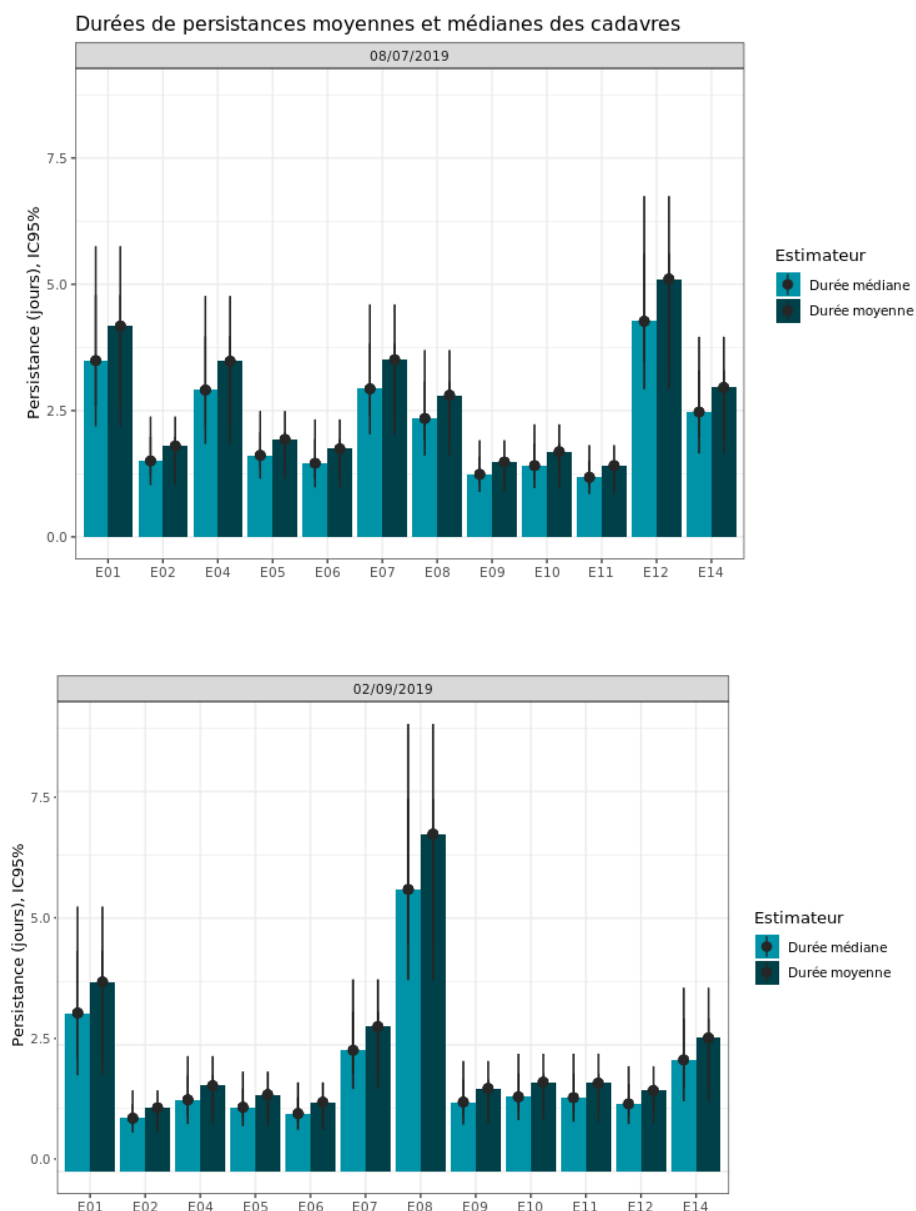


Figure 21 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédation

## 2 Synthèse et analyse des résultats

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance globalement proche de 3 jours lors du premier test réalisé début juillet (2,7 jours en moyenne pour les douze éoliennes) puis encore inférieur lors du second test (2,4 jours en moyenne pour les douze éoliennes). Suivant les éoliennes, cela représente une prédation forte à très forte.

Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est assez bonne pour toutes les éoliennes sur les deux 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	E04	E05	E06	E07	Moyenne
AERODIS							
Résultats du test du 08/07/2019							
Persistance moyenne	4,17	1,8	3,48	1,93	1,74	3,51	2,7
Intervalle de confiance à 95%	[2,6 ; 5,75]	[1,22 ; 2,38]	[2,19 ; 4,77]	[1,37 ; 2,49]	[1,16 ; 2,33]	[2,41 ; 4,6]	
Résultats du test du 07/10/2019							
Persistance moyenne	3,74	1,26	1,69	1,52	1,37	2,86	2,4
Intervalle de confiance à 95%	[2,26 ; 5,23]	[0,91 ; 1,6]	[1,11 ; 2,28]	[1,07 ; 1,97]	[0,98 ; 1,76]	[1,93 ; 3,79]	

TurbID	E08	E09	E10	E11	E12	E14	Moyenne
AERODIS						EOLE Moustermeur	
Résultats du test du 08/07/2019							
Persistance moyenne	2,8	1,48	1,69	1,41	5,11	2,96	2,7
Intervalle de confiance à 95%	[1,91 ; 3,7]	[1,05 ; 1,91]	[1,15 ; 2,23]	[1,37 ; 2,49]	[3,47 ; 6,75]	[1,96 ; 3,96]	
Résultats du test du 07/10/2019							
Persistance moyenne	6,66	1,64	1,76	1,74	1,6	2,64	2,4
Intervalle de confiance à 95%	[4,49 ; 8,83]	[1,1 ; 2,18]	[1,2 ; 2,32]	[1,16 ; 2,33]	[1,12 ; 2,08]	[1,65 ; 3,63]	

### 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 complet « **Trouve ~ OCS + Hmoy** » afin de réaliser les interpolations et extrapolations par le modèle. Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupation du sol et de hauteurs de végétation rencontrés par l'observateur durant le suivi.

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétal. Ils sont globalement assez faibles avec une gamme de valeurs allant de 0,02 au minimum (prairies semées de 45 cm de hauteur) à 0,87 au maximum (absence de végétation sur les plateformes) suivant les milieux prospectés.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

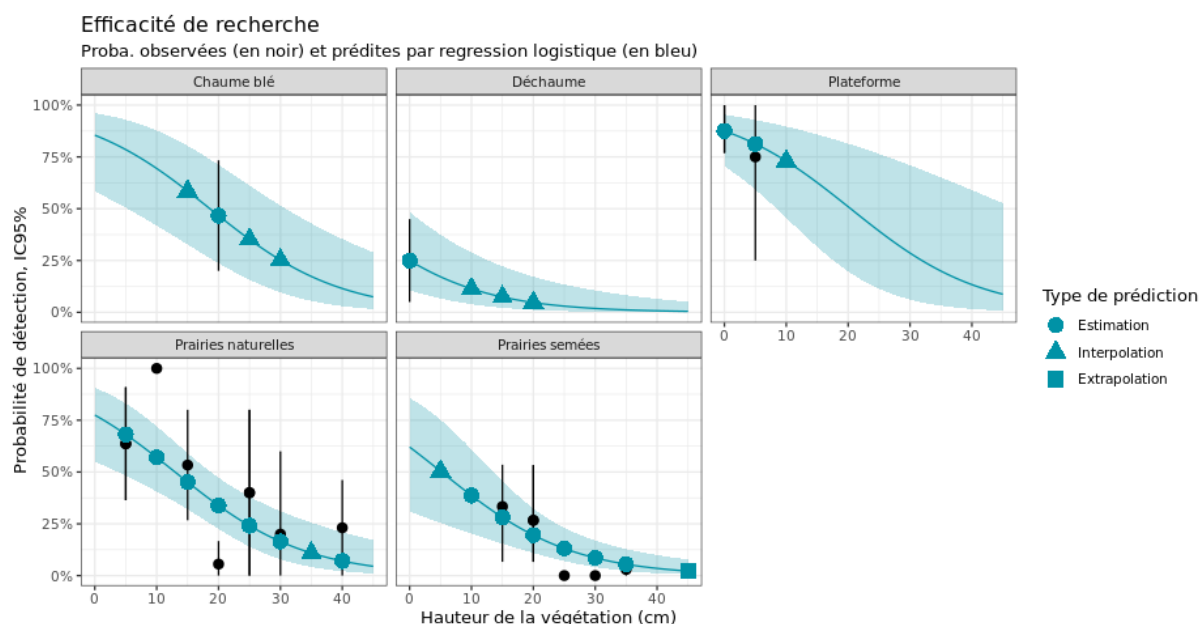


Figure 22 Taux d'efficacité de recherche (et intervalle de confiance à 95%) calculées sur les valeurs observées (noir, résultats des tests) et prédites par le modèle (en bleu).

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.

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
Chaume blé 20cm	0,47 [ 0,24 ; 0,71 ]	0,47 [ 0,2 ; 0,73 ]	Estimation	Chaume blé 0cm	0,85 [ 0,58 ; 0,96 ]		Interpolation
Déchaume 0cm	0,25 [ 0,11 ; 0,48 ]	0,25 [ 0,1 ; 0,45 ]	Estimation	Chaume blé 5cm	0,79 [ 0,5 ; 0,93 ]		Interpolation
Plateforme 0cm	0,87 [ 0,7 ; 0,95 ]	0,88 [ 0,77 ; 0,96 ]	Estimation	Chaume blé 10cm	0,69 [ 0,42 ; 0,88 ]		Interpolation
Plateforme 0cm	0,87 [ 0,7 ; 0,95 ]	0,88 [ 0,77 ; 0,96 ]	Estimation	Chaume blé 15cm	0,58 [ 0,33 ; 0,8 ]		Interpolation
Plateforme 5cm	0,81 [ 0,59 ; 0,93 ]	0,75 [ 0,25 ; 1 ]	Estimation	Chaume blé 25cm	0,35 [ 0,16 ; 0,61 ]		Interpolation
Prairies naturelles 5cm	0,68 [ 0,48 ; 0,83 ]	0,64 [ 0,36 ; 0,91 ]	Estimation	Chaume blé 30cm	0,25 [ 0,1 ; 0,52 ]		Interpolation
Prairies naturelles 10cm	0,57 [ 0,41 ; 0,72 ]	1 [ 1 ; 1 ]	Estimation	Chaume blé 35cm	0,17 [ 0,06 ; 0,43 ]		Interpolation
Prairies naturelles 15cm	0,45 [ 0,32 ; 0,59 ]	0,53 [ 0,27 ; 0,8 ]	Estimation	Chaume blé 40cm	0,12 [ 0,03 ; 0,35 ]		Interpolation
Prairies naturelles	0,34 [ 0,23 ; 0,47 ]	0,06 [ 0 ; 0,17 ]	Estimation	Déchaume 5cm	0,17 [ 0,07 ; 0,37 ]		Interpolation

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
20cm							
Prairies naturelles 25cm	0,24 [ 0,14 ; 0,38 ]	0,4 [ 0 ; 0,8 ]	Estimation	Déchaume 10cm	0,11 [ 0,04 ; 0,29 ]		Interpolation
Prairies naturelles 30cm	0,16 [ 0,08 ; 0,31 ]	0,2 [ 0 ; 0,6 ]	Estimation	Déchaume 15cm	0,07 [ 0,02 ; 0,22 ]		Interpolation
Prairies naturelles 40cm	0,07 [ 0,02 ; 0,21 ]	0,23 [ 0 ; 0,46 ]	Estimation	Déchaume 20cm	0,05 [ 0,01 ; 0,17 ]		Interpolation
Prairies semées 10cm	0,39 [ 0,2 ; 0,61 ]	1 [ 1 ; 1 ]	Estimation	Déchaume 20cm	0,05 [ 0,01 ; 0,17 ]		Interpolation
Prairies semées 15cm	0,28 [ 0,15 ; 0,46 ]	0,33 [ 0,13 ; 0,53 ]	Estimation	Déchaume 25cm	0,03 [ 0,01 ; 0,13 ]		Interpolation
Prairies semées 20cm	0,2 [ 0,11 ; 0,32 ]	0,27 [ 0,07 ; 0,47 ]	Estimation	Déchaume 30cm	0,02 [ 0 ; 0,11 ]		Interpolation
Prairies semées 25cm	0,13 [ 0,07 ; 0,23 ]	0 [ 0 ; 0 ]	Estimation	Déchaume 35cm	0,01 [ 0 ; 0,08 ]		Interpolation
Prairies semées 30cm	0,09 [ 0,04 ; 0,17 ]	0 [ 0 ; 0 ]	Estimation	Déchaume 40cm	0,01 [ 0 ; 0,07 ]		Interpolation
Prairies semées 35cm	0,05 [ 0,02 ; 0,13 ]	0,03 [ 0 ; 0,09 ]	Estimation	Plateforme 10cm	0,73 [ 0,46 ; 0,9 ]		Interpolation
Prairies semées 45cm	0,02 [ 0,01 ; 0,08 ]		Extrapolation	Plateforme 15cm	0,63 [ 0,32 ; 0,86 ]		Interpolation
				Plateforme 20cm	0,51 [ 0,2 ; 0,81 ]		Interpolation
				Plateforme 25cm	0,39 [ 0,11 ; 0,76 ]		Interpolation
				Plateforme 30cm	0,29 [ 0,06 ; 0,71 ]		Interpolation
				Plateforme 35cm	0,2 [ 0,03 ; 0,65 ]		Interpolation
				Plateforme 40cm	0,13 [ 0,02 ; 0,59 ]		Interpolation
				Prairies naturelles 0cm	0,77 [ 0,55 ; 0,91 ]		Interpolation
				Prairies naturelles 35cm	0,11 [ 0,04 ; 0,26 ]		Interpolation
				Prairies semées 0cm	0,62 [ 0,31 ; 0,86 ]		Interpolation
				Prairies semées 5cm	0,5 [ 0,25 ; 0,75 ]		Interpolation
				Prairies semées 40cm	0,03 [ 0,01 ; 0,1 ]		Interpolation



## 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<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> 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	E04	E05	E06	E07
Exploitant	AERODIS					
Probabilité détection P(s,f)						
Huso (2010)	0,17	0,1	0,17	0,11	0,1	0,14
Erickson et al. (2000)	0,19	0,1	0,18	0,11	0,1	0,15
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,15	0,05	0,12	0,06	0,05	0,11
Coefficient correcteur de surface a						
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,9	0,65	0,67	0,75	0,74	0,89
Probabilité globale de détection a x P(s,f)						
Huso (2010)	0,15	0,07	0,11	0,08	0,07	0,12
Erickson et al. (2000)	0,17	0,07	0,12	0,08	0,07	0,13
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,14	0,03	0,08	0,05	0,04	0,10

	E08	E09	E10	E11	E12	E14
Exploitant	AERODIS					EOLE Moustermeur
Probabilité détection P(s,f)						
Huso (2010)	0,21	0,08	0,19	0,11	0,13	0,13
Erickson et al. (2000)	0,23	0,08	0,19	0,11	0,14	0,14
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,19	0,04	0,1	0,05	0,11	0,09
Coefficient correcteur de surface a						
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,77	0,58	<b>0,19</b>	0,93	0,83	0,57
Probabilité globale de détection a x P(s,f)						
Huso (2010)	0,16	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	0,10	0,11	<b>0,07</b>
Erickson et al. (2000)	0,18	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	0,10	0,12	<b>0,08</b>
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,15	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	0,05	0,09	<b>0,05</b>

## 2 Synthèse et analyse des résultats

La probabilité de détection  $P(s,f)$  est très faible de manière générale (entre 0.04 et 0.23 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique ( $a$ ) est bon à moyen (entre 58% et 93% de surfaces prospectées) voire très faible pour l'éolienne E10 (19%). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0.019 à 0.18, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 5,7 à 52.6. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 6 et 53 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 E09, E10 suivies par E02, E05, E06, et E14 possèdent les plus faibles probabilités de détection globale, E01 et E08 présentent les probabilités de détection globale les plus fortes mais qui restent dans l'absolu faible également.**

### Estimation de la mortalité pour l'avifaune

- Éolienne E01

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découverte de cadavres ( $n=1$ ) et la probabilité globale de détection la plus forte (qui reste très faible dans l'absolu). Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne E01 sont comprises entre 5 et 7 individus sur une période de 134 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 26 à 34 individus et minimum de 1 individu. L'observation a été réalisée le 25 juillet 2019.

- Éoliennes E05 et E06

Les éoliennes E05 et E06 sont celles qui présentent les estimations les plus fortes ainsi que les incertitudes parmi les plus grandes. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 11 et 23 pour E05 et 13 et 29 pour E06 pour un seul individu découvert (respectivement le 19/07/2019 et le 09/07/2019). Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 53 à 108 individus pour E05 et de 64 à 140 individus pour E06.

- Éolienne E08

C'est l'éolienne qui présente la probabilité globale de détection la plus forte (qui reste faible dans l'absolu). Avec aucune observation de cadavres durant les 134 jours de suivi, les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 15 à 19 individus.

- 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 134 jours de suivi, les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 78 à 157 individus.

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	E04	E05	E06	E07	Total parc
Exploitant	AERODIS						
Mortalité observée des oiseaux	1	0	0	1	1	0	3
Huso (2010) [IC 95%]	6 [1 ; 28]	0 [0 ; 45]	0 [0 ; 24]	11 [1 ; 54]	14 [1 ; 64]	0 [0 ; 22]	31
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	5 [1 ; 26]	0 [0 ; 45]	0 [0 ; 23]	11 [1 ; 53]	13 [1 ; 64]	0 [0 ; 20]	29
Korner-Nievergelt et al.	7 [1 ; 34]	0 [0 ; 99]	0 [0 ; 36]	23 [1 ; 108]	29 [2 ; 140]	0 [0 ; 29]	59

## 2 Synthèse et analyse des résultats

(2011) [IC 95%]							
Estimateurs	E08	E09	E10	E11	E12	E14	Total parc
Exploitant	AERODIS					EOLE Moustermeur	
Mortalité observée des oiseaux	0	0	0	0	0	0	3
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 17]	0 [0 ; 60]	0 [0 ; 79]	0 [0 ; 28]	0 [0 ; 25]	0 [0 ; 38]	31
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 15]	0 [0 ; 60]	0 [0 ; 78]	0 [0 ; 28]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 36]	29
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 19]	0 [0 ; 129]	0 [0 ; 157]	0 [0 ; 62]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 55]	59

### • Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale d'oiseaux la plus probable est comprise entre 29 et 59 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 3 à 4 individus au minimum et de 471 à 900 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude extrêmement importante.

Les 3 observations ont été réparties sur 108 jours (du 9/07/2019 au 25/07/2019, l'ensemble en juillet).

Les éoliennes E06 et E05 présentent les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc, puis dans une moindre mesure E01. Les estimations de mortalité pour E01 sont qualitativement les meilleures du fait d'incertitudes raisonnables, de même pour E08 voire E07, E12 et E04 qui présentent également de faibles incertitudes sans observations. Malheureusement, pour E02, E05, E06, E09, E10, E11 et E14, les incertitudes importantes ne permettent pas d'évaluer l'impact de ces éoliennes.

### Synthèse des résultats du suivi de mortalité

Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (134 jours)

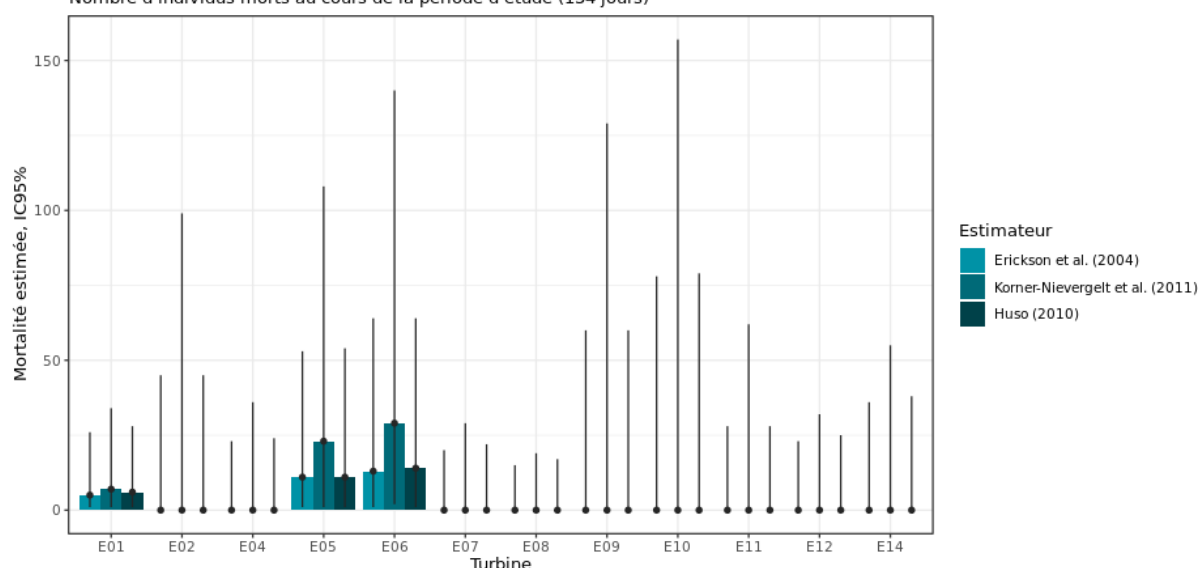


Figure 23 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Kergrist-Moëlou au cours du suivi de 2019 sur 134 jours

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### ***Estimation de la mortalité des chiroptères***

- *Éolienne E01*

C'est l'éolienne qui présente, à la fois, le plus de découverte de cadavres (n=2) et la probabilité globale de détection la plus forte (qui reste très faible dans l'absolu). Les estimations de mortalité selon les méthodes sont comprises entre 11 et 15 individus sur une période de 134 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 35 à 46 individus et minimum de 3 individus. Les 2 observations ont été réalisées sur une période assez courte entre le 20 septembre 2019 et le 25 octobre 2019.

- *Éolienne E07*

C'est l'éolienne qui présente le plus de découverte de cadavres (n=2) avec une probabilité globale de détection proche de la moyenne du parc (qui reste très faible dans l'absolu). Les estimations de mortalité selon les méthodes sont comprises entre 14 et 20 individus sur une période de 134 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 45 à 64 individus et minimum allant de 3 à 4 individus. Les 2 observations ont été réalisées sur une période assez courte entre le 09 juillet 2019 et le 04 septembre 2019.

- *Éolienne E08*

C'est l'éolienne qui présente la probabilité globale de détection la plus forte (qui reste faible dans l'absolu). Avec aucune observation de cadavres durant les 134 jours de suivi, les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 15 à 19 individus.

- *Éoliennes E09 et E10*

Les éoliennes E09 et E10 sont celles qui ont les estimations avec les plus fortes ainsi que les incertitudes les plus grandes. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 20 et 43 pour E09 et 26 et 52 pour E10 pour un seul individu découvert par éolienne le même jour (le 25 octobre 2019, dernier passage). Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 95 à 206 individus pour E09 et de 125 à 250 individus pour E10.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

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	E04	E05	E06	E07	Total parc
Exploitant	AERODIS						
Mortalité observée des chiroptères	2	0	0	0	0	2	7
Huso (2010) [IC 95%]	12 [3 ; 38]	0 [0 ; 45]	0 [0 ; 24]	0 [0 ; 34]	0 [0 ; 40]	15 [3 ; 47]	83
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	11 [3 ; 35]	0 [0 ; 45]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 33]	0 [0 ; 40]	14 [3 ; 45]	81
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	15 [3 ; 46]	0 [0 ; 99]	0 [0 ; 36]	0 [0 ; 68]	0 [0 ; 88]	20 [4 ; 64]	151
Estimateurs	E08	E09	E10	E11	E12	E14	Total parc
Exploitant	AERODIS					EOLE Moustermeur	
Mortalité observée des chiroptères	0	1	1	1	0	0	7
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 17]	<b>20 [1 ; 96]</b>	<b>26 [2 ; 126]</b>	10 [1 ; 46]	0 [0 ; 25]	0 [0 ; 38]	83
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 15]	<b>20 [1 ; 95]</b>	<b>26 [2 ; 125]</b>	10 [1 ; 45]	0 [0 ; 23]	0 [0 ; 36]	81
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	0 [0 ; 19]	<b>43 [2 ; 206]</b>	<b>52 [3 ; 250]</b>	21 [1 ; 99]	0 [0 ; 32]	0 [0 ; 55]	151

### • Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 81 et 151 individus sur la durée du suivi (pour 12 éoliennes). En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 10 à 13 individus au minimum et de 560 à 1062 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude extrêmement importante.

Les 7 observations ont été réparties sur 108 jours (du 09/07/2019 au 25/10/2019 : 1 découverte en juillet, 0 découverte en août, 2 découvertes en septembre, 4 découvertes en octobre).

Les éoliennes E09 et E10 présentent les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, E11, E07 et E01. Les estimations de mortalité pour E01 et E07 sont qualitativement les meilleurs du fait d'incertitudes raisonnables de même pour E08 voire E12 et E04 qui présentent également de faibles incertitudes sans observations. Malheureusement, pour E02, E05, E06, E09, E10, E11 et E14, les incertitudes importantes ne permettent pas d'évaluer l'impact de ces éoliennes.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

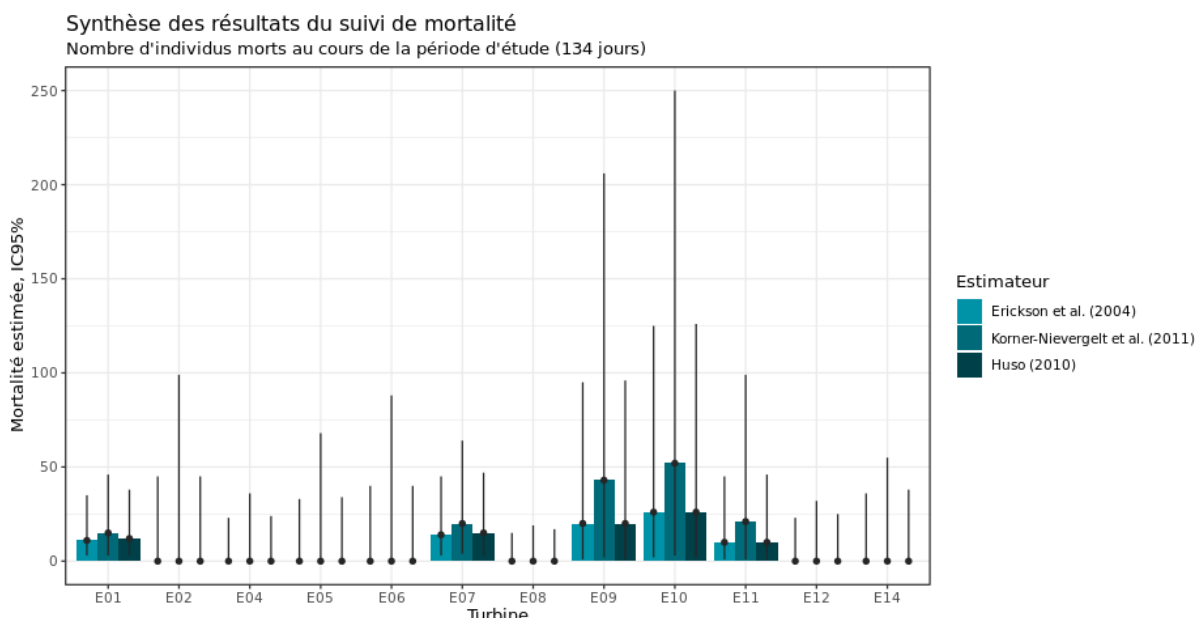


Figure 24 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Kergrist-Moëlou au cours du suivi de 2019 sur 134 jours

### 1.3 Synthèse du suivi de mortalité pour le parc

Le suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Kergrist-Moëlou entre le 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).

En effet, 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) ont été retrouvées sous les éoliennes du parc suivi.

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.

L'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un Epervier d'Europe observé à 50m. L'Hirondelle de fenêtre et le Martinet noir ont été retrouvées à respectivement 22 et 40 mètres. Les chauves-souris ont été retrouvées majoritairement dans un rayon égal ou inférieur à 25 mètres, sauf un individu retrouvé à près de 40 mètres.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 360 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 1.26 jours (E02, second test) à 6.66 jours (E08, second test).

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour 12 des 14 éoliennes du parc, sur la durée du suivi (134 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 81 à 151 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi pour l'ensemble des 12 éoliennes suivies, où les observations se concentrent sur 108 jours soit une moyenne pour le parc de 6.8 à 12.6 cas par éolienne pour 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 29 à 59 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi pour l'ensemble des 12 éoliennes suivies, où les observations s'étalent sur l'ensemble du suivi soit 16 jours soit une moyenne pour le parc de 2.4 à 4.9 cas par éolienne pour la période de suivi.

Ces chiffres semblent comparables 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 comparable aux résultats fournis par la bibliographie mais que les incertitudes des estimations pour certaines éoliennes liées en grande partie à des problématiques de capacité à trouver les cadavres ce qui limite la capacité à conclure sur le niveau de la mortalité pour une partie des éoliennes.

---

## 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 de ce premier suivi mortalité 2019.

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

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.

#### 2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

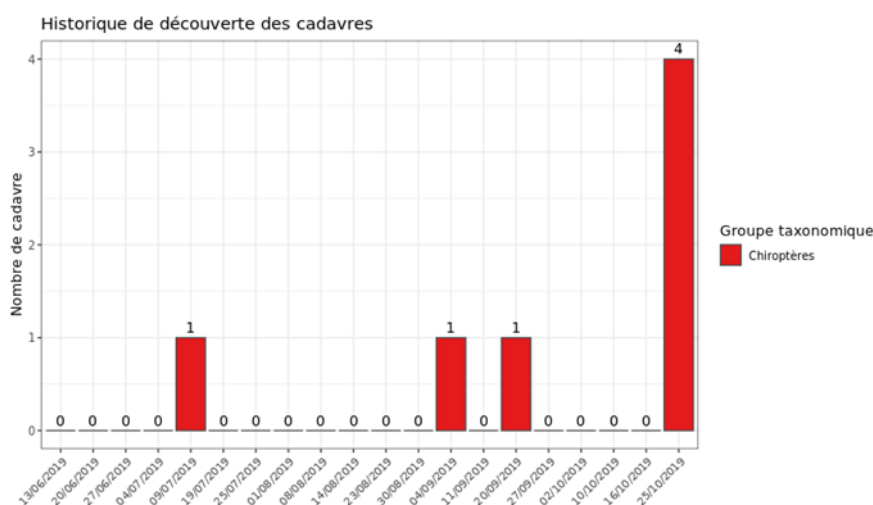


Figure 25 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Kergrist-Moëlou

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts 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 observé le 25 octobre.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

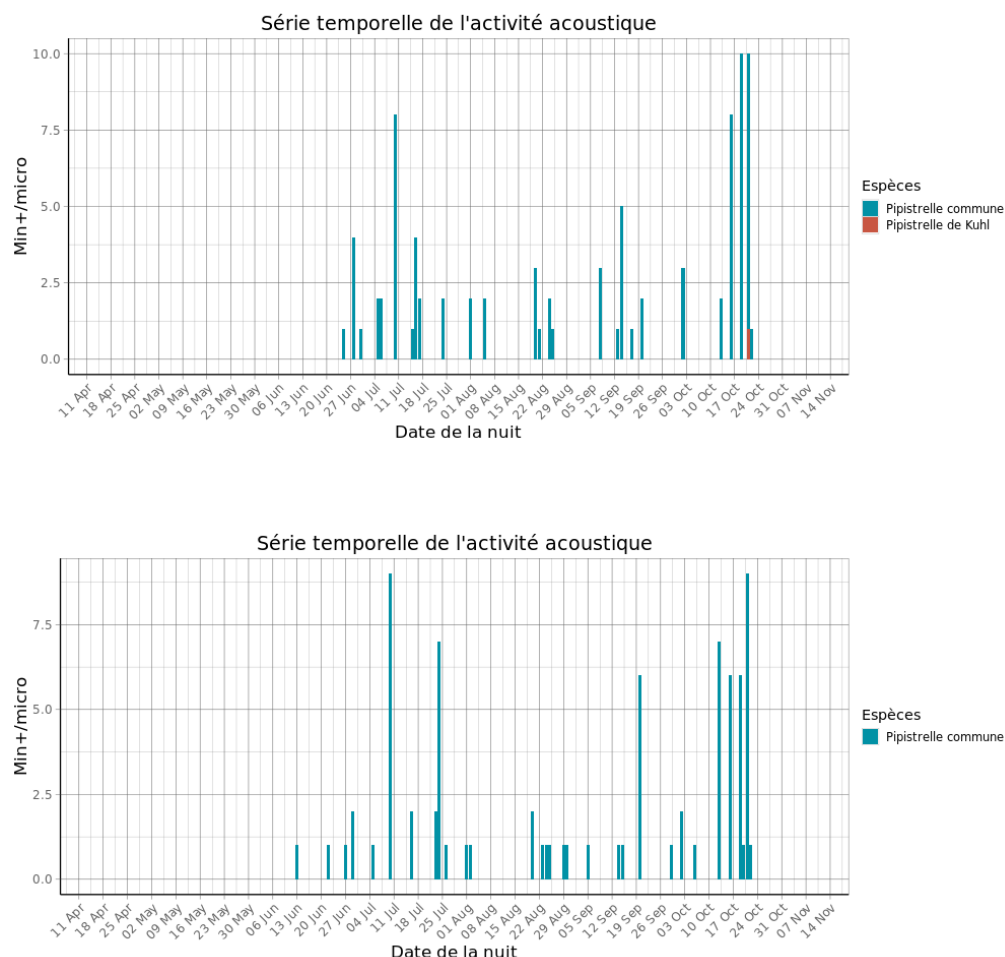


Figure 26 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E05 (haut) et E14 (bas) sur la période de réalisation du suivi mortalité (15 juin au 25 octobre 2019)

Pour le suivi de l'activité acoustique, on remarque une activité globale faible avec un pic plus marqué sur la période automnale à la mi-octobre (migration). Ponctuellement, des pics d'activités acoustiques estivaux en juillet ont été enregistrés liés à des conditions météorologiques très favorables et à de probables bloom d'insectes. L'activité de la *Pipistrelle de Kuhl* a été observé ponctuellement sur E05 en octobre période où l'espèce a également été contacté lors du suivi mortalité.

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique semblent plutôt bien concorder. Une bonne partie des découvertes a été réalisée en octobre là où l'activité a été également plus marquée.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

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

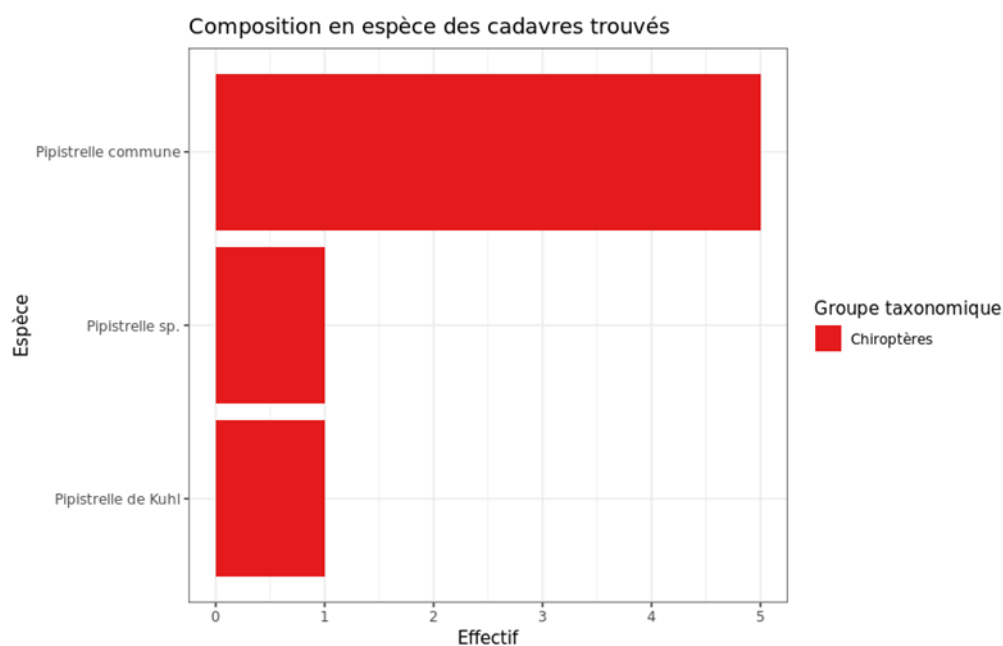


Figure 27 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Kergrist-Moëlou

Pour le suivi de mortalité, 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.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

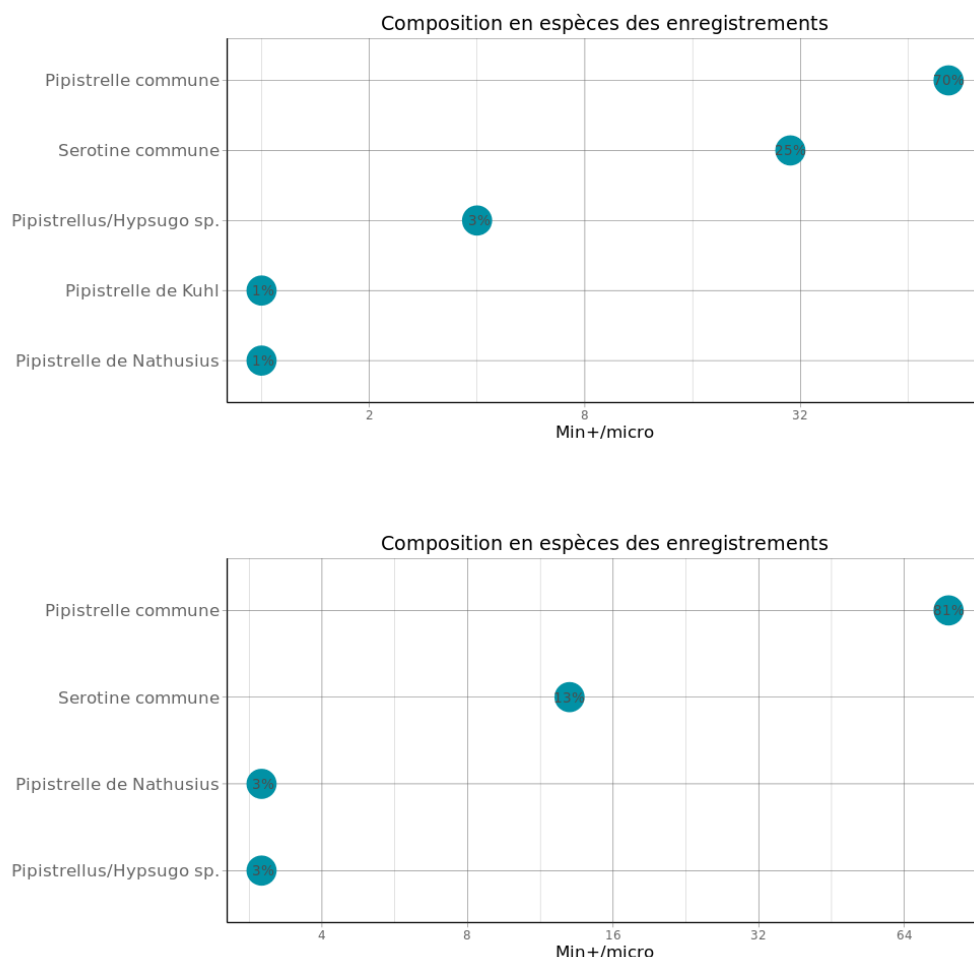


Figure 28 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle pour E05 (haut) et E14 (bas) sur la période de réalisation du suivi mortalité (15 juin au 25 octobre 2019)

Pour le suivi acoustique, 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.

La principale espèce découverte dans le cadre du suivi mortalité a également été détectée lors du suivi acoustique (Pipistrelle commune). La Pipistrelle de Kuhl découverte à une reprise durant le suivi mortalité fait partie des espèces très peu contactées dans le cadre du suivi acoustique (moins de 5% des contacts et sur une seule des deux éoliennes suivies).

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

Pour les 2 espèces de chiroptères découvertes au cours du suivi de mortalité, l'activité acoustique est différente.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Pour la Pipistrelle commune, l'activité est assez lissée au cours de la période du suivi de mortalité, avec une activité plus importante durant la mi-octobre en début de nuit.

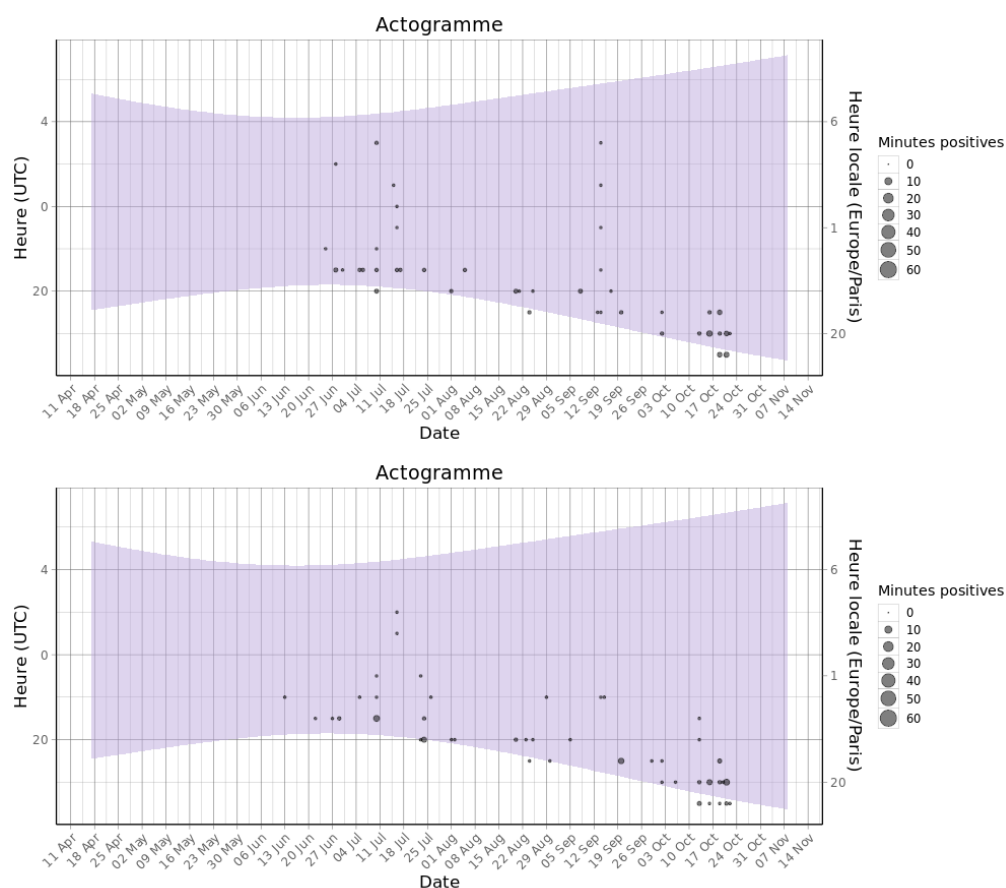


Figure 29 : Actogramme de la Pipistrelle commune pour E05 (haut) et E14 (bas) sur la période du suivi de mortalité

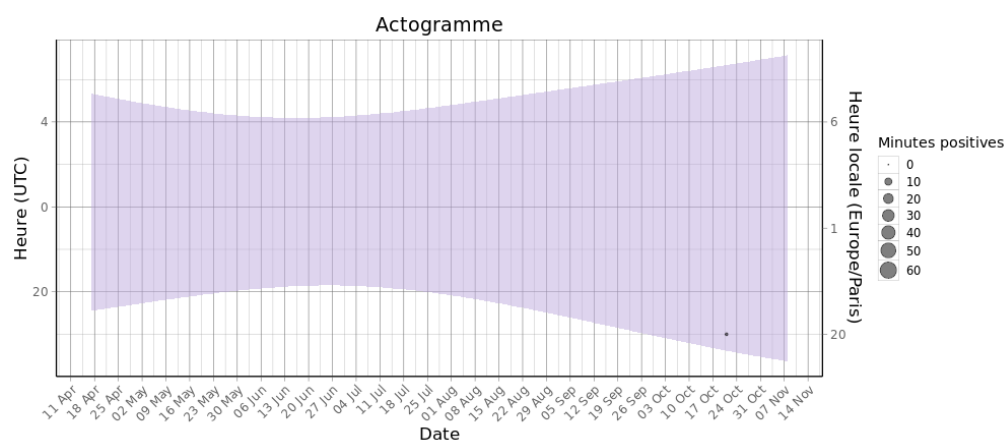


Figure 30 : Actogramme des pipistrelles de Kuhl sur la période du suivi de mortalité

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Pour la pipistrelle de Kuhl, l'activité a été ponctuelle (une nuit) le 20 octobre 2019 (E05) ce qui correspond en date à la seule observation de mortalité de l'espèce (E10).

Le bilan de la phénologie des découvertes de cadavres est présenté dans le tableau ci-dessous (Tableau 15 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces).

Tableau 15 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce et groupe d'espèces

Date	09/07	04/09	20/09	25/10	Total général
Pipistrelle commune	1	1		3	5
Pipistrelle de Kuhl				1	1
Pipistrelle sp.			1		1
<b>Total général</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>

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

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

Au niveau de la phénologie, la découverte des cadavres coïncide bien avec l'activité acoustique des deux éoliennes.

**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.

## 2.3 Evolution de l'activité en altitude 2013 entre 2019

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.

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



## 2 Synthèse et analyse des résultats

### 2.3.1 Espèces et activité.

Les deux 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 deux années.**

Tableau 16 Comparaison de l'activité en altitude entre 2013 et 2019

Activité en altitude (% de contacts de 5 s)			
	Suivi 2013	Suivi 2019 E05	Suivi 2019 E14
Pipistrelle commune	70%	71%	82%
Sérotine commune	19%	26%	11%
Pipistrelle de Kuhl / Nathusius	3%	3%	7%
Noctule de Leisler	8%	ND	ND
<b>Nombre total de contacts de 5s</b>	<b>37</b>	<b>335</b>	<b>232</b>

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

Les activités des années 2013 et 2019 diffèrent, probablement en raison des périodes d'enregistrement :

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

Tableau 17 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
Vitesse de vent (en m/s à 97 m) de fin d'activité des chiroptères	4.5 m/s (81%)	5.1 m/s (85%)	5.7 m/s (85%)
	7.5 m/s (100%)	7.4 m/s (99%)	7.4 m/s (99%)
Température (en °C à 97m) de début d'activité des chiroptères	15°C (100%)	10.0°C (99%)	10.9°C (99%)

### 2.3.3 Conclusion

**Malgré les différences d'effort et de méthode d'inventaire entre 2013 et 2019, les résultats semblent très similaires avec une richesse spécifique et une activité chiroptérologique d'un niveau faible en altitude.**

## 2 Synthèse et analyse des résultats

### 2.4 Evaluation des risques chiroptérologiques et définition des éoliennes prioritaires pour vérifier leur niveau de mortalité.

Pour rappel, les éoliennes présentent une hauteur de 99 m au niveau du moyeu et un diamètre de rotor de 82 m, soit une hauteur de bas de pales de 58 m par rapport au sol.

#### 2.4.1 Calcul des distances

Pour chaque éoliennes, la distance à la lisière la plus proche (boisement ou haie) a été calculée sous SIG (Système d'information géographique par le biais du logiciel QGIS 2) à une précision du mètre. A partir de cette mesure nous avons pu estimer la distance oblique qui correspond à la plus petite distance entre la canopée et le bout des pales en rotation. Pour estimer la distance oblique, nous avons appliqué une hauteur par défaut de la canopée de 7 m pour les haies et 10 m pour les boisements contenus des caractéristiques du site.

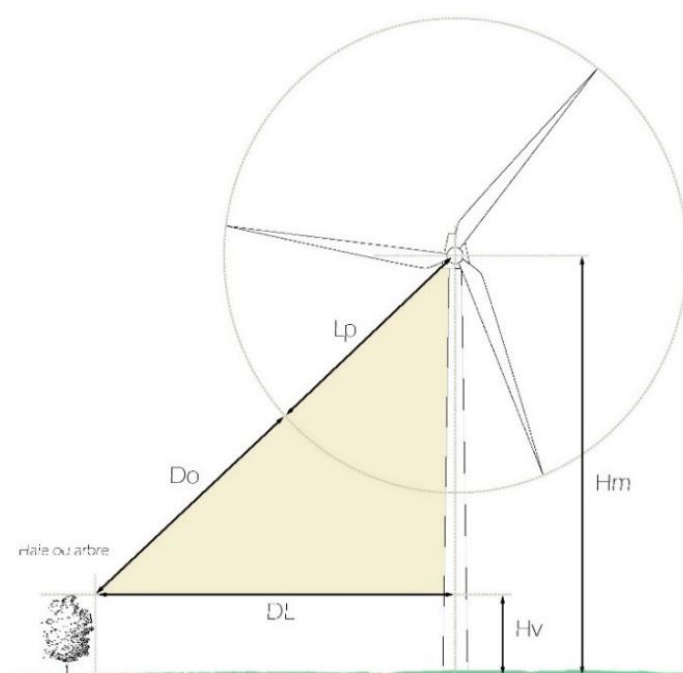


Figure 31 Schémas définissant des distances des lisières à l'éolienne

Lp : La longueur de pale ; Hm : La hauteur au moyeu ; Hv : La hauteur de la végétation, soit la hauteur de l'arbre, le boisement ou de la haie le/la plus proche de l'éolienne considérée ; DL : La distance latérale entre le mât de l'éolienne considérée et la frange extérieure de la végétation la plus proche

La distance linéaire varie de 14 m (haie) à 139 m (haie) alors que la distance oblique varie de 52.1 m à 125.7 m pour les mêmes situations.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Tableau 18 Distance des éoliennes aux lisières (en gras les plus proches en italique les plus éloignées)

Eolienne	Type de lisière	Distance à la lisière (DL) en mètre	Distance oblique (Do) en mètre
E01	Haie	44	61,0
E02	Haie	<b>25</b>	<b>54,3</b>
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	<b>14</b>	<b>52,1</b>
E09	Boisement	<b>38</b>	<b>55,8</b>
E10	Boisement	<b>29</b>	<b>52,6</b>
E11	Haie	<i>139</i>	<i>125,7</i>
E12	Haie	42	60,1
E13	Boisement	<i>127</i>	<i>114,1</i>
E14	Haie	37	58,2

### 2.4.2 Croisement des informations entre la distance et l'évaluation de la mortalité

Dans l'objectif de hiérarchiser les risques chiroptérologiques pour le parc, nous avons croisé les informations sur la distance aux lisières et les estimations de la mortalité (bornes supérieures des incertitudes suivant les estimations de la méthode de Huso, 2010)

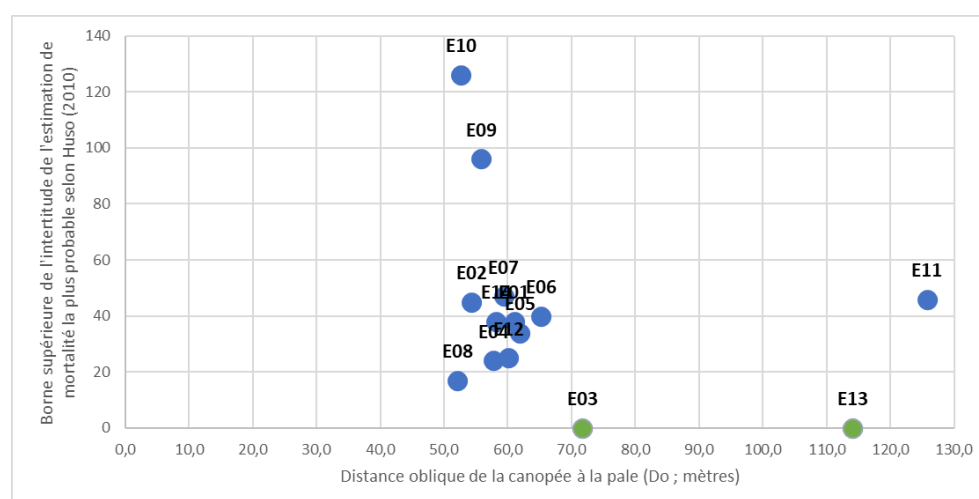


Figure 32 Relation entre la distance à la lisière la plus proche et les estimations de la mortalité (borne maximale de l'incertitude) selon la méthode de Huso (2010). Les éoliennes E03 et E13 n'avaient pas été suivies en 2019 notamment sur un critère de distance aux lisières et aucune estimation n'est disponible (point vert).

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Les éoliennes présentent une distance oblique globalement inférieure à 70 m sauf pour trois éoliennes E03, E13 et E11. Ces trois éoliennes ne présentent pas les risques les plus importants du fait de la proximité aux lisières même si un cadavre a été découvert sous E11. Par ailleurs, les éoliennes E03 et E13 avaient été exclues du suivi en 2019 conformément au protocole national de 2018.

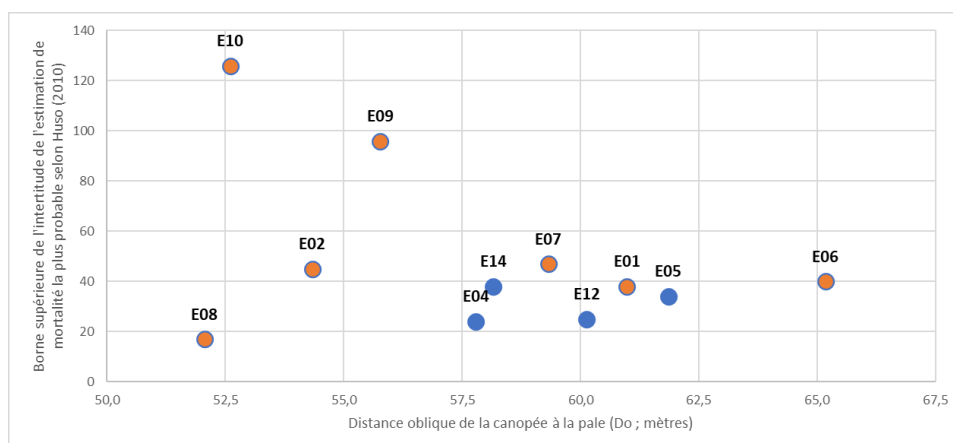


Figure 33 Relation entre la distance à la lisière la plus proche et les estimations de la mortalité (borne maximale de l'incertitude) selon la méthode de Huso (2010). En orange, les éoliennes sélectionnées comme prioritaires en termes de vérification du niveau de risque de mortalité (estimation probable supérieure à 10, incertitudes max supérieure à 40 en l'absence de cadavre découvert et distance oblique inférieure à 57 m)

Pour les éoliennes les plus proches des lisières, aucune relation entre la distance et les risques de mortalité n'a été observée. Ce constat peut s'expliquer en partie par le fait que les estimations et leurs incertitudes sont très dépendantes des contraintes de détections qui ont été importantes durant le suivi de 2019.

Aussi, les éoliennes dont l'évaluation de la mortalité reste à préciser sont :

- les éoliennes qui présentent les estimations de la mortalité les plus probables les plus fortes (supérieures à 10 individus pour la méthode de Huso, 2010) soit E01, E07, E09 et E10 ;
- les éoliennes qui présentent les incertitudes les plus importantes en l'absence de découverte de cadavre (borne supérieure de l'incertitude supérieure à 40) soit E02 et E06 ;
- les éoliennes présentant une distance oblique de moins de 57 m (soit une hauteur de pale de moins de 60 m au point le plus proche de la canopée) soit E02, E08, E09 et E10.

### 2.4.3 Conclusion

Ainsi, les 7 éoliennes, E01, E02, E06, E07, E08, E09 et E10 sont les éoliennes jugées prioritaires pour vérifier leur niveau de mortalité.

## 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 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).

L'ensemble des cadavres a été trouvé sur les 11 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.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 360 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 1.26 jours (E02, second test) à 6.66 jours (E08, second test).

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 6.8 à 12.6 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.

Ces chiffres semblent comparables 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).

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 comparable aux résultats fournis par la bibliographie et que 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.

## 2 Synthèse et analyse des résultats

Aussi, la mise en place de mesures correctives permettant de mieux préciser le niveau de mortalité du parc et ciblant les chiroptères est recommandée pour les éoliennes dont la mortalité semble la plus importantes à vérifier.

Aussi les mesures correctives suivantes sont préconisées :

---

Il est nécessaire de poursuivre le suivi de la mortalité en 2021 pour préciser les effectifs estimés de mortalité pour les chiroptères et les oiseaux pour les éoliennes identifiées comme prioritaires aussi bien du point de vue des estimations, des incertitudes mais aussi de leur proximité aux lisières. Les éoliennes identifiées sont au nombre de 7 : E01, E02, E06, E07 E08, E09 et E10.

Par ailleurs, si aucune activité en altitude n'a été identifiée en 2019 avant la mi-juin (pour deux éoliennes), les études menées au sol en 2013 ont montré une bonne richesse spécifique et une bonne abondance de chiroptères au sol. Il semble nécessaire d'étendre la période de suivi à l'ensemble de la période d'activité des chiroptères allant de la semaine S13 (début avril) à la semaine S43 (fin octobre).

Pour améliorer la précision des estimations, il serait pertinent de mettre en place une démarche de concertation avec les exploitants agricoles locaux afin de gérer spécifiquement les végétations lors de la réalisation des suivis. Cela pourrait permettre d'améliorer significativement l'efficacité de recherche globale des surfaces à prospecter et de réduire au minimum les incertitudes. Pour ce faire, il est possible de s'appuyer sur les résultats des tests d'efficacité de recherche pour cibler les hauteurs et le niveau de capacité de détection recherché.

Il est essentiel qu'un suivi d'activité acoustique en altitude soit réalisé en 2021 sur la même période que 2019 sur une seule nacelle (les deux écoutes simultanées de 2019 avaient été très similaires) comme l'éolienne E05 (déjà suivie en 2019 en écoute en altitude) afin d'évaluer le niveau d'activité entre 2019 et 2021.

Pour vérifier l'évolution des populations locales de chiroptères au niveau du parc de Kergrist-Moëlou, il serait opportun de réaliser une nouvelle fois la même étude que celle menée en 2013 avec le même protocole afin de pouvoir réévaluer le statut de conservation de ces populations.

---

3

## Bibliographie



### 3 Bibliographie

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

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

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

ARTHUR, L. & LEMAIRE, M. (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](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.

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

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

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

Site internet :

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

# A

## Annexes

## A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

### Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 19 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
09/07/2019	E06 AERODIS	<i>Apus apus</i>	Martinet noir	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	35 m
09/07/2019	E07 AERODIS	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Femelle	Collision avec pale	20 m
19/07/2019	E05 AERODIS	<i>Accipiter nissus</i>	Epervier d'Europe	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec pale	45 m
25/07/2019	E01 AERODIS	<i>Delichon urbicum</i>	Hirondelle de fenêtre	Frais	Adulte	Indéterminé	Collision avec pale	20 m
04/09/2019	E07 AERODIS	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Mâle	Collision avec pale	20 m
20/09/2019	E01 AERODIS	<i>Pipistrellus sp.</i>	Pipistrelle sp.	Sec	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	35 m
25/10/2019	E10 AERODIS	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Frais	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	10 m
25/10/2019	E09 AERODIS	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Adulte	Indéterminé	Barotraumatisme	15 m
25/10/2019	E11 AERODIS	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Adulte	Mâle	Collision avec pale	5 m
25/10/2019	E01 AERODIS	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Femelle	Collision avec pale	20 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](http://www.biotope.fr)