



BORALEX

Parc éolien de Bazougeais, communes de Noyal-Sous- Bazouges et Bazouges-la- Pérouse (35)

Parc Eolien de Bazougeais

BORALEX
avril 2023

Suivi de mortalité de
l'avifaune et des
chiroptères


biotope

Citation recommandée	Biotope, 2023, Parc éolien de Bazougeais, communes de Noyal-Sous-Bazouges et Bazouges-la-Pérouse (35), Suivi de mortalité de l'avifaune et des chiroptères. BORALEX. 78 p.	
Version/Indice	V1	
Date	avril 2023	
Nom de fichier	BORALEX_Bazougeais 2022_VT1_2023004020.docx	
Référence dossier		
Maître d'ouvrage	Parc Eolien De Bazougeais (Boralex)	
Interlocuteurs	Vézians DUPONT	Contact : vezians.dupont@boralex.com Tél : 06 31 22 45 86
Biotope, Rédaction de l'étude	Marta GALLARDO RUZ	Contact : mgallardo@biotope.fr
Biotope, Contrôleur qualité	Marine RIU	Contact : mriu@biotope.fr

Avant-propos

Le parc éolien est situé sur les communes de Noyal-Sous-Bazouges et Bazouges-la-Pérouse dans le département d'Ille-et-Vilaine (35). Ce parc est composé de 4 éoliennes Vestas V117/3300 3,3 MW (116,5 mètres au moyeu et 175 mètres en bout de pales), mises en service en 2021.

À la suite de sa récente implantation, le parc de Bazougeais devait faire l'objet d'un suivi environnemental, permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs, dans les 12 mois suivants sa mise en fonctionnement.

La société Boralex a missionné Biotope pour la réalisation du suivi de mortalité du parc éolien en 2022, ainsi que pour la réalisation d'une étude de l'activité 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 2022 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 Bazougeais.

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

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

Sommaire

1	Contexte de l'étude et aspects méthodologiques	8
1	Contexte – présentation du parc et données historiques	9
1.1	Présentation du parc	9
1.2	Rappel des enjeux de l'étude d'impact	11
2	Méthodologie appliquée	13
2.1	Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	13
2.2	Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	16
2.3	Conditions de réalisation du suivi de mortalité	23
2.4	Équipe de travail	32
2	Synthèse et analyse des résultats	33
1	Résultats du suivi de mortalité	34
1.1	Résultats bruts	34
1.2	Analyse des résultats	42
1.3	Synthèse du suivi de mortalité	49
2	Facteurs d'impact et mesures correctives	51
2.1	Analyse croisée avec l'étude d'impact	51
2.2	Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères	52
2.3	Évaluation du bridage	63
2.4	Conclusion	66
3	Mesures correctives	67
3	Bibliographie	72
	Annexes	75

Liste des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	23
Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (33 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).	26

Tableau 3 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 3 tests).	30
Tableau 4 : Équipe de travail	32
Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 17 juin 2022) des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	39
Tableau 6 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Bazougeais	40
Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 17 juin 2022) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe	41
Tableau 8 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauve-souris touchées par le parc de Bazougeais	41
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 32 passages	42
Tableau 10 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance et leur intervalle de confiance à 95% pour les deux tests de persistance pour chacune des quatre éoliennes. Les durées moyennes de persistance sont les valeurs retenues comme coefficient correcteur pour les estimations de mortalité.	43
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par type d'occupation du sol pour tous les cas de figure rencontrés (prospectés) durant le suivi. Les valeurs d'extrapolation renseignées à dire d'expert sont indiquées en gras .	44
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	46
Tableau 13 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi	47
Tableau 14 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi	48
Tableau 15 Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	51
Tableau 16 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce	59
Tableau 17 Caractéristique du bridage mis en place sur le parc de Bazougeais en 2022	64
Tableau 18 : Résultats du suivi mortalité	76

Liste des illustrations

Figure 1 : Eolienne BAZ1 le 17 mars 2022	9
Figure 2 : Eolienne BAZ2 le 17 mars 2022	9
Figure 3 : Eolienne BAZ3 le 17 mars 2022	10
Figure 4 : Eolienne BAZ4 le 17 mars 2022	10

Figure 5 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite BAZ 1, BAZ 2, BAZ 3 et BAZ 4)	11
Figure 6 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	14
Figure 7 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)	15
Figure 8 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	27
Figure 9 : Occupation du sol pour les éoliennes BAZ1, BAZ2, BAZ3, BAZ4 (de gauche à droite et de haut en bas) le 17 mars 2022 (1 ^{er} passage) et le 29 août 2022 (passage 25)	28
Figure 10 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. En haut évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, en bas synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble	29
Figure 11 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	30
Figure 12 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bazougeais	34
Figure 13 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite : Pipistrelle commune, Épervier d'Europe, Roitelet à triple bandeau © Biotope	35
Figure 14: Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bazougeais	35
Figure 15 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	36
Figure 16 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bazougeais. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.	37
Figure 17: Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	37
Figure 18 : Distribution des cadavres trouvés en dessous de l'éolienne BAZ 1, responsable de la mortalité la plus importante	38
Figure 19 : La rose des vents pour BAZ 1 concerne l'ensemble des vents observés de jour (à gauche) comme de nuit (à droite).	38
Figure 20 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque éolienne.	43
Figure 21 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2022 sur 224 jours	48
Figure 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Crêtes au cours du suivi de 2021 sur 161 jours	49

Figure 23 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Bazougeais	52
Figure 24 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne BAZ 3 sur la période de réalisation du suivi mortalité	53
Figure 25 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues de mars à novembre.	54
Figure 26 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit (zone en violet) et par tranche horaire, entre mars et novembre.	55
Figure 27 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mars à mai.	56
Figure 28 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à août.	56
Figure 29 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de septembre à décembre	57
Figure 30 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Bazougeais	58
Figure 31 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle (BAZ 3) sur la période de réalisation du suivi mortalité	58
Figure 32 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.	60
Figure 33 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité.	60
Figure 34 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle de Kuhl et le groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius rapporté au nombre d'heure de nuit.	61
Figure 35 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl et du groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité.	61

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

Le parc éolien de Bazougeais se situe sur les communes de Noyal-Sous-Bazouges et Bazouges-la-Pérouse dans le département d'Ille-et-Vilaine (35), en région Bretagne. Il est localisé entre Rennes et le Mont Saint-Michel, à environ 40 km au nord de Rennes et à environ 30 km au sud du Mont Saint-Michel.

Le parc, mis en service en 2021, comprend 4 éoliennes Vestas V117/3300 3,3 MW disposées selon une ligne courbe. Ces éoliennes ont une hauteur de 116,5 m au moyeu et disposent d'un rotor de 117 m de diamètre soit une hauteur en bas de pale de 58 m.

Le parc de Bazougeais se situe au sein d'une plaine agricole de polyculture-élevage avec un bocage encore bien présent dans certains secteurs.



Figure 1 : Eolienne BAZ1 le 17 mars 2022



Figure 2 : Eolienne BAZ2 le 17 mars 2022

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 3 : Eolienne BAZ3 le 17 mars 2022



Figure 4 : Eolienne BAZ4 le 17 mars 2022

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

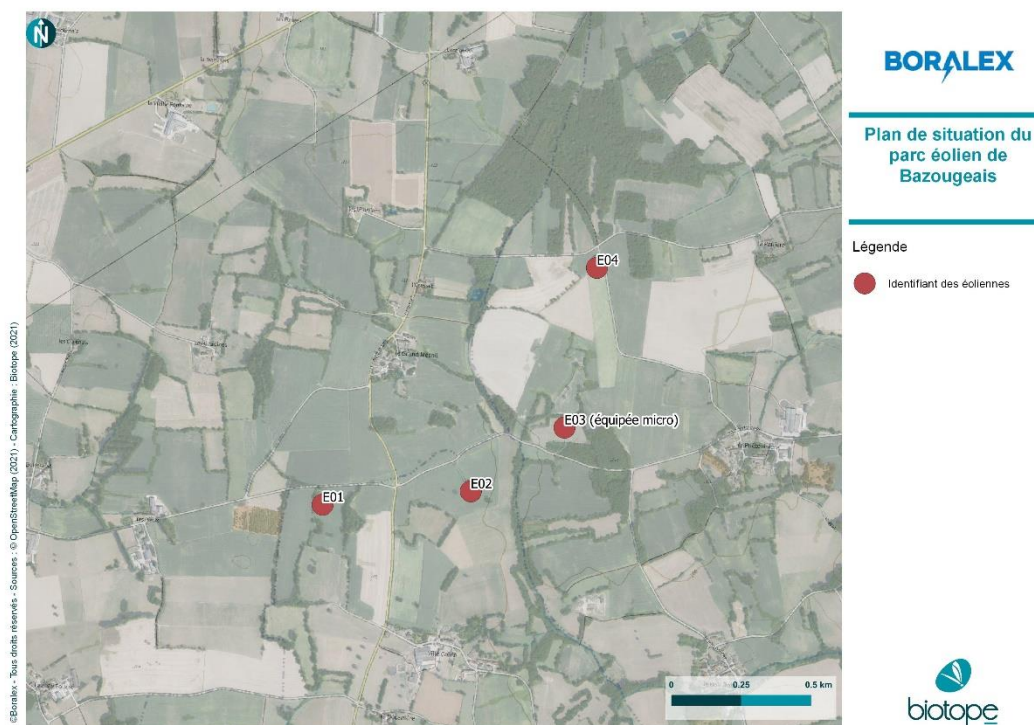


Figure 5 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite BAZ 1, BAZ 2, BAZ 3 et BAZ 4)

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 2017 afin de les comparer avec les résultats des suivis post-implantations réalisés en 2022.

1.2.1 Présentation des aires d'étude initiales

Plusieurs aires d'étude avaient été retenues pour l'état initial de l'étude d'impact :

- L'aire d'étude immédiate : zone d'implantation potentielle (ou ZIP) des éoliennes et ses abords proches (1 km autour de la zone potentielle d'implantation), située sur le territoire de 4 communes : Bazouges-la-Pérouse principalement, Noyal-sous-Bazouges au sud, Cuguen en limite Ouest et Trans-la-Forêt pour l'extrémité nord.
- L'aire d'étude naturaliste : elle correspond à la ZIP et ses abords. Elle est utilisée pour la réalisation de la partie faune/flore de l'étude d'impact et les thématiques liées (zones humides, occupation du sol).
- L'aire d'étude rapprochée : elle correspond, dans le cadre de l'étude paysagère à environ 3 km autour de la ZIP.
- L'aire d'étude intermédiaire : Elle contient l'ensemble des éléments structurants du paysage qui seront retenus pour la composition paysagère. Elle s'étend sur environ 10 kilomètres autour de la ZIP.
- L'aire d'étude éloignée : elle correspond à l'aire d'étude retenue pour l'analyse paysagère compte tenu des éléments du territoire et des caractéristiques du projet et ce, afin d'intégrer

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

l'ensemble des impacts sur les espaces perçus, reconnus et renommés. Ainsi elle correspond à une zone tampon d'environ 15 km à 20 km autour de la ZIP.

Les habitats présents sur la ZIP sont des secteurs de grande culture intensive, peu favorables à la présence de la flore sauvage. Ce sont des habitats soumis à une forte pression anthropique qui est en général peu favorable à la faune. Hormis pour les oiseaux et les chauves-souris, l'implantation des éoliennes ne devait pas avoir un impact significatif sur la biodiversité.

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

L'enjeu sur l'avifaune était faible en général.

Aucun couloir de migration pré-nuptiale n'a été établi.

Les oiseaux nicheurs observés correspondaient à des espèces communes. À l'exception des haies et boisements où les enjeux peuvent être qualifiés de moyens, l'enjeu sur l'avifaune nicheuse était considéré faible.

Concernant la migration post-nuptiale, des individus en migration ont été observés mais la migration semblait diffuse sur l'ensemble de la zone d'étude, sans présence d'une voie de migration clairement identifiée.

La fréquentation du site par l'avifaune hivernante était faible. Aucun rassemblement majeur n'a été observé. Le seul enjeu concernait la Mouette rieuse (hivernante déterminante ZNIEFF), mais présente avec des effectifs très restreints. Seuls les effectifs d'Alouette lulu (annexe I de la directive « Oiseaux ») ont été estimés importants.

La plupart des espèces d'oiseaux recensées sont des espèces communes. L'importance du site pour les oiseaux a été considérée comme faible sur toutes les phases de leur cycle biologique, à l'exception des haies et boisements où l'enjeu a été jugé moyen.

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

15 espèces de chauves-souris ont été recensées parmi les 21 espèces présentes en Bretagne : le Petit Rhinolophe, la Barbastelle d'Europe, la Pipistrelle pygmée, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl, l'Oreillard gris, l'Oreillard roux, la Sérotine commune, la Noctule de Leisler, le Murin de Bechstein, le Grand Murin, le Murin de Daubenton, le Murin à moustaches, le Murin d'Alcathoe et le Murin de Natterer.

Le site est considéré très favorable aux chauves-souris, notamment en été, lié aux activités d'épandage de lisier, qui attire les insectes (proies pour les chauves-souris), constituant ainsi des terrains de chasse intéressants. La présence d'une mare constitue aussi un terrain de chasse favorable aux chauves-souris.

Les potentialités de gîtes sont faibles à moyennes au sein des îlots boisés.

Le site semblait très favorable aux chauves-souris, avec un nombre important d'espèces recensées. Le site présente un intérêt comme terrain de chasse, en raison de la présence d'une mare et de la présence importante d'insectes liée aux épandages de lisier sur les cultures.

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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et protocole national

« Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement. »

L'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement est modifié conformément aux dispositions des articles 2 à 22 du présent arrêté. »

« Arrêté du 22 juin 2020 - art. 9 a modifié les dispositions suivantes :

Modifie Arrêté du 26 août 2011 - art. 12 (V) , L'article 12 est remplacé par : »

« Art. 12.-L'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du Préfet, ce suivi doit débuter dans les 12 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation afin d'assurer un suivi sur un cycle biologique complet et continu adapté aux enjeux avifaune et chiroptères susceptibles d'être présents. Dans le cas d'une dérogation accordée par le Préfet, le suivi doit débuter au plus tard dans les 24 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation.

« Ce suivi est renouvelé dans les 12 mois si le précédent suivi a mis en évidence un impact significatif et qu'il est nécessaire de vérifier l'efficacité des mesures correctives. A minima, le suivi est renouvelé tous les 10 ans d'exploitation de l'installation.

« Le suivi mis en place par l'exploitant est conforme au protocole de suivi environnemental reconnu par le ministre chargé des installations classées.

« Les données brutes collectées dans le cadre du suivi environnemental sont versées, par l'exploitant ou toute personne qu'il aura mandatée à cette fin, dans l'outil de télé-service de " dépôt légal de données de biodiversité " créé en application de l'arrêté du 17 mai 2018. Le versement de données est effectué concomitamment à la transmission de chaque rapport de suivi environnemental à l'inspection des installations classées imposée au II de l'article 2.3. Lorsque ces données sont antérieures à la date de mise en ligne de l'outil de télé-service, elles doivent être versées dans un délai de 6 mois à compter de la date de mise en ligne de cet outil.

« Dans le cas d'un projet de renouvellement d'une installation existante, autre qu'un renouvellement à l'identique ou une extension au sens de l'article R. 181-46-I du code de l'environnement, l'exploitant met en place un suivi environnemental, permettant d'atteindre les objectifs visés au 1er alinéa du présent article, dans les 3 ans qui précèdent le dépôt du porter à connaissance au préfet prévu par l'[article R. 181-46 du code de l'environnement](#). »

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 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

Nombre de sessions d'inventaire

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

semaine n°	1 à 19	20 à 30	31 à 43	44 à 52
Le suivi de mortalité doit être réalisé ...	Si enjeux avifaunistiques spécifiques	Dans tous les cas		Si enjeux avifaunistiques en période hivernale
Suivi d'activité des chiroptères	Si enjeux sur les chiroptères	Si pas de suivi en hauteur dans l'étude d'impact	Dans tous les cas	Si enjeux sur les chiroptères

Figure 6 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018

Nombre d'éoliennes suivies

Le protocole national invite à contrôler :

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

Méthode de collecte des données

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

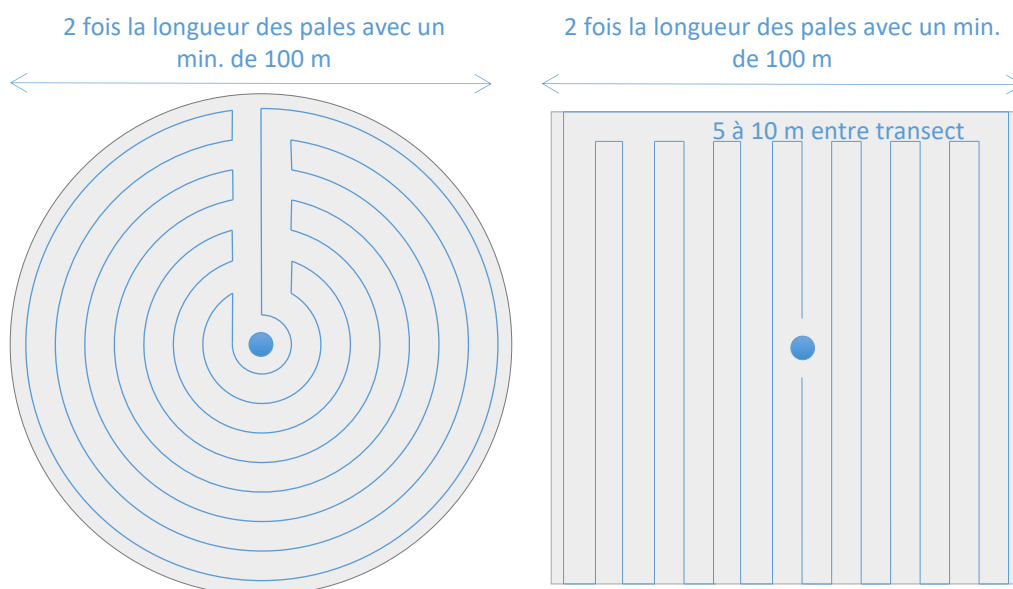


Figure 7 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018)

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

Tests de correction des résultats.

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

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

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

Analyse des résultats

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

- Un tableau des données brutes doit être fourni pour permettre une compilation quantitative et informative à l'échelle nationale ;
- Analyser les résultats, de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures ;
- Une analyse fine et qualitative des résultats doit être menée pour caractériser la mortalité par éolienne ;
- Croiser les résultats avec d'autres données ou avec les résultats d'autres types de suivi pour une interprétation des types de risques, des facteurs d'influence et orienter l'analyse vers l'efficacité des mesures ;
- Justifier et dimensionner les mesures correctives à mettre en place de façon proportionnée ;

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

- Estimer la mortalité pour permettre des comparaisons objectives et détecter les parcs à impacts significatifs pour la faune volante (intégrer coefficient surfacique, utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés dont Huso (2010) obligatoirement, préciser l'intervalle de confiance de l'estimation, etc.).

2.1.3 Obligations réglementaires complémentaires spécifiées dans l'arrêté préfectoral

L'arrêté préfectoral autorisant l'exploitation a stipulé des obligations réglementaires complémentaires :

- Un système de bridage suivant ces prescriptions :

Éolienne	BAZ 1		BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4
Conditions météorologiques	Température nocturne > 13° C, absence de pluie et vent à la hauteur de la nacelle < 5 m/s				Pas de bridage
Dates	Mi-juillet à fin septembre				
Horaires	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil	Trois premières heures de la nuit	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil		

- Un premier suivi environnemental de la fréquentation/activité des chiroptères et de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères sur les 3 premières années après la mise en service, puis une fois tous les 10 ans.
- Le suivi de mortalité, sur les 3 premières années de fonctionnement, sera réalisé la première année de mise en service sur une période prolongée par rapport au protocole national, de mi-mars à fin octobre à raison d'un comptage hebdomadaire soit environ 33 semaines. Au terme de la première année, et en fonction des résultats, la période de suivi pourra être adaptée après validation de l'inspection des installations classées.
- Le suivi de l'activité des chiroptères doit être couplé au suivi de mortalité et porter sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (de mi-mars à fin octobre).

Si des impacts significatifs étaient constatés lors des suivis, des actions devraient être mises en place après information de l'inspection des installations classées.

Si les suivis révèlent que les impacts des éoliennes relèvent d'une situation justifiant l'octroi d'une dérogation à la protection stricte des espèces, l'exploitant devra constituer une telle demande.

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 Bazougeais. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

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

Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

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

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

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

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'autres 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 à une probabilité globale de détection des cadavres**.

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

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

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

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

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

¹ Estimateur de référence obligatoire dans chaque étude.

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Détermination des coefficients correcteurs

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

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

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

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

Tel que demandé dans le protocole national, deux tests ont été réalisés dans le cadre du suivi de la mortalité. Ces deux tests sont réalisés par la méthode de l'échantillonnage stratifié en fonction des différents types d'occupation du sol que l'observateur est susceptible de prospecter tout au long du suivi. Le moment de réalisation des tests doit permettre de tester l'observateur dans un maximum de situations d'occupation du sol, à l'échelle de l'ensemble du parc éolien. De 10 à 15 leurres identiques sont disposés aléatoirement pour chaque catégorie d'occupation du sol à tester et sur l'ensemble du parc, à l'insu de l'observateur.

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Méthodes statistiques et incertitudes

- Évaluation du coefficient moyen de persistance des cadavres

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

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

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

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

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

- Évaluation des incertitudes

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Afin de déterminer les incertitudes des estimations de mortalités par éolienne, nous avons utilisé le théorème de Bayes tel qu'il est également utilisé dans le package R « carcass » (Korner-Nievergelt *et al.* 2015) et par Korner-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 meilleur stratification (intégration de tous facteurs influençant la détectabilité) pour décrire au plus juste la réalité du suivi. Toutefois, il n'est pas possible d'intégrer toutes les sources de variation, comme le travail des agriculteurs sur leurs parcelles. En effet, le travail du sol dépend de la météo et il est impossible de savoir à quel moment les agriculteurs vont passer sur leurs champs, entraînant l'enterrement involontaire/aléatoire des cadavres.

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

Méthode par transects circulaires

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

Ce protocole présente plusieurs avantages :

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

Les prospections s'effectuent à pied sous les éoliennes et dans un rayon de 58 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, 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 60 m et disposant de repères placés tous les 5 m permettant ainsi de tourner autour de l'éolienne tout en gardant un écartement constant entre chaque cercle. Ainsi, 11 cercles de diamètre variable ont été parcourus ainsi qu'un tour au pied de l'éolienne.

Pour chaque éolienne, nous prévoyons alors de parcourir 2 300 m de transect, à une vitesse de 2 km/h environ.

Données collectées

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

Détermination des cadavres

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

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

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

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

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

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

2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité

2.3.1 Prospections de terrain

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

Ainsi 33 passages ont été réalisés, à raison d'un passage par semaine, du 17 mars 2022 au 27 octobre 2022.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (33 passages)		
1	17/03/2022	Température: 9.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.8 km/h. Direction du vent: N
2	24/03/2022	Température: 13.3 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 3.2 km/h. Direction du vent: SO
3	31/03/2022	Nébulosité: 95%. Température: 5.8 °C. Pluie: 0.28 mm/h. Vitesse du vent: 13.2 km/h. Direction du vent: E
4	08/04/2022	Nébulosité: 99%. Température: 8.2 °C. Pluie: 0.98 mm/h. Vitesse du vent: 14.7 km/h. Direction du vent: E
5	14/04/2022	Nébulosité: 100%. Température: 16.9 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 3 km/h. Direction du vent: E
6	22/04/2022	Nébulosité: 92%. Température: 15.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 18.8 km/h. Direction du vent: NE
7	29/04/2022	Nébulosité: 98%. Température: 12.7 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 17.6 km/h. Direction du vent: N
8	05/05/2022	Nébulosité: 94%. Température: 13.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 14.5 km/h. Direction du vent: NO
9	12/05/2022	Nébulosité: 88%. Température: 13.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.8 km/h. Direction du vent: O

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
10	19/05/2022	Nébulosité: 96%. Température: 16.3 °C. Pluie: 0.09 mm/h. Vitesse du vent: 9.4 km/h. Direction du vent: NO
11	26/05/2022	Nébulosité: 99%. Température: 14.6 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 12.9 km/h. Direction du vent: O
12	02/06/2022	Nébulosité: 97%. Température: 17.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 13.8 km/h. Direction du vent: E
13	09/06/2022	Nébulosité: 96%. Température: 19.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.8 km/h. Direction du vent: SO
14	16/06/2022	Température: 22.1 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 3.6 km/h. Direction du vent: NO
15	23/06/2022	Nébulosité: 94%. Température: 18.8 °C. Pluie: 0.03 mm/h. Vitesse du vent: 7.6 km/h. Direction du vent: SO
16	01/07/2022	Nébulosité: 94%. Température: 16.2 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 7.2 km/h. Direction du vent: SO
17	08/07/2022	Température: 19.9 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 11 km/h. Direction du vent: NE
18	14/07/2022	Température: 19.1 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 23.2 km/h. Direction du vent: NO
19	22/07/2022	Nébulosité: 100%. Température: 18.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 22 km/h. Direction du vent: N
20	30/07/2022	Nébulosité: 88%. Température: 20.2 °C. Pluie: 0.01 mm/h. Vitesse du vent: 13.2 km/h. Direction du vent: O
21	01/08/2022	Nébulosité: 100%. Température: 19.5 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 11.3 km/h. Direction du vent: O
22	08/08/2022	Température: 22.4 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 21.8 km/h. Direction du vent: NE
23	15/08/2022	Nébulosité: 78%. Température: 22.5 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: NA Direction du vent: NA
24	22/08/2022	Nébulosité: 97%. Température: 20.9 °C. Pluie: 0.19 mm/h. Vitesse du vent: 5 km/h. Direction du vent: S
25	29/08/2022	Température: 22.3 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 17.6 km/h. Direction du vent: NE
26	05/09/2022	Nébulosité: 92%. Température: 23.1 °C. Pluie: 0.07 mm/h. Vitesse du vent: 17.3 km/h. Direction du vent: S
27	15/09/2022	Nébulosité: 98%. Température: 17.6 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.6 km/h. Direction du vent: N
28	23/09/2022	Nébulosité: 100%. Température: 15.2 °C. Pluie: 0.09 mm/h . Vitesse du vent: NA Direction du vent: NA
29	29/09/2022	Nébulosité: 95%. Température: 12.4 °C. Pluie: 0.36 mm/h. Vitesse du vent: 5.2 km/h. Direction du vent: SO
30	07/10/2022	Nébulosité: 88%. Température: 15.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 9.2 km/h. Direction du vent: S

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
31	13/10/2022	Nébulosité: 99%. Température: 16.3 °C. Pluie: 0.07 mm/h. Vitesse du vent: 14.6 km/h. Direction du vent: S
32	19/10/2022	Nébulosité: 75%. Température: 20.8 °C. Pluie: 0 mm/h. Vitesse du vent: 15.3 km/h. Direction du vent: SE
33	27/10/2022	Nébulosité: 94%. Température: 19.8 °C. Pluie: 0.02 mm/h. Vitesse du vent: 17.9 km/h. Direction du vent: S
Tests de prédation (3 tests)		
Test 1	25/04/2022	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 2	04/07/2022	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Test 3	19/09/2022	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4, j+7, j+10, j+14)
Tests d'efficacité de recherche (3 tests)		
Test 1	22/04/2022	Dépôt de 65 leurres
Test 2	01/07/2022	Dépôt de 60 leurres
Test 3	19/10/2022	Dépôt de 105 leurres

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.2 Occupation du sol et zones prospectées

Sur l'ensemble du suivi, les zones prospectées ont subi une forte évolution de l'occupation du sol (cf. Tableau 2, Figure 7, Figure 8). 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. C'est le cas aussi des cultures comme le maïs, lorsque celui-ci commence à prendre une certaine hauteur. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

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

Tableau 2 : Bilan de l'occupation du sol pour les quatre éoliennes sur l'ensemble de la période de suivi. Représentation en pourcentage des surfaces cumulées des différentes occupations du sol observées par éolienne et pour le parc sur l'ensemble de la période de suivi (33 passages). Les zones en gris foncées représentent les occupations du sol non prospectables tout ou partie du suivi (efficacité de recherche nulle), et en blanc les occupations du sol qui ont été prospectables la majeure partie de l'année de suivi (non prospectable que ponctuellement).

Milieux	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4	Total
Blé	5,2 %	7,2 %	/	10,6 %	5,76 %
Chaume	5,6 %	4,8 %	1,5 %	13,4 %	6,33 %
Haie	5,2 %	0,6 %	4,1 %	/	2,46 %
Labour	14,7 %	14,5 %	4,8 %	15,3 %	12,31 %
Maïs	39,3 %	41,1 %	5,5 %	27,2 %	28,28 %
Moutarde	/	/	/	3,2 %	0,80 %
Plateforme	19,6 %	19,8 %	21,1 %	21,1 %	20,38 %
Prairie naturelle	/	/	63 %	/	15,75 %
Prairie semée	10,4 %	12,1 %	/	3,7 %	6,56 %
Route	/	/	/	5,5 %	1,37 %
Total général	100%	100%	100%	100%	100%

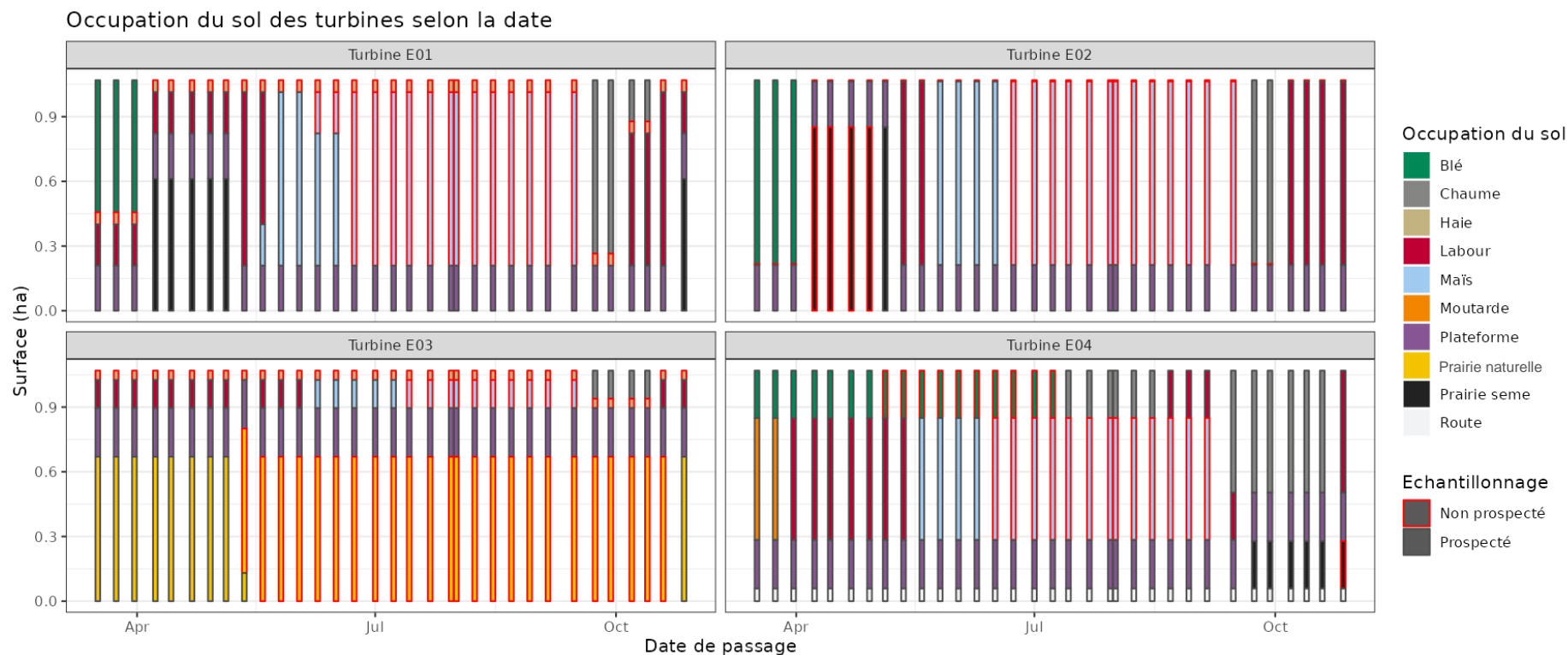


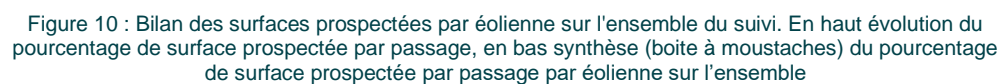
Figure 8 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques



Figure 9 : Occupation du sol pour les éoliennes BAZ1, BAZ2, BAZ3, BAZ4 (de gauche à droite et de haut en bas) le 17 mars 2022 (1^{er} passage) et le 29 août 2022 (passage 25)

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



1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

2.3.4 Réalisation des tests de prédation

Les trois tests de prédation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de prédation ont été réalisés par l'opérateur en charge du suivi de mortalité. La pose (J0) a été réalisée en début de semaine en dehors du cadre habituel d'un passage hebdomadaire « suivi de mortalité ». 40 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées seulement une fois par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 58 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, J+4, J+7, J+10, J+14), tôt le matin, pendant deux semaines. L'opérateur avait la charge de noter la présence de tous les cadavres avec identification et localisation des cadavres disparus à chaque passage dédié.

2.3.5 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 10-15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 60 à 105 leurres disposés par test, Tableau 3). La pose est réalisée tôt le matin avant le lancement du suivi. Des leurres non organiques ont été déployés (pas de risques de disparition par les prédateurs). La position de chaque leurre est enregistrée au GPS. Le test se déroule pendant la réalisation du suivi de mortalité par l'observateur selon le protocole habituel des transects circulaires. L'observateur a noté et localisé les leurres retrouvés et l'opérateur en charge du test contrôle à la fin du suivi de mortalité le nombre de leurres découverts par catégorie d'occupation du sol testée.



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

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

	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4	Parc ensemble
Occupations du sol					
Chaume	-	-	-	15	15
Labour	36	9	30	-	75
Maïs	-	-	15	-	15

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4	Parc ensemble
Plateforme	15	10	12	23	60
Prairie naturelle	-	-	15	-	15
Prairie semée	5	-	-	15	20
Route	-	-	-	30	30
Hauteurs de végétation (cm)					
0	30	10	27	53	120
5	21	9	-	-	30
10	-	-	15	-	15
30	-	-	15	15	30
35	-	-	-	15	15
40	-	-	15	-	15
60	5	-	-	-	5
Dates de tests					
22/04/2022	24	1	35	5	65
01/07/2022	4	6	20	30	60
19/10/2022	28	12	17	48	105
Total	56	19	72	83	230

2.3.6 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs. C'est pour cette raison que la majeure partie du suivi a été réalisée par la même personne (qui a été testée) et que son remplacement par une tierce personne n'a été que ponctuel durant le suivi (7 / 33 passages réalisés).

La capacité de détection est variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol. Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les trois tests réalisés, ce sont 7 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 7 hauteurs différentes de végétation.

Il est à noter que les 4 éoliennes n'ont pas été prospectées sur la totalité de leur surface durant une grande partie du suivi en raison de l'occupation des sols, en raison de la hauteur des prairies et des cultures de maïs et blé.

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
Contrôle qualité	Marine RIU
Chef de projet Responsable du projet Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (2 sessions)	Michaël GUILLON
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session) Rédaction de l'étude	Marta GALLARDO RUIZ
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (26 sessions)	Kévin RICHARD
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session)	Nolan OUVRARD
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session)	Sven NORMANT
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session)	Youenn FOULIARD
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (1 session)	Maelann COUTURIER

2

Synthèse et analyse des résultats

2 Synthèse et analyse des résultats

1 Résultats du suivi de mortalité

1.1 Résultats bruts

1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 21 cadavres ont été trouvés au sein du parc de Bazougeais, dont 11 oiseaux (5 espèces) et 10 chauves-souris (2 espèces) entre le 17 mars 2022 et le 19 octobre 2022.

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

Les espèces d'oiseaux trouvées sont le **Roitelet à triple bandeau** (4 individus), le **Pigeon ramier** (2 individus), l'**Épervier d'Europe** (2 individus), la **Corneille noire** (2 individus) et le **Goéland brun** (1 individu). Une des Corneille noire a été trouvée en dehors du cadre du protocole de passage hebdomadaire, de façon fortuite, le 4 juillet, pendant la réalisation du deuxième test de prédation. Par conséquent, cet individu n'apparaît pas comptabilisé dans les figures suivantes.

Les espèces de chauves-souris sont la **Pipistrelle commune** (8 individus) et la **Pipistrelle de Kuhl** (2 individus). Une des Pipistrelle commune a été trouvée en dehors du cadre du protocole de passage hebdomadaire, de façon fortuite, le 18 octobre, pendant la réalisation du troisième test de prédation. Par conséquent, cet individu n'apparaît pas comptabilisé dans les figures suivantes.

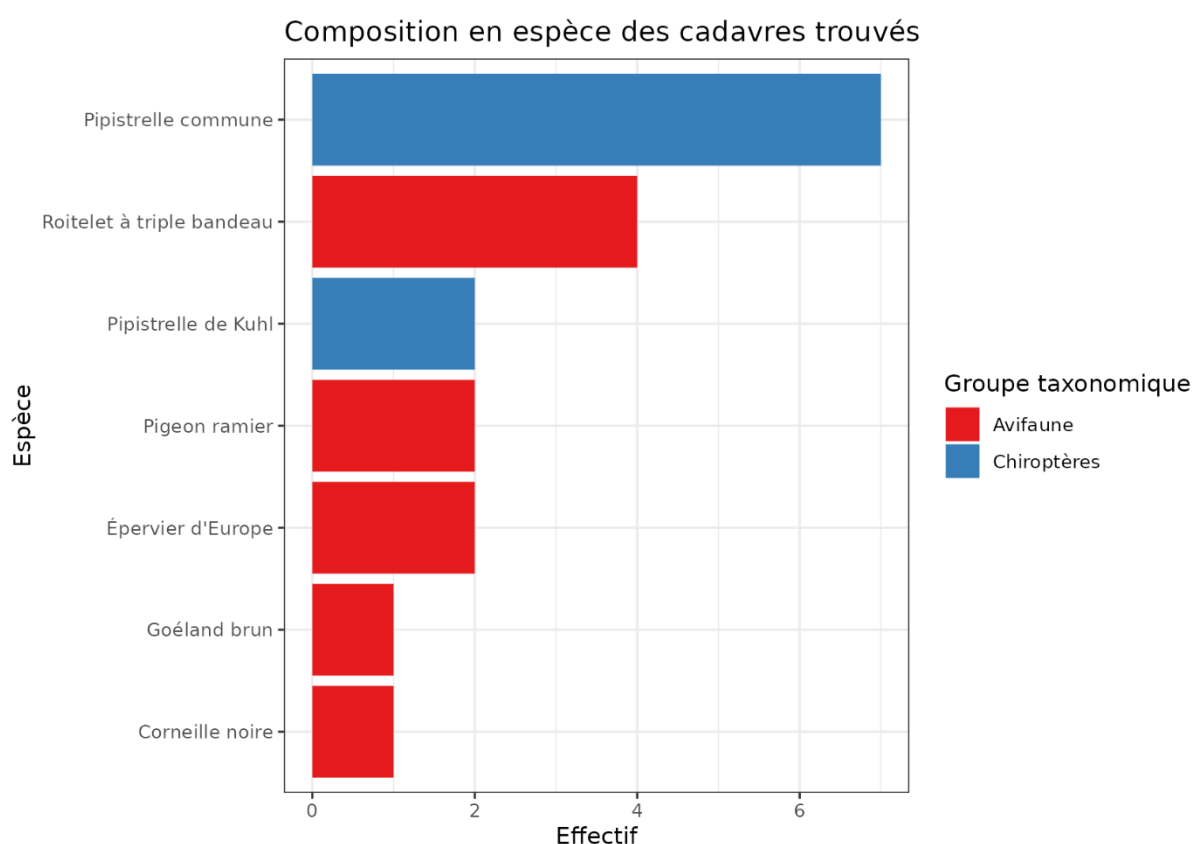


Figure 12 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bazougeais

2 Synthèse et analyse des résultats



Figure 13 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite : Pipistrelle commune, Épervier d'Europe, Roitelet à triple bandeau © Biotope

Au niveau phénologique, on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés tout le long du suivi. Il paraît néanmoins qu'il y a un pic de mortalité à la fin du suivi, lié à la migration des Roitelets à triple bandeau (4 cadavres entre mi-septembre et fin octobre).
- La plupart des cadavres de chiroptères (8 sur 10) ont été retrouvés sur la période de swarming/transit automnal.

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

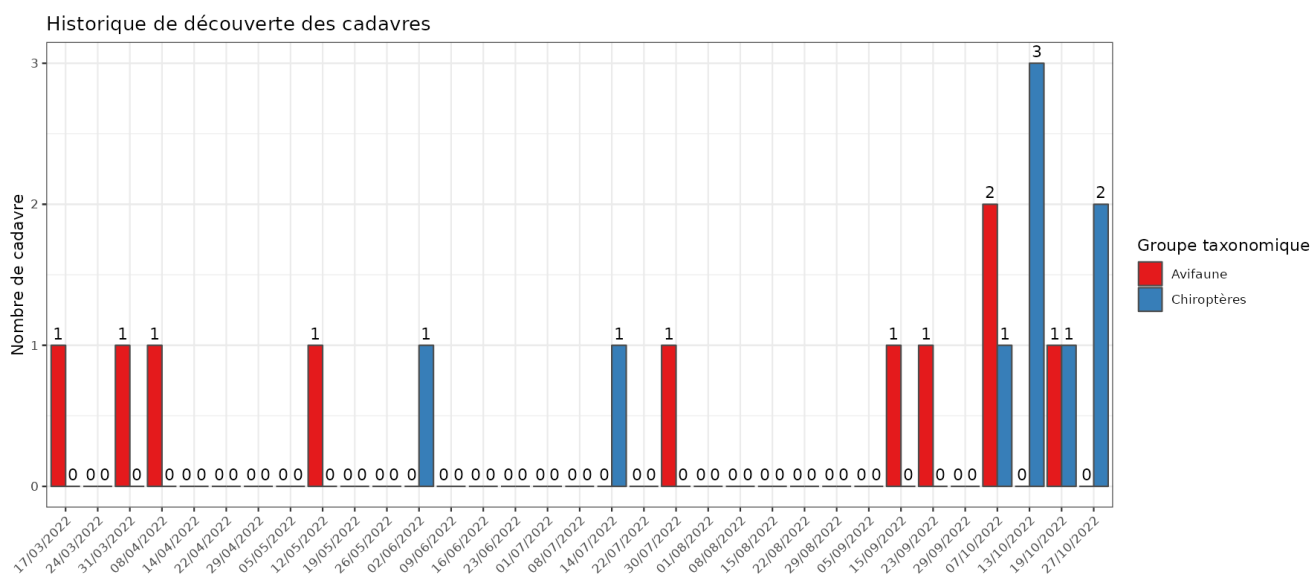


Figure 14: Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bazougeais

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse de la mortalité par éolienne montre que toutes les éoliennes sont impliquées dans la mortalité observée sur le parc de Bazougeais. Pourtant, à partir des données brutes, 2 éoliennes semblent responsables de la plupart de la mortalité : BAZ 1 (10 individus, parmi lesquels, la Corneille noire non comptabilisée, car trouvée en dehors du protocole) et BAZ 4 (7 individus, parmi lesquels, la Pipistrelle commune non comptabilisée, car trouvée en dehors du protocole).

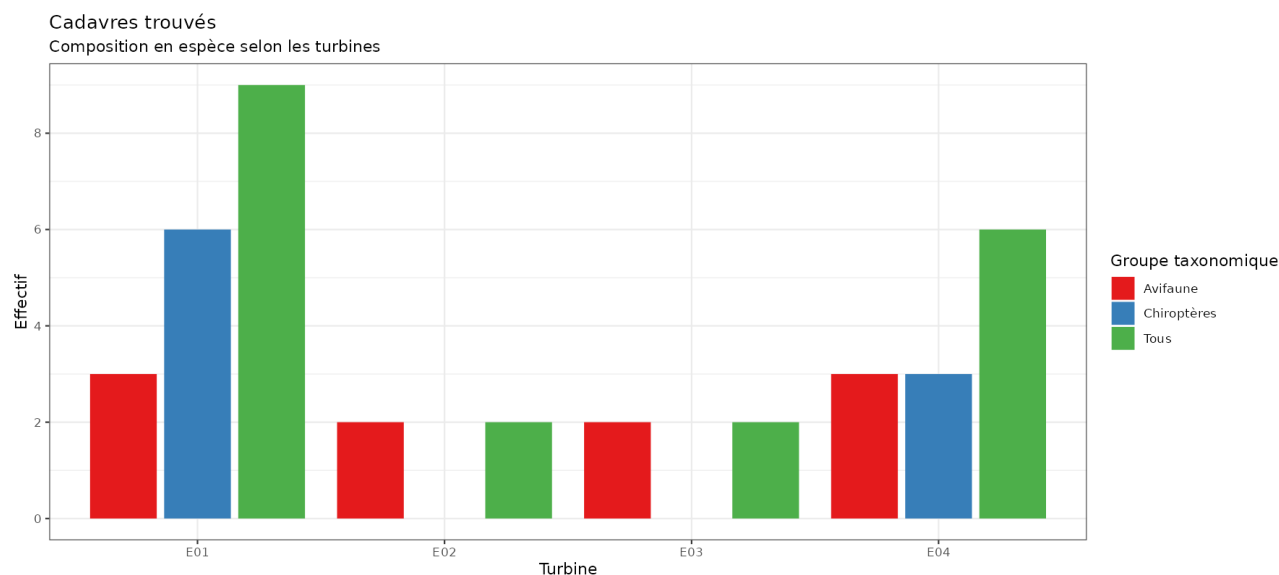


Figure 15 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

L'ensemble des éoliennes présente des cas de mortalité pour l'avifaune. Seules BAZ 1 et BAZ 4 présentent des cas de mortalité pour les chiroptères. Les mortalités brutes recensées varient fortement entre les éoliennes, comprises entre 2 et 10 cadavres pour l'ensemble des deux groupes.

A partir des données brutes, l'éolienne la plus mortifère correspond à BAZ 1.

1.1.3 Répartition spatiale des observations

Des cas de mortalité ont été relevés sur l'ensemble des distances prospectées.

Si l'on regarde la localisation des cadavres par rapport aux éoliennes suivies, les distances aux mât semblent assez homogènes entre les deux groupes, en moyenne à peine un peu plus proches de l'éolienne pour les oiseaux que pour les chiroptères.

Les découvertes ont été plus fréquemment réalisées au nord et à l'ouest des éoliennes.

2 Synthèse et analyse des résultats

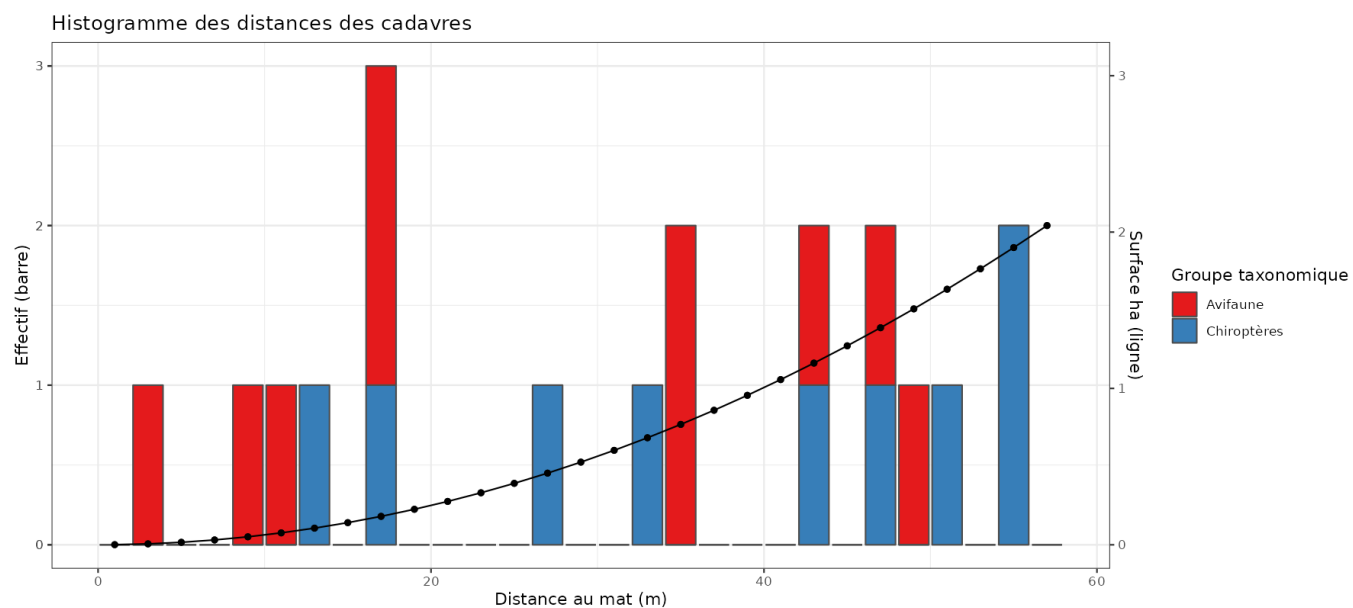


Figure 16 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bazougeais. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

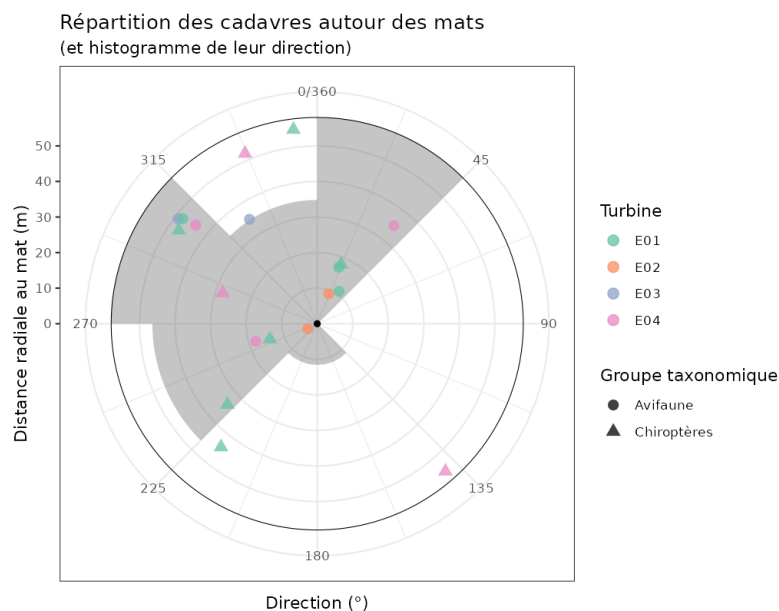


Figure 17: Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En gris, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

Les observations réalisées semblent se distribuer de façon quasi-homogène tout au long du radius des pales mais se concentrent davantage au nord et à l'ouest.

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.4 Focus sur la répartition spatiale des observations pour BAZ 1

L'éolienne BAZ1 est celle sous laquelle le plus de cadavres ont été rencontrés. Cette mortalité paraît être associée spatialement à la présence d'une haie orientée dans un axe nord-sud à l'ouest du mât, à proximité de laquelle 5 Pipistrelles communes sur les 8 cadavres appartenant à cette espèce ont été trouvées. Cette haie suit l'orientation des vents dominants nocturnes sur le parc, à savoir, les vents en direction nord, ce qui pourrait expliquer l'attrait de cette haie comme corridor pour les déplacements des Pipistrelles communes. Toutes les Pipistrelles communes tuées sous cette éolienne sont mortes en automne, en période de swarming/transit automnal.



Figure 18 : Distribution des cadavres trouvés en dessous de l'éolienne BAZ 1, responsable de la mortalité la plus importante

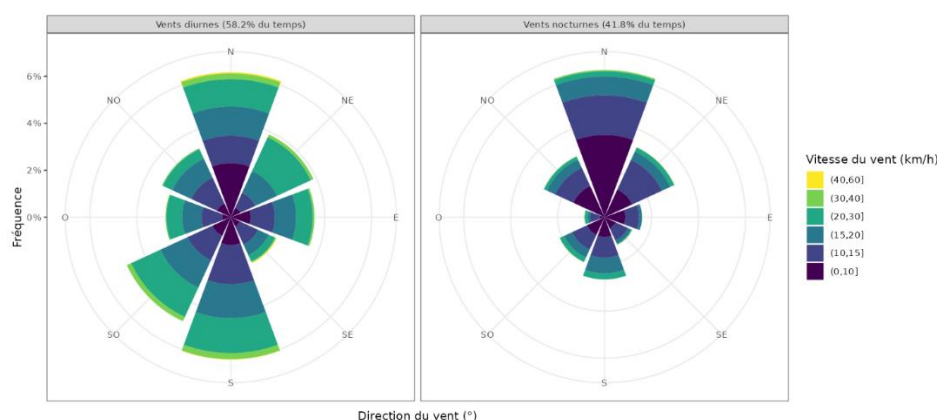


Figure 19 : La rose des vents pour BAZ 1 concerne l'ensemble des vents observés de jour (à gauche) comme de nuit (à droite).

2 Synthèse et analyse des résultats

1.1.5 Description des oiseaux retrouvés

11 individus répartis au sein de 5 espèces ont été retrouvés et identifiés sous les éoliennes du parc de Bazougeais : le **Roitelet à triple bandeau**, le **Pigeon ramier**, l'**Épervier d'Europe**, la **Corneille noire** et le **Goéland brun**.

A titre de comparaison, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 17 juin 2022) sur la mortalité de l'avifaune liée à l'éolien en Europe permet de faire un bilan des espèces *a priori* les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle européenne (base de données compilant des informations fournies de façon volontaire).

On constate que le Roitelet à triple bandeau est la première espèce impactée en France et qu'elle est au 14^{ème} rang sur 269 espèces européennes. Les autres espèces sont moins impactées et occupent les rangs des 13^{èmes} à 28^{èmes} espèces les plus impactées en France et des 13^{èmes} à 41^{èmes} espèces les plus impactées en Europe. Le Pigeon ramier, l'Épervier d'Europe et la Corneille noire sont des espèces très impactées en Allemagne et le Goéland brun l'est davantage en Belgique.

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

Tableau 5 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 17 juin 2022) 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	Bazougeais	GR	NL	Total (hors Bazougeais)
Roitelet à triple bandeau	14	1	1	2	8	3	45		45	196	4			302
Pigeon ramier	15	13	5	12			194		14	39	2		12	279
Épervier d'Europe	41	27	1	4			41	1	18	14	2	1	1	81
Corneille noire	31	24	6	1			52	2	12	16	2		14	116
Goéland brun	13	28		202			62		4	13	1	1	27	309

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 2017, on peut constater que toutes les espèces avaient bien été contactées lors de 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 Bazougeais à l'échelle régionale, française et européenne.

Ces cinq espèces ne possèdent pas de statut de patrimonialité particulier que ce soit au niveau régional ou européen. Ce sont en effet, des espèces communes. Certaines espèces sont chassables à l'échelle européenne. C'est le cas du Pigeon ramier, chassable dans tout le

2 Synthèse et analyse des résultats

territoire européen (Annexe II A de la Directive Oiseaux). La Corneille noire est chassable en France et dans certains pays de l'Union Européenne (Annexe II B de la Directive Oiseaux). Au contraire, le Goéland brun est chassable dans certains pays européens, mais ne l'est pas en France (Annexe II B de la Directive Oiseaux).

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

Espèces	Directive Oiseaux	Protection nationale	Liste rouge France nicheur (2016)	Liste rouge Bretagne nicheurs (2015)	Liste rouge Bretagne migrateurs (2015)
Roitelet à triple bandeau	-	PN	LC	LC	DD
Pigeon ramier	Annexe II A	-	LC	LC	DD
Épervier d'Europe	-	PN	LC	LC	DD
Corneille noire	Annexe II B	PN	LC	LC	-
Goéland brun	Annexe II B	PN	LC	LC	LC

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

Partie 2 (A.II.B) : 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.

Listes rouges

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

Liste rouge des populations d'oiseaux nicheurs de Bretagne (Faune et Flore) (Bretagne Environnement, 2015)

LC : Préoccupation mineure NA : Non applicable, DD : données insuffisantes,

1.1.6 Description des chauves-souris retrouvées

10 individus ont été trouvés morts sur le parc de Bazougeais : 8 Pipistrelles communes et 2 Pipistrelles de Kuhl.

7 Pipistrelles communes (sur les 8 cadavres trouvés) et une Pipistrelle de Kuhl (sur les 2 cadavres trouvés) ont été trouvées en période de swarming/transit automnal. Bien que les Pipistrelles communes soient connues comme des espèces peu mobiles dont les gîtes d'été et d'hiver sont relativement proches, elles peuvent néanmoins parcourir des distances de 20 à 100 km. La Pipistrelle de Kuhl n'est pas connue pour être une espèce migratrice sur de longues distances.

On constate que la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl sont parmi les trois espèces les plus fréquemment impactées en France. La synthèse des données disponibles de Tobias Dürri (mise à jour le 17 juin 2022) sur les cadavres de chauves-souris relate :

2 Synthèse et analyse des résultats

- 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 5^{ème} espèce la plus impactée par les parcs éoliens en Europe et la 3^{ème} en France.

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

Tableau 7 : Tableau de synthèse « empirique » de Dürr (mis à jour le 17 juin 2022) des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe

Espèce/ Pays	Rang Europe	Rang France	BE	CH	CR	CZ	D	E	FR	Bazoug eais	NL	PT	RO	UK	Total (hors Bazoug eais)
Pipistrelle commune	1	1	28	6	5	16	780	211	1 124	8	15	323	6	46	2 569
Pipistrelle de Kuhl	5	3			144			44	221	2		51	10		471

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 2017, on constate que les deux espèces avaient été identifiées comme présentes. L'étude d'impact prévenait de l'intérêt que ce site présentait pour les chauves-souris en raison de son attrait comme terrain de chasse lié à la présence d'insectes attirés par les activités d'épandages agricoles.

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 Bazougeais à l'échelle de la France et de l'Europe.

Les espèces contactées sont strictement protégées en France et dans l'Union Européenne. Actuellement, les populations de Pipistrelle commune sont en diminution à l'échelle française, alors que celles de la Pipistrelle de Kuhl semblent en augmentation.

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

Espèce	Directive Habitats	Protection nationale	Liste rouge France (2017)	Liste rouge Bretagne (2015)
Pipistrelle commune	Annexe IV	PN	NT	LC
Pipistrelle de Kuhl	Annexe IV	PN	LC	LC

2 Synthèse et analyse des résultats

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 France et Bretagne

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

Liste rouges de Bretagne (Faune et Flore) (Bretagne Environnement, 2015) (2015).

LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacé

1.2 Analyse des résultats

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

1.2.1 Résultats des tests et calculs des coefficients correcteurs

Coefficient correcteur de surface (a)

Afin d'intégrer les surfaces non prospectées/non prospectables, nous avons calculé un coefficient de surface correspondant au taux de prospection de chaque passage de l'éolienne considérée (Tableau 9). La moyenne pondérée (par le temps entre passages) est le résultat retenu pour le calcul d'estimation de la mortalité par éolienne. Les coefficients correcteurs de surface moyens sont assez faibles (allant de 0,45 à 0,72). 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 32 passages

TurbID	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4
Quantile 2,5%	0,20	0,20	0,21	0,27
Premier quartile	0,20	0,20	0,21	0,47
Moyenne	0,64	0,58	0,47	0,72
Moyenne pondérée	0,63	0,57	0,45	0,72
Médiane	0,95	0,20	0,33	0,79
Troisième quartile	0,95	0,99	0,96	1,00
Quantile 97,5%	0,95	0,99	0,96	1,00

Coefficient de persistance (s)

Suite aux tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0.51) : « **Persistance ~ TurbID + 1** » avec une distribution loglogistic. Cela veut dire qu'il existe des différences significatives entre les différentes éoliennes, mais pas entre les dates de pose.

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

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

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

2 Synthèse et analyse des résultats

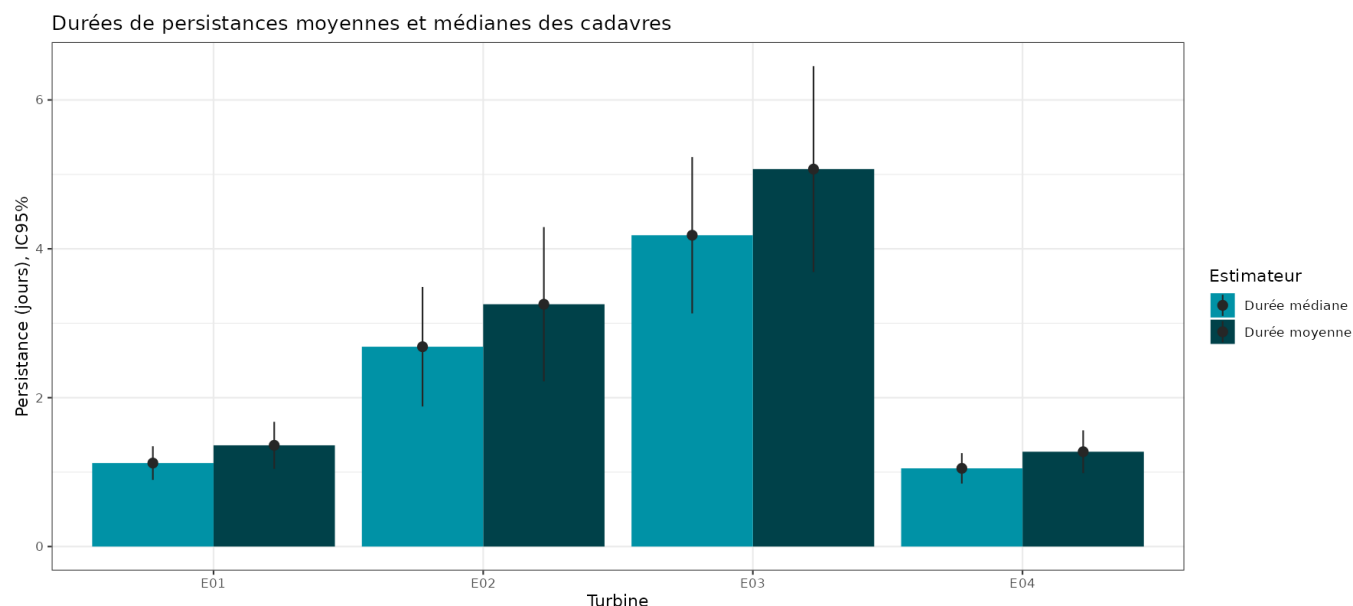


Figure 20 : Durées de persistance moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque éolienne.

L'ensemble des éoliennes présente donc un temps moyen de persistance bien en-dessous de la fréquence de passage de 7 jours (2,7 jours sur l'ensemble de la période pour les 4 éoliennes). Les intervalles de confiance montrent que l'évaluation de la prédation est bonne. La prédation a été forte durant l'ensemble du suivi pour l'ensemble du parc de Bazougeais.

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

	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4	Parc
Persistance moyenne (en jours)	1,4	3,3	5,1	1,3	2,7
Intervalle de confiance à 95%	[1,04 ; 1,68]	[2,22 ; 4,29]	[3,69 ; 6,45]	[0,99 ; 1,56]	

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 + Recouvrement** ». Nous avons ainsi pu déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figure d'occupations du sol et de recouvrement de végétation (densité) rencontrés par l'observateur durant le suivi.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction	Occupation du sol	Détections prédites	Détections observées	Type de prédiction
0 % Chaume	0,98 [0,74 ; 1]		Interpolation	0 % Plateforme	0,96 [0,88 ; 0,99]	0,96 [0,91 ; 1]	Estimation
5 % Chaume	0,95 [0,7 ; 0,99]		Interpolation	0 % Plateforme	0,96 [0,88 ; 0,99]	0,96 [0,91 ; 1]	Estimation
10 % Chaume	0,88 [0,63 ; 0,97]		Interpolation	5 % Plateforme	0,91 [0,74 ; 0,97]	0 [0 ; 0]	Interpolation
15 % Chaume	0,73 [0,46 ; 0,9]	0,73 [0,47 ; 0,93]	Estimation	10 % Plateforme	0,8 [0,41 ; 0,96]	0,8 [0,4 ; 1]	Estimation
15 % Chaume	0,73 [0,46 ; 0,9]	0,73 [0,47 ; 0,93]	Estimation	15 % Plateforme	0,6 [0,11 ; 0,94]		Interpolation
20 % Chaume	0,51 [0,2 ; 0,82]		Interpolation	20 % Plateforme	0,36 [0,02 ; 0,93]		Interpolation
30 % Chaume	0,13 [0,01 ; 0,73]		Interpolation	80 % Plateforme	0 [0 ; 0,81]		Interpolation
40 % Chaume	0,02 [0 ; 0,68]		Interpolation	95 % Plateforme	0 [0 ; 0,76]		Interpolation
50 % Chaume	0 [0 ; 0,63]		Interpolation	100 % Plateforme	0 [0 ; 0,75]		Interpolation
60 % Chaume	0 [0 ; 0,58]		Interpolation	0 % PN	1 [0,64 ; 1]		Interpolation
70 % Chaume	0 [0 ; 0,53]		Interpolation	5 % PN	1 [0,62 ; 1]		Interpolation
80 % Chaume	0 [0 ; 0,49]		Interpolation	10 % PN	1 [0,6 ; 1]		Interpolation
95 % Chaume	0 [0 ; 0,42]		Interpolation	15 % PN	1 [0,58 ; 1]		Interpolation
100 % Chaume	0 [0 ; 0,4]		Interpolation	20 % PN	1 [0,56 ; 1]		Interpolation
0 % Labour	0,8 [0,64 ; 0,9]	0,8 [0,63 ; 0,93]	Estimation	80 % PN	0,87 [0,27 ; 0,99]		Interpolation
0 % Labour	0,8 [0,64 ; 0,9]	0,8 [0,63 ; 0,93]	Estimation	95 % PN	0,27 [0,1 ; 0,54]	0,27 [0,07 ; 0,47]	Estimation
1 % Labour	0,77 [0,62 ; 0,87]		Interpolation	100 % PN	0,12 [0,03 ; 0,37]		Interpolation
2 % Labour	0,73 [0,6 ; 0,83]		Interpolation	0 % Prairie seme	0,6 [0 ; 1]		Interpolation
2 % Labour	0,73 [0,6 ; 0,83]		Interpolation	5 % Prairie seme	0,37 [0 ; 1]		Interpolation
5 % Labour	0,6 [0,43 ; 0,75]	0,6 [0,43 ; 0,77]	Estimation	10 % Prairie seme	0,18 [0 ; 1]		Interpolation
5 % Labour	0,6 [0,43 ; 0,75]	0,6 [0,43 ; 0,77]	Estimation	15 % Prairie seme	0,08 [0 ; 1]		Interpolation
10 % Labour	0,37 [0,13 ; 0,69]		Interpolation	20 % Prairie seme	0,03 [0 ; 1]		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
15 % Labour	0,18 [0,02 ; 0,66]		Interpolation	50 % Prairie seme	0 [0 ; 1]		Interpolation
20 % Labour	0,08 [0 ; 0,64]		Interpolation	70 % Prairie seme	0 [0 ; 1]		Interpolation
30 % Labour	0,01 [0 ; 0,59]		Interpolation	80 % Prairie seme	0 [0 ; 1]		Interpolation
80 % Labour	0 [0 ; 0,38]		Estimation	90 % Prairie seme	0 [0 ; 1]		Interpolation
95 % Labour	0 [0 ; 0,32]		Interpolation	95 % Prairie seme	0 [0 ; 1]		Estimation
100 % Labour	0 [0 ; 0,3]		Interpolation	100 % Prairie seme	0 [0 ; 1]		Estimation
0 % Maïs	1 [0,87 ; 1]		Interpolation	0 % Route	0,97 [0,79 ; 1]	0,97 [0,9 ; 1]	Estimation
5 % Maïs	0,99 [0,85 ; 1]		Interpolation	0 % Route	0,97 [0,79 ; 1]	0,97 [0,9 ; 1]	Estimation
10 % Maïs	0,98 [0,81 ; 1]		Interpolation	5 % Route	0,92 [0,55 ; 0,99]		Interpolation
15 % Maïs	0,94 [0,75 ; 0,99]		Interpolation	10 % Route	0,81 [0,22 ; 0,98]		Interpolation
20 % Maïs	0,87 [0,59 ; 0,97]	0,87 [0,67 ; 1]	Estimation	15 % Route	0,62 [0,05 ; 0,98]		Interpolation
25 % Maïs	0,71 [0,3 ; 0,93]		Interpolation	20 % Route	0,38 [0,01 ; 0,97]		Interpolation
30 % Maïs	0,49 [0,08 ; 0,91]		Interpolation	80 % Route	0 [0 ; 0,89]		Interpolation
40 % Maïs	0,12 [0 ; 0,86]		Interpolation	95 % Route	0 [0 ; 0,87]		Interpolation
80 % Maïs	0 [0 ; 0,72]		Interpolation	100 % Route	0 [0 ; 0,85]		Interpolation
95 % Maïs	0 [0 ; 0,66]		Interpolation	60 % Blé	1		Extrapolation
100 % Maïs	0 [0 ; 0,64]		Interpolation	80 % Blé	0,87		Extrapolation
35 % Moutarde	0,49		Extrapolation	80 % Blé	0,87		Extrapolation
				90 % Blé	0,27		Extrapolation

Les taux d'efficacité prédits des zones prospectées sont très variables en fonction du type d'occupation du sol et du recouvrement de la végétation.

2 Synthèse et analyse des résultats

1.2.2 Estimation de la mortalité

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

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible (entre 0.06 et 0.41 suivant les méthodes) et le coefficient de correction surfacique (a) est modéré également (entre 45% et 72% de surfaces prospectées). Par la combinaison des deux, les probabilités globales de détection varient de 0,04 à 0,20, c'est à dire un facteur démultiplicateur moyen de la mortalité observée allant respectivement de 5,0 à 26,5. **En ordre de grandeur, la mortalité la plus probable de chaque éolienne est entre 5 et 27 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait importants (détection globale faible à très faible).**

Les éoliennes BAZ 1 et BAZ 4 sont les éoliennes qui ont la plus faible probabilité de détection globale, BAZ 2 et BAZ 3 ont les probabilités de détection globale les plus fortes.

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

	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4
Probabilité détection $P(s,f)$				
Huso (2010)	0,14	0,34	0,39	0,14
Erickson <i>et al.</i> (2000)	0,14	0,35	0,41	0,14
Korner-Nievergelt <i>et al.</i> (2011)	0,06	0,26	0,37	0,06
Coefficient correcteur de surface a				
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,63	0,57	0,45	0,72
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$				
Huso (2010)	0,09	0,19	0,18	0,10
Erickson <i>et al.</i> (2000)	0,09	0,20	0,18	0,10
Korner-Nievergelt <i>et al.</i> (2011)	0,04	0,15	0,17	0,04

2 Synthèse et analyse des résultats

Estimation de la mortalité pour l'avifaune

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

Estimateurs	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	3	2	1	3	9
Huso (2010) [IC 95%]	33 [8 ; 88]	9 [2 ; 30]	5 [1 ; 24]	26 [8 ; 77]	73
Erickson <i>et al.</i> (2000) [IC 95%]	34 [9 ; 89]	10 [2 ; 29]	5 [1 ; 23]	27 [7 ; 75]	76
Korner-Nievergelt <i>et al.</i> (2011) [IC 95%]	84 [24 ; 205]	13 [3 ; 40]	7 [1 ; 26]	69 [20 ; 189]	173

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 73 à 173 individus sur l'ensemble du suivi. Sur 224 jours de suivi, 9 observations ont été réalisées entre mi-mars et mi-octobre.

Il faut rappeler que, à l'exception des 4 Roitelets à triple bandeau, les cadavres découverts sont des gros oiseaux : deux Pigeons ramiers, deux Épervier d'Europe, deux Corneille noire et un Goéland brun. Ces espèces ont une détection et possiblement une vitesse de disparation supérieures à celles déterminées dans le cadre des tests (ciblant des petits passereaux). Ainsi, la méthode peut engendrer une surestimation de la mortalité compte tenue des types de cadavres découverts.

Les éoliennes BAZ 1 et BAZ 4 présentent les estimations les plus importantes mais les incertitudes importantes associées ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres.

2 Synthèse et analyse des résultats

Synthèse des résultats du suivi de mortalité

Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (224 jours)

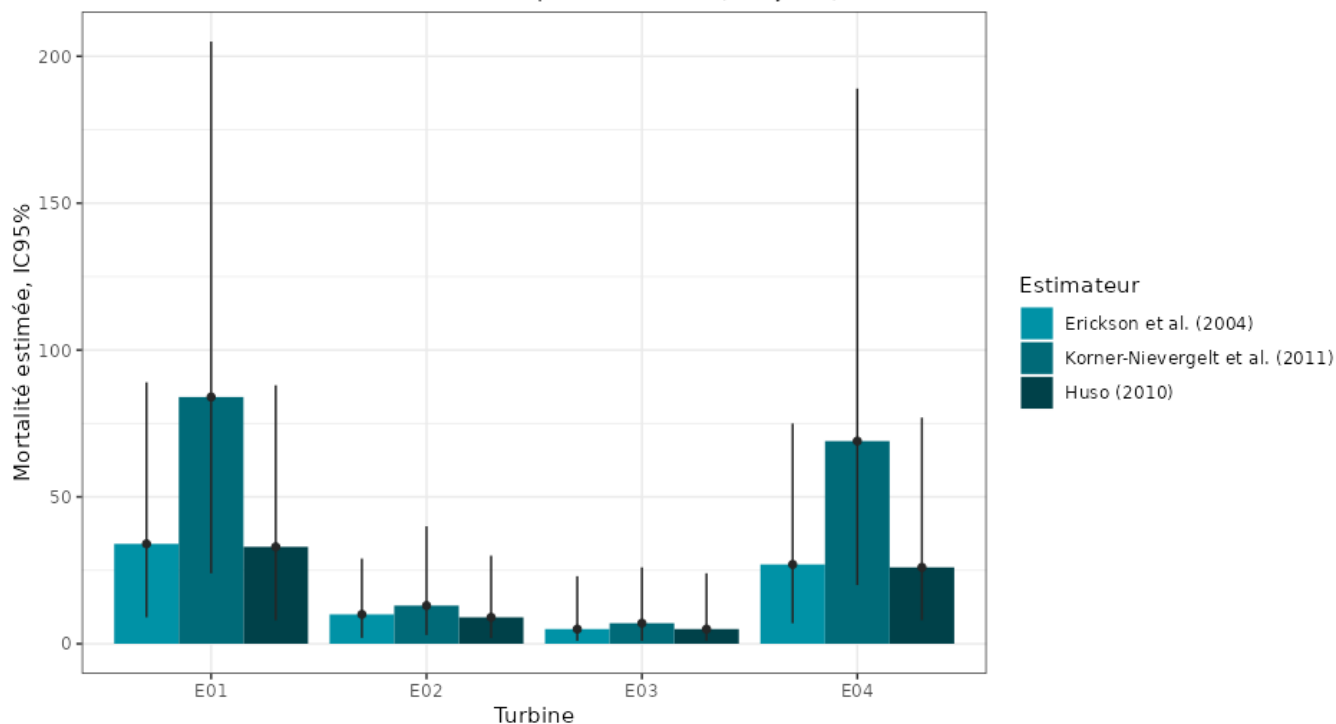


Figure 21 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2022 sur 224 jours

Estimation de la mortalité des chiroptères

• Éolienne BAZ 1 et BAZ 4

BAZ 1 et BAZ 4 sont les seules éoliennes qui présentent la découverte de cadavres de chauves-souris et pour lesquelles il est possible de calculer une mortalité estimée la plus probable. Les estimations de mortalité les plus probables sont comprises entre 66 et 163 individus pour BAZ 1 et entre 29 et 81 individus pour BAZ 4 sur une période de 224 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) très importants.

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

Estimateurs	BAZ 1	BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	6	0	0	3	9
Huso (2010) [IC 95%]	70 [29 ; 139]	0 [0 ; 14]	0 [0 ; 15]	31 [8 ; 77]	101
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	66 [28 ; 138]	0 [0 ; 13]	0 [0 ; 14]	29 [8 ; 76]	95
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	163 [74 ; 247]	0 [0 ; 18]	0 [0 ; 16]	81 [20 ; 188]	244

2 Synthèse et analyse des résultats

• Ensemble du parc

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des Chiroptères est de 95 à 244 individus sur l'ensemble du suivi. Sur 224 jours de suivi, 9 observations de cadavres ont été réalisées entre début juin et mi-octobre.

Les éoliennes BAZ 1 et BAZ 4 présentent les seules estimations probables de mortalité à l'échelle du parc. Les éoliennes BAZ 2 et BAZ 3 présentent des incertitudes faibles à modérées.

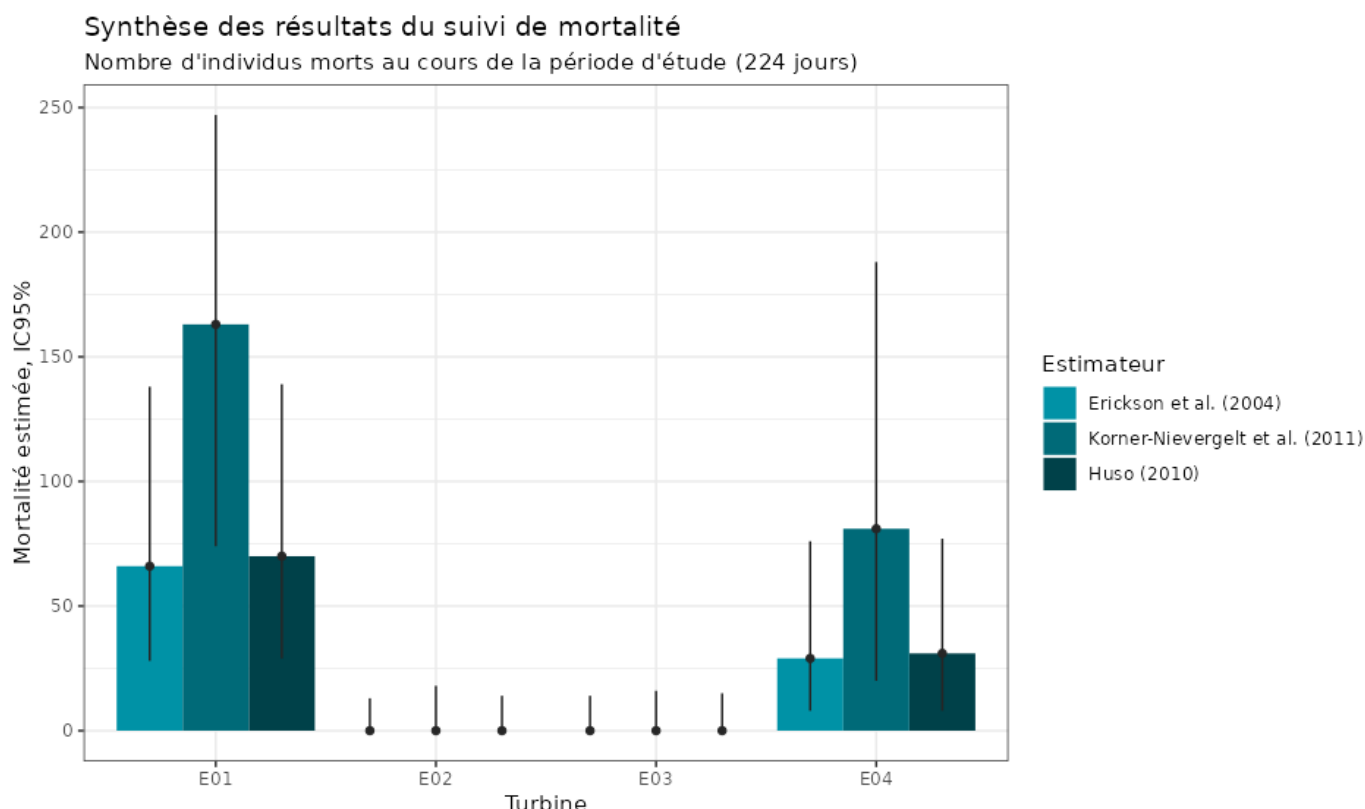


Figure 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Crêtes au cours du suivi de 2021 sur 161 jours

1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Le suivi de mortalité mené sur le Parc éolien de Bazougeais (4 machines) entre le 17 mars et le 27 octobre 2022 (224 jours) a conduit à l'observation de 21 cadavres, dont 11 oiseaux (5 espèces) et 10 chauves-souris (2 espèces). En effet, 5 espèces d'oiseaux (le Roitelet à triple bandeau, le Pigeon ramier, l'Épervier d'Europe, la Corneille noire et le Goéland brun) et 2 espèces de chiroptères (la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl) ont été retrouvées sous les éoliennes du parc suivi. Les spécimens retrouvés ont été observés sous toutes les éoliennes. La cause de la mort de tous les individus semble imputable aux éoliennes, que cela soit par collision ou par barotraumatisme. Les cadavres d'oiseaux ont été localisés de façon homogène le long du radius des pales.

Trois tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 120 rats (40 rats par test). Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été

2 Synthèse et analyse des résultats

hétérogènes entre les éoliennes du parc, avec un temps moyen de persistance des cadavres de 2,7 jours (entre 1,3 et 5,1 jours selon l'éolienne) et correspondant à une prédation forte.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (224 jours). Malgré une efficacité de recherche et un pourcentage des surfaces prospectées assez bons, les probabilités globales de détection sont faibles pour BAZ 1 et BAZ 4 et assez bonnes pour BAZ 2 et BAZ 3, notamment en lien avec la durée de persistance des cadavres observée lors des tests de prédation.

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 73 à 173 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi pour l'ensemble du parc de 4 éoliennes, soit **une moyenne de 18,25 à 43,25 oiseaux par éolienne sur la période de suivi (224 jours)**. Il faut rappeler que 7 cadavres sur 11 cadavres découverts sont des oiseaux de grande taille : 2 Pigeons ramiers, 2 Éperviers d'Europe, 2 Corneilles noires et un Goéland brun, dont la détection et possiblement la vitesse de disparation est supérieure à celles déterminées dans le cadre des tests (ciblant des petits passereaux). **Aussi, la méthode peut engendrer une surestimation de la mortalité compte tenue des types de cadavres découverts.**

Concernant les chiroptères, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 95 à 244 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi pour l'ensemble du parc de 4 éoliennes, soit **une moyenne de 23,75 à 61 chiroptères par éolienne sur la période de suivi (224 jours)**.

Les estimations réalisées pour le parc de Bazougeais semblent supérieures à celles mentionnées par la bibliographie. Selon RYDELL *et al.* (2017), le nombre de chiroptères tués par éolienne et par an est très variable d'un site à l'autre en Europe et semble se situer autour d'une dizaine d'individus, avec parfois des cas particulièrement mortifères pouvant atteindre une mortalité de 100 individus ou plus. Gaultier, Marx & Roux (2019) font le bilan de 8 parcs français dont l'estimation de la mortalité la plus probable varie de 0,3 à 18,3 oiseaux par éolienne et par an. En Allemagne, la mortalité des chauves-souris est estimée entre 10 et 12 individus par éolienne et par an (KORNER-NIEVERGELT *et al.*, 2013). En Champagne-Ardenne, une étude menée sur 18 parcs éoliens donne des résultats de 1 à 3 cadavres de chiroptères découverts par éolienne et par an, sans correction statistique (HARTER, 2015). De plus, des cas de mortalité ont été constatés sur tous les parcs étudiés.

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Bazougeais en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. Toutefois le taux de mortalité estimé sur le parc est supérieur aux résultats fournis par la bibliographie.

Il faut considérer que ces estimations se basent sur plusieurs hypothèses qui pour certaines ne peuvent être vérifiables. Par exemple pour les oiseaux, les leurres permettant de mesurer l'efficacité de recherche correspondant à de petits passereaux alors que 7 sur 11 observations correspondent à des oiseaux de taille beaucoup plus grande que les leurres du test d'efficacité (Corneille noire, Goéland brun, Épervier d'Europe et Pigeon ramier), beaucoup plus facilement détectables.

On peut rappeler que le bridage mis en œuvre en 2022 ne concernait pas BAZ 4 et qu'il était effectif : en début et fin de nuit pour BAZ 1 et BAZ 3 (3 premières heures de la nuit et 1 heure avant le lever du soleil) et en début de nuit uniquement pour BAZ 2 (3 premières heures de la nuit). Ce bridage nocturne n'a pas permis d'éviter la mort d'au moins 10 chauves-souris qui ont été découvertes, toutes sous les éoliennes BAZ 1 ET BAZ 4

Aussi, l'estimation de la mortalité conclut à un effet significatif du parc sur les chiroptères et les oiseaux. Par conséquent, la mise en place de mesures correctives est nécessaire. Le renouvellement du suivi en 2023 devra permettre de juger de l'efficacité des mesures mises en place.

2 Synthèse et analyse des résultats

2 Facteurs d'impact et mesures correctives

2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact

Le tableau ci-dessous fait le bilan des espèces identifiées dans l'étude d'impact comme étant susceptibles d'être impactées par le projet ainsi que des espèces découvertes durant la réalisation du suivi mortalité de 2022.

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

Espèces	Niveau d'impact / effectifs quantifié dans l'état initial	Nombre de cas de mortalité	Analyse comparative
Oiseaux			
Roitelet à triple bandeau	2 hivernants ; et 2 individus en période de nidification	4 individus en période de migration postnuptiale	L'étude d'impact avait identifié ces espèces courantes avec des effectifs modérés sans conclure à un risque de collision.
Pigeon ramier	8 hivernants ; 35 individus en période de nidification ; et 91 individus en migration postnuptiale	2 individus en début et fin de période de nidification	
Épervier d'Europe	1 individu en migration active pré-nuptiale	2 individus en début de période de nidification	
Corneille noire	5 hivernants ; et 2 individus en période de nidification	2 individus (1 en période de nidification et 1 en automne)	
Goéland brun	7 individus en migration pré-nuptiale	1 individu en estivage	
Chiroptères			
Pipistrelle commune	Ces deux espèces représentaient 88% de l'activité chiroptérologique dans des proportions comparables.	8 individus	L'étude d'impact avait identifié ces espèces, avec un enjeu fort sur la zone.
Pipistrelle de Kuhl		2 individus	

De manière générale, l'étude d'impact de 2017 n'avait pas relevé de sensibilité particulière au risque de collision pour les oiseaux (espèces communes, parfois chassables, à des effectifs modérés). Par contre l'étude d'impact mettait en évidence que le site était attractif pour les chauves-souris et trois espèces présentaient un enjeu fort : la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Kuhl et la Barbastelle d'Europe, les deux premières ayant été impactées par la mortalité induite par les éoliennes.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Rappels : Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne BAZ 3 entre le 14 mars et le 30 novembre 2022. Le nombre de nuits d'enregistrement des activités de chiroptères à hauteur de nacelle est de 247 nuits.

2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

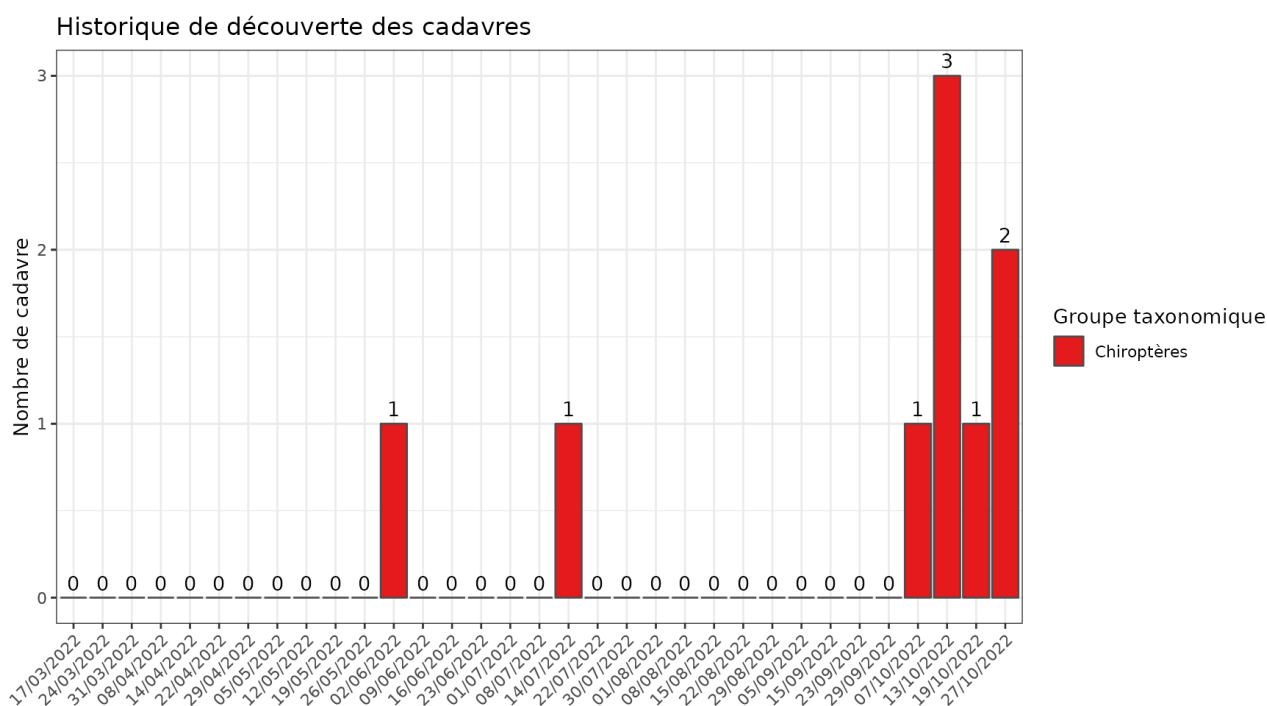


Figure 23 : Phénologie de découverte des cadavres de chiroptères à l'échelle du parc de Bazougeais

Dix cadavres de chauves-souris ont été trouvés. Un des cadavres, une Pipistrelle commune retrouvée le 18 octobre, n'apparaît pas dans le graphique précédent car elle a été trouvée en dehors du suivi hebdomadaire, de façon fortuite pendant la pose des leurres du 3^{ème} test d'efficacité de recherche.

A l'exception d'une Pipistrelle de Kuhl retrouvée en juin et une Pipistrelle commune retrouvée en juillet, les chiroptères découverts sont morts à l'automne, pendant la période de swarming et la période de transit automnal pour les espèces migratrices, en particulier courant octobre.

Le système de bridage imposé par l'arrêté préfectoral concernait la période entre mi-juillet et fin septembre. Au regard des résultats la majorité des cadavres de chiroptères a été trouvée en octobre une fois que le bridage n'était pas effectif.

2 Synthèse et analyse des résultats

Série temporelle de l'activité acoustique

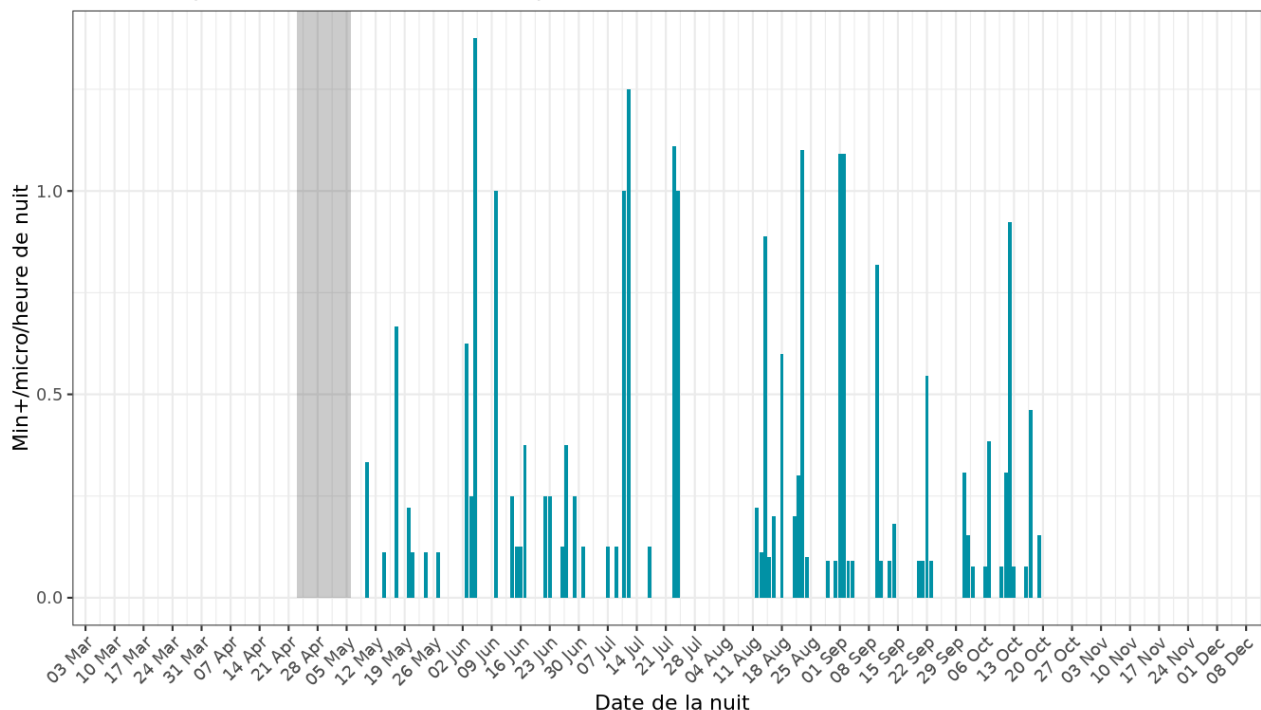


Figure 24 : Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne BAZ 3 sur la période de réalisation du suivi mortalité

Des contacts de chauves-souris ont été enregistrés sur seulement 59 nuits sur les 247 enregistrées. Toutes espèces confondues, on observe une certaine constance dans l'activité qui est relativement homogène entre les mois. La période de transition printanière (mars – mai) a connu une activité inexistante en mars et avril à faible en mai. La période estivale (mise-bas et estivage : juin -août) a connu une activité légèrement supérieure mais encore faible. En période automnale (migration : septembre – octobre), l'activité reste similaire à la période estivale.

Sur l'ensemble du cycle biologique, l'activité en altitude des chauves-souris est maximale en début de nuit et diminue progressivement pour atteindre un plateau d'activité bas le restant de la nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

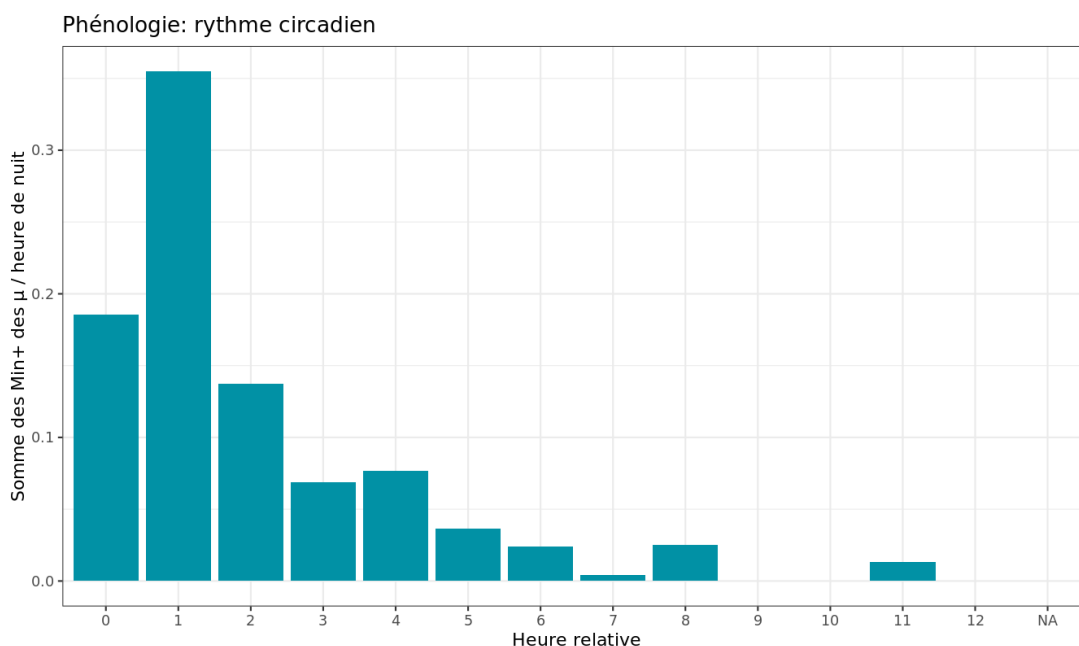


Figure 25 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues de mars à novembre.

Même si les pics d'activité sont observés généralement en début de nuit, on observe ponctuellement des pics d'activité en milieu de nuit, toutes espèces confondues. Quelques pics sont présents en période estivale mais la majorité des pics est observée en septembre notamment début septembre 2022.

2 Synthèse et analyse des résultats

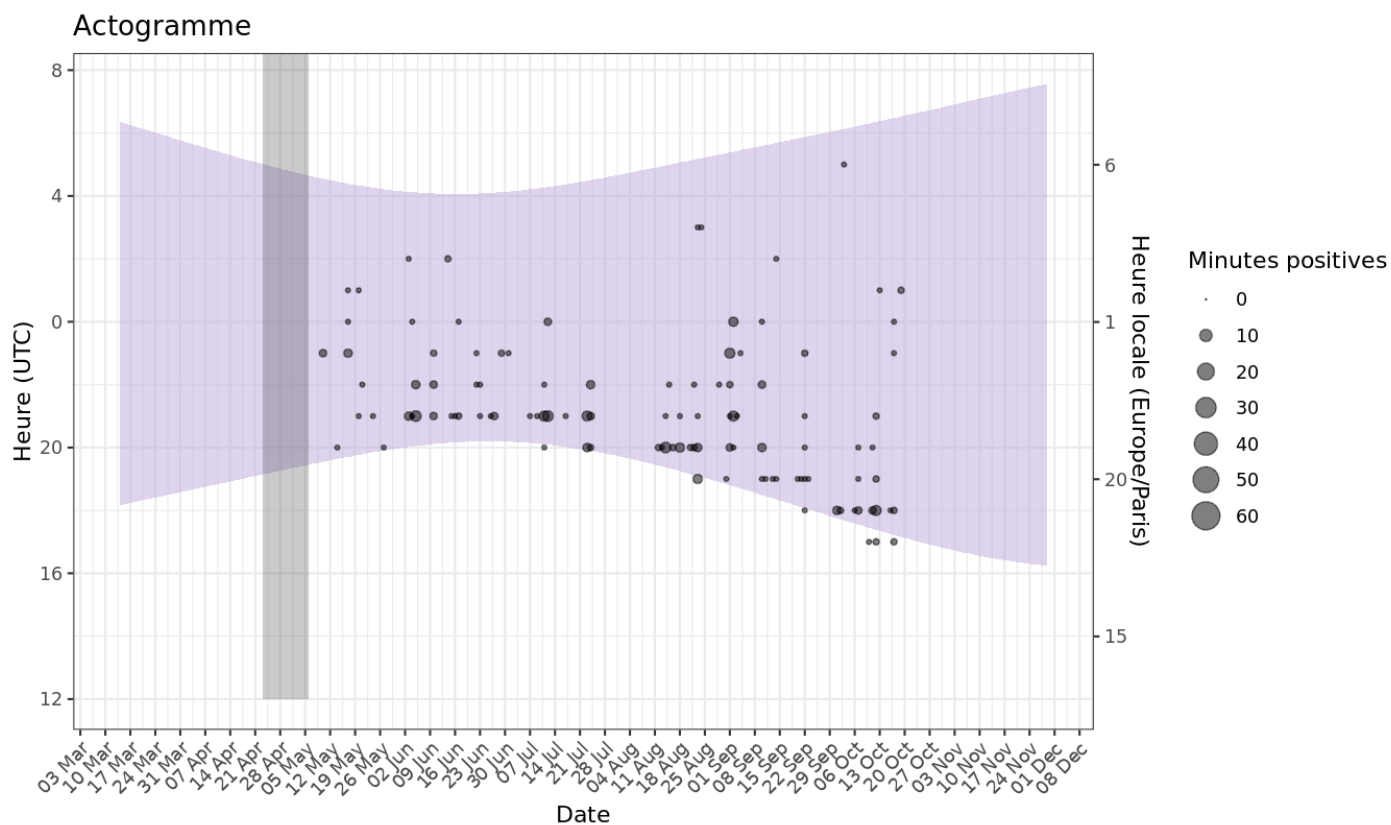


Figure 26 : Répartition des contacts toutes espèces confondues par nuit (zone en violet) et par tranche horaire, entre mars et novembre.

Enfin, on observe des différences saisonnières dans la distribution de l'activité chiroptérologique au long de la nuit.

L'activité au printemps (mars – mai) a été faible et relativement homogène au cours de la nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

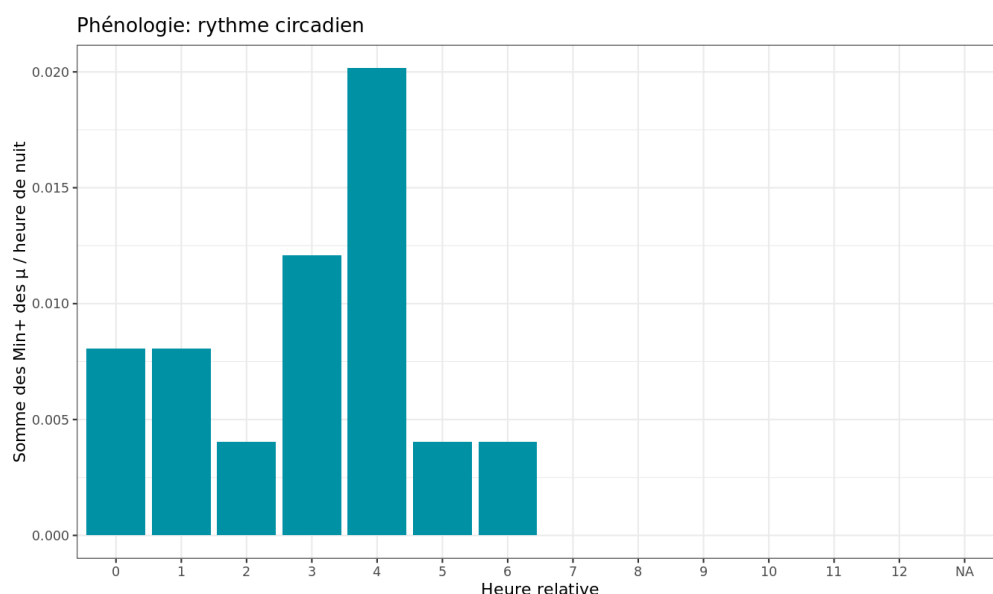


Figure 27 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de mars à mai.

L'activité estivale (juin – août) se concentre au cours des deux premières heures de la nuit puis diminue progressivement pour atteindre une activité très faible en fin de nuit.

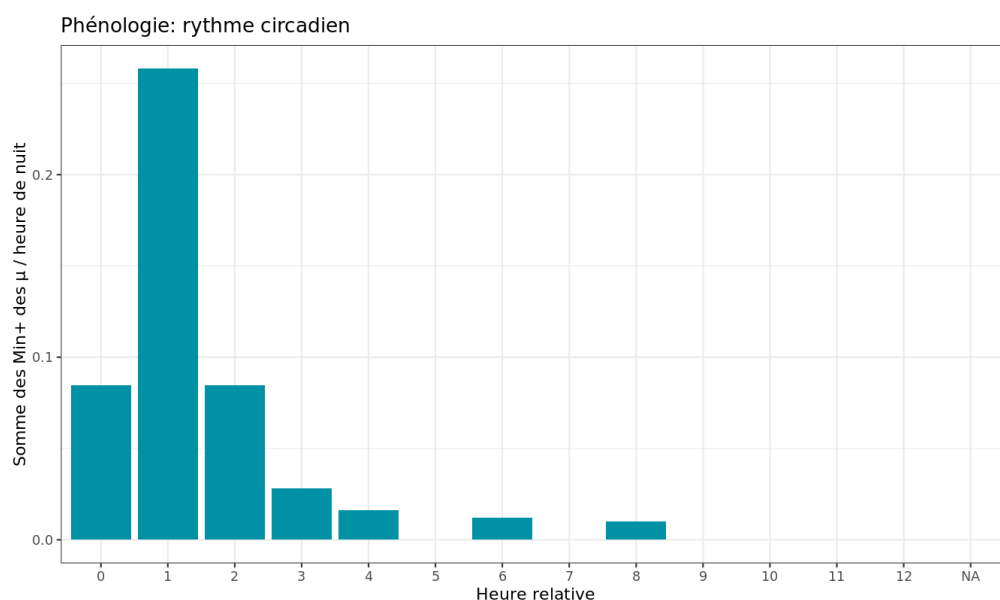


Figure 28 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de juin à août.

L'activité automnale (septembre – novembre) se concentre principalement au cours des premières heures de la nuit. L'activité reste plus soutenue que sur les autres périodes au cours de la nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

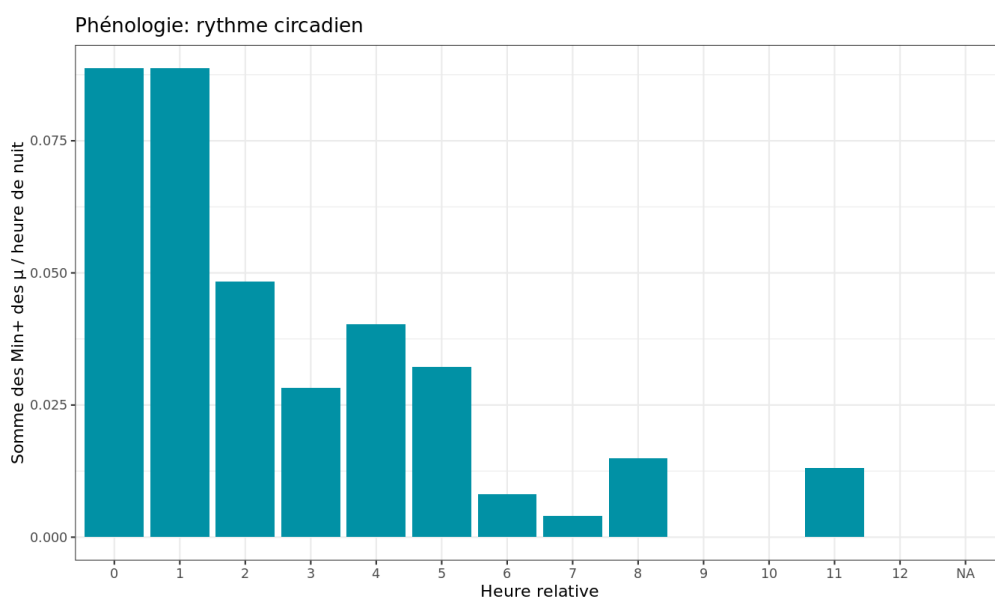


Figure 29 : Nombre de minutes positives par tranche horaire, après le coucher du soleil, toutes espèces confondues durant les mois de septembre à décembre

L'activité est presque inexistante au début du printemps (mars et avril), commence à augmenter en mai et reste relativement homogène à partir de juin jusqu'à fin octobre.

En général sur l'ensemble du cycle, l'activité est plus importante en début de la nuit, ce qui n'empêche pas l'occurrence de pics d'activité importants à d'autres horaires occasionnellement. Aussi, la concentration de l'activité dans les premières heures de la nuit est très marquée en été (juin à août), alors qu'en automne (septembre à novembre) l'activité est plus importante les premières heures mais reste soutenue le reste de la nuit. Au printemps, l'activité semble homogène tout le long de la nuit.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

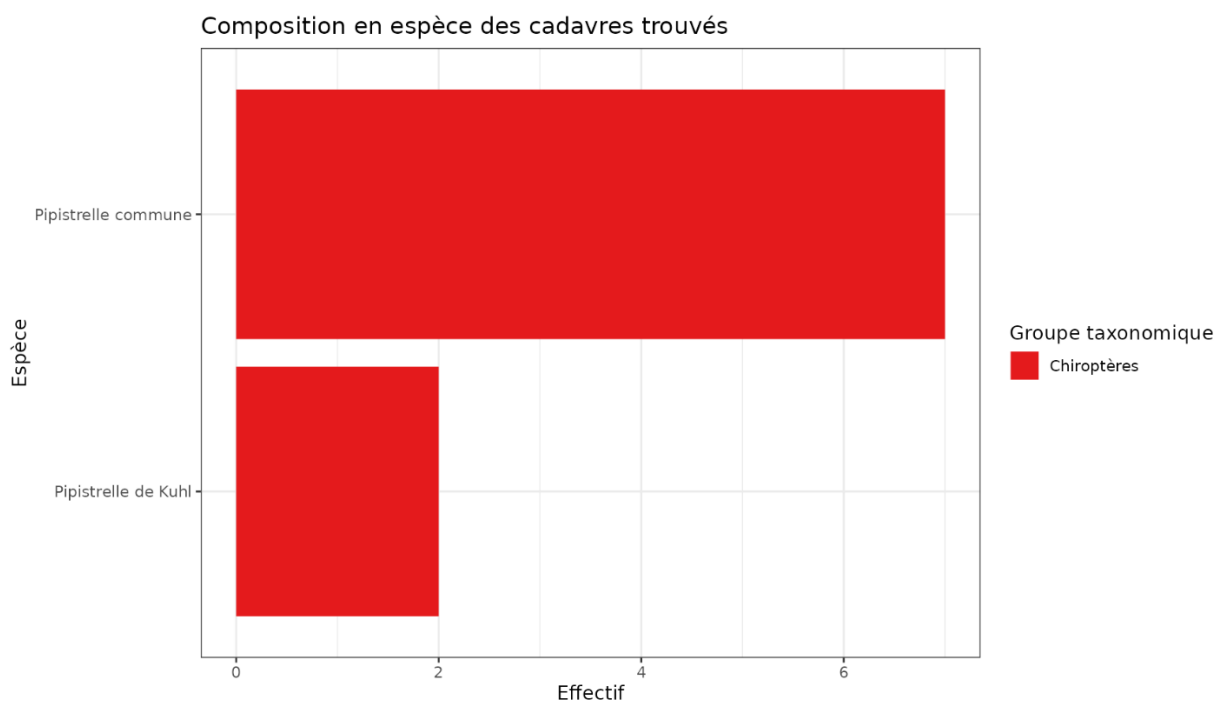


Figure 30 : Cortège d'espèces de chiroptères découvert lors du suivi de mortalité du parc éolien de Bazougeais

Dix individus ont été trouvés : 8 Pipistrelle commune (dont 1 en dehors du protocole) et 2 Pipistrelle de Kuhl.

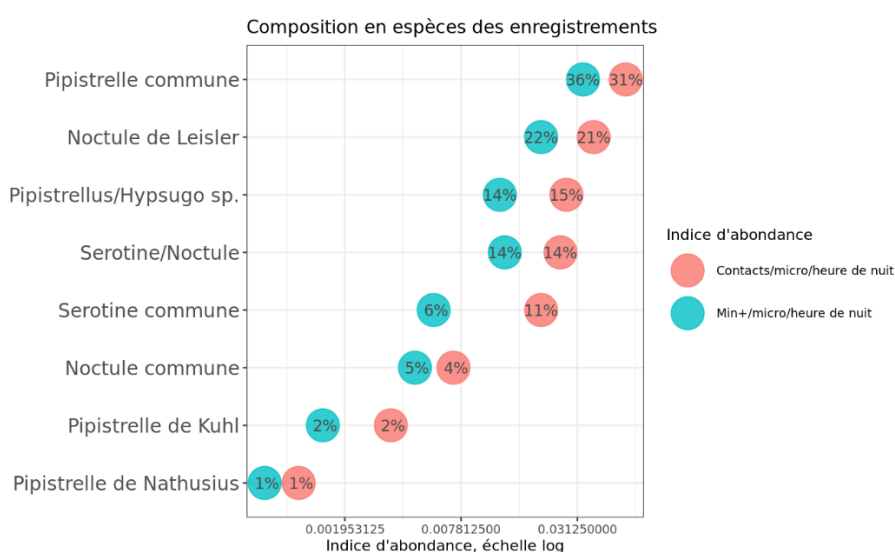


Figure 31 : Cortège d'espèces de chiroptères identifié par le suivi acoustique en nacelle (BAZ 3) sur la période de réalisation du suivi mortalité

2 Synthèse et analyse des résultats

Pour le suivi acoustique, le niveau d'activité relevé est jugé globalement faible comparé à des autres sites d'après le référentiel de Biotope, sauf pour la Noctule commune et la Pipistrelle de Kuhl. Les espèces les plus fréquemment contactées sont la Pipistrelle commune (36 %), la Noctule de Leisler (22 %), le groupe des « sérotines » (noctules et sérotines indéterminées) (14 %), la paire Pipistrelle de Kuhl / de Nathusius (14 %), la Sérotine commune (6 %), la Noctule commune (5 %), la Pipistrelle de Kuhl (2 %) et la Pipistrelle de Nathusius (<1 %).

L'ensemble des pipistrelles représente ainsi la moitié des enregistrements chiroptérologiques. La richesse spécifique en espèces contactée lors de l'étude en nacelle (5 espèces certifiées) est jugée faible pour le département d'Ille et Vilaine. Cette faible richesse spécifique s'explique par l'absence de micro situé à proximité du sol.

Toutefois, l'occurrence moyenne sur le site de Bazougeais est **faible** comparativement à des autres sites suivis en France avec un cumul de 730 minutes positives exploitables sur les différentes périodes d'enregistrement.

Les deux espèces retrouvées pendant le suivi de mortalité correspondent à des espèces détectées en altitude.

A l'inverse, aucun cadavre de noctules ou sérotines n'a été retrouvé malgré l'importance relative de ces espèces/groupe en altitude par rapport à l'ensemble de contacts relevés (environ la moitié de l'activité détectée).

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

Les bilans de la phénologie des découvertes de cadavres sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Phénologie du nombre de découvertes de cadavres par espèce

Date	02/06	14/07	07/10	13/10	18/10	19/10	27/10	Total général
Pipistrelle commune		1	1	3	1		2	8
Pipistrelle de Kuhl	1					1		2
Total général	1	1	1	3	1	1	2	10

Pipistrelle commune

Pour rappel, la **Pipistrelle commune représente près de 31% à 36% de l'activité enregistrée en altitude**. Cette espèce a été contactée durant toute la période d'expertise.

Elle montre un schéma d'activité différent de la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec une activité plus importante en période de mise-bas (été).

2 Synthèse et analyse des résultats

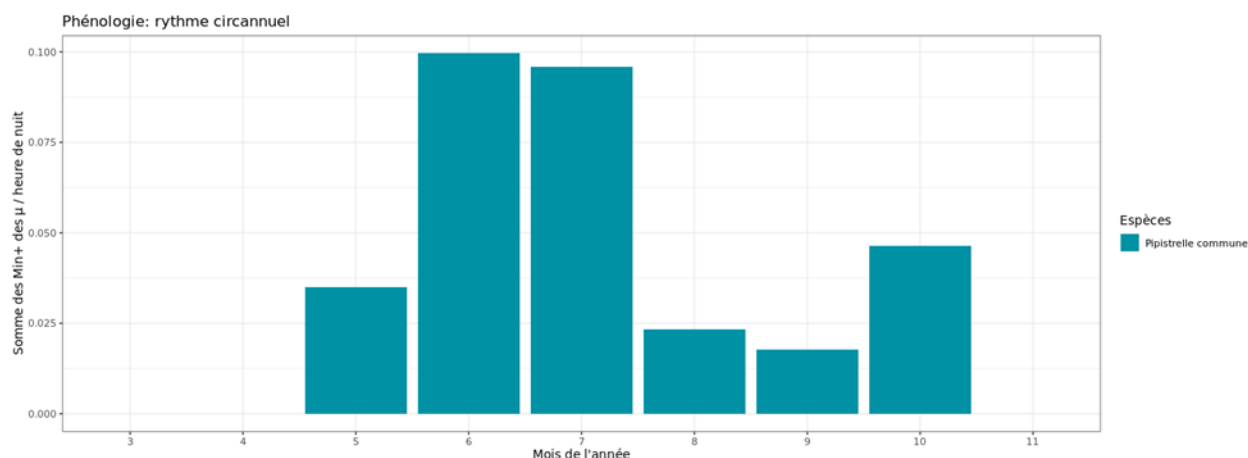


Figure 32 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Sauf au printemps, quand l'espèce montre une activité supérieure en milieu de la nuit, en été et en automne, l'activité de cette espèce a été plus importante pendant les premières heures de la nuit.

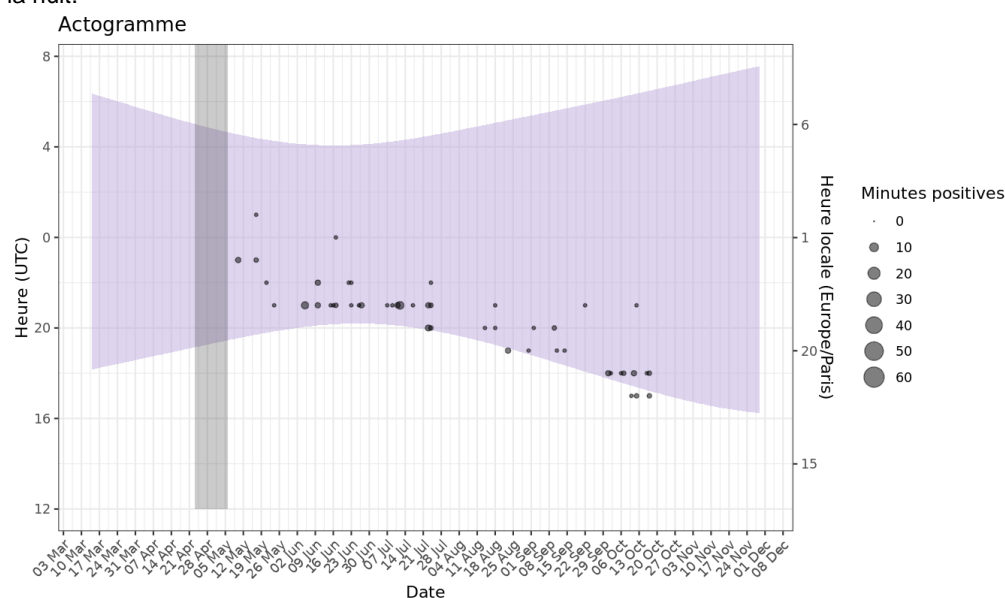


Figure 33 : Actogramme de la Pipistrelle commune sur la période du suivi de mortalité.

Pipistrelle de Kuhl et groupe Pipistrelles de Kuhl/Nathusius

Pour rappel, la paire **Pipistrelle de Nathusius et de Kuhl** représente **15 à 18% de l'activité enregistrée en altitude**. Ces espèces ont été contactées durant toute la période d'expertise.

Ces deux pipistrelles présentent une activité faible sur l'ensemble de la période. L'activité plus importante en juin est probablement liée à du transit vers les sites de mise-bas. Le site ne semble pas être une zone de passage en migration de la Pipistrelle de Nathusius.

2 Synthèse et analyse des résultats

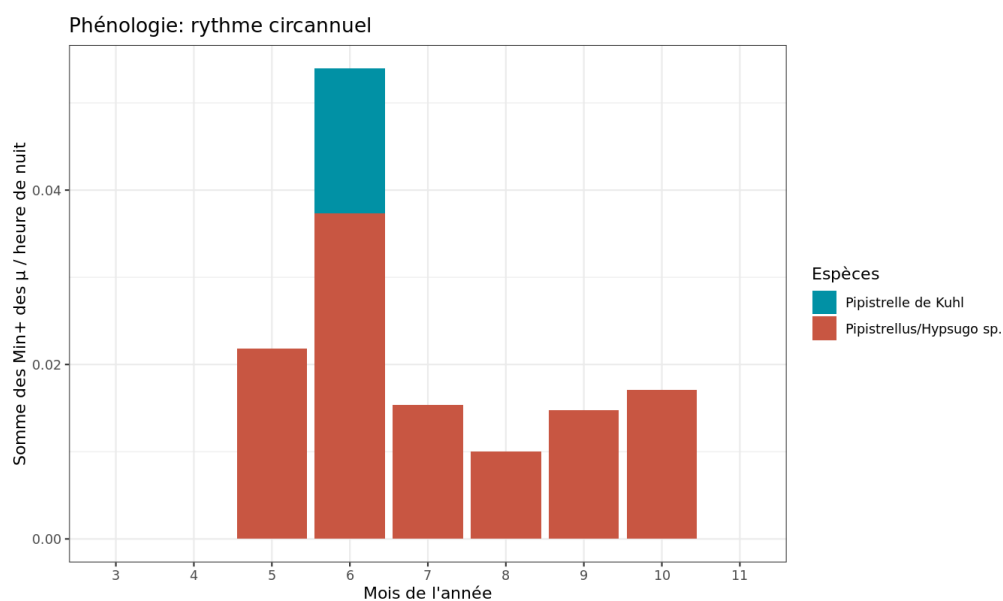


Figure 34 : Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle de Kuhl et le groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius rapporté au nombre d'heure de nuit.

La Pipistrelle de Kuhl ou le groupe Kuhl/Nathusius, lorsque la distinction n'est pas possible, montre une activité en milieu de nuit au printemps et plus importante en début de nuit en été et en automne.

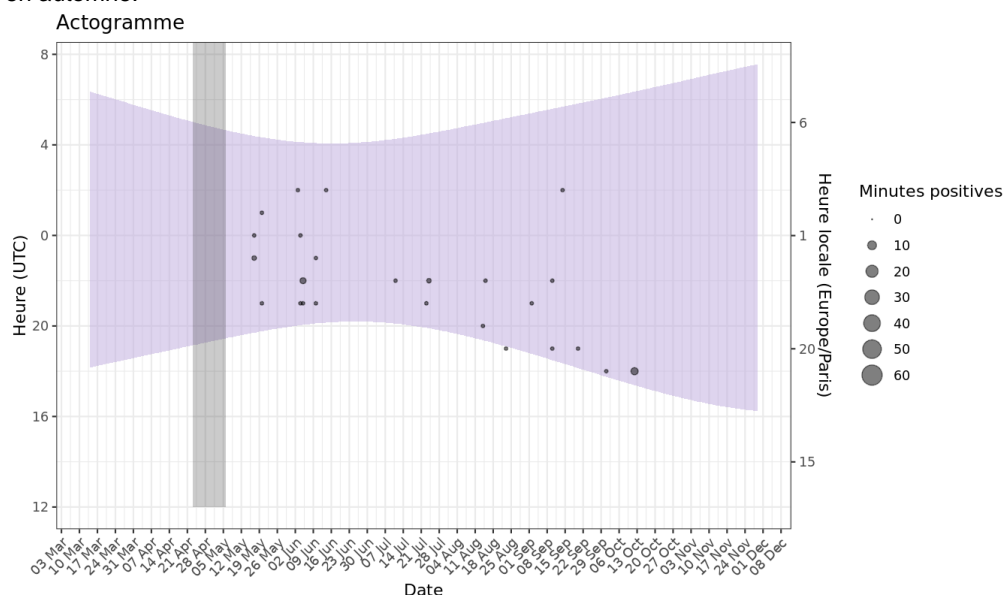


Figure 35 : Actogramme de la Pipistrelle de Kuhl et du groupe Pipistrelle de Kuhl/Nathusius sur la période du suivi de mortalité.

2 Synthèse et analyse des résultats

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

Les espèces découvertes durant le suivi de mortalité (la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl) correspondent à environ la moitié de l'activité chiroptérologique détectée en altitude durant le suivi acoustique.

L'espèce la plus contactée en altitude était la Pipistrelle commune (environ un tiers des contacts) et représente 80 % des cadavres trouvés (8 sur 10). Ainsi, cette espèce est sur-représentée par l'impact de la mortalité comparé à son niveau d'activité observé en altitude.

Les Pipistrelles de Kuhl ou la paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius représentent de 15 à 18 % des contacts et 20 % des cadavres retrouvés. La mortalité détectée de cette espèce correspond ainsi à ce qui serait attendu par rapport à son niveau d'activité en altitude sur le site.

Au niveau de la phénologie, les cadavres découverts correspondent à deux périodes :

- La période de mise-bas : une Pipistrelle de Kuhl en juin et une Pipistrelle commune en juillet retrouvées toutes les deux sous BAZ 4. Ces découvertes correspondent à l'activité plus importante détectée en été (au niveau de BAZ 3), avec un pic en juin.
- La période de swarming et migration (pour les espèces migratrices) : 7 Pipistrelle commune sous BAZ 1 et une Pipistrelle de Kuhl sous BAZ 4. Dans le cas des Pipistrelles communes, ces cas de mortalité correspondent bien avec l'activité automnale qui était plus importante au mois d'octobre (au niveau de BAZ 3).

La mortalité détectée en automne (octobre) semble très forte par rapport au niveau d'activité à cette saison, alors que la mortalité a été moins importante en été (juin et juillet avant mise en place du bridage), où l'activité générale était plus importante.

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.

Pour rappel, l'éolienne équipée d'un système d'écoute en altitude était BAZ 3 alors que tous les cadavres de chauves-souris ont été retrouvés sous les éoliennes BAZ 1 et BAZ 4. Les données en altitude de BAZ 3 n'auraient pas permis de prédire le fort impact de BAZ 1.

2 Synthèse et analyse des résultats

2.3 Evaluation du bridage

Le système de bridage imposé par l'arrêté était le suivant :

Éolienne	BAZ 1		BAZ 2	BAZ 3	BAZ 4
Conditions météorologiques	Température nocturne > 13° C, absence de pluie et vent à la hauteur de la nacelle < 5 m/s				Pas de bridage
Dates	Mi-juillet à fin septembre				
Horaires	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil	Trois premières heures de la nuit	Trois premières heures de la nuit et une heure avant le lever du soleil		

A la vue des résultats du suivi de mortalité 2022 :

- 2 cadavres de chauves-souris ont été trouvés en juin et juillet, avant la mise en place du système de bridage mi-juillet.
- 8 cadavres de chauves-souris (sur le total de 10 cadavres retrouvés) ont été trouvés en octobre, après la fin du système de bridage fin septembre.
- 2 cadavres de chauves-souris ont été trouvés tardivement, le 27 octobre, au dernier passage du suivi. Ainsi, la possibilité que la mortalité se soit prolongée début novembre, au-delà des dates de notre suivi ne peut être écartée.
- Aucun cadavre n'a été trouvé sous les éoliennes pendant la période de mise en place du bridage, y compris, sous l'éolienne BAZ 4, non bridée.
- 7 cadavres de chauves-souris ont été trouvés sous l'éolienne BAZ 1 (découvertes en dehors de la période de bridage (avant et après)).
- 3 cadavres de chauves-souris ont été trouvés sous l'éolienne BAZ 4, qui ne faisait l'objet d'aucun bridage, car son risque avait été estimé inférieur aux autres.

A la vue des résultats du suivi en altitude 2022 :

- 99% de l'activité chiroptérologique que nous avons observée correspond à des températures au-delà de 13° C, ce qui correspond bien à la température prévue par le bridage.
- Nous n'avons pas détecté d'activité chiroptérologique sous des conditions de pluie, ce qui correspond bien aux conditions prévues par le bridage.
- Le système de bridage prévoyait l'arrêt des machines pour des vitesses de vent inférieures à 5 m/s. D'après notre suivi en altitude, à ce seuil de vitesse, seulement 85% de l'activité générale des chauves-souris est protégée.
- 90 % de l'activité des chauves-souris s'est produite à des vitesses de vent inférieures à 6,6 m/s ; 95%, à des vitesses inférieures à 6,99 m/s ; et 99% à des vitesses inférieures à 8,51 m/s.
- L'activité au printemps s'est avérée très faible. Elle commence à s'intensifier à partir de mai et surtout à partir de juin. Ensuite, elle reste assez homogène pendant tout la période de suivi. Le système de bridage mis en place à partir de mi-juillet est ainsi tardif par rapport à l'activité observée en juin et juillet qui est comparable à celle des mois successifs jusqu' à octobre.
- En général, sur l'ensemble de l'année, 75 % de l'activité chiroptérologique se produit dans les 3 premières heures après le coucher du soleil, ce qui correspond aux horaires proposés par le bridage. Néanmoins, des différences saisonnières se produisent :
 - Au printemps (mars à mai) : l'activité reste relativement homogène toute la nuit. A cette période, l'activité globale était toutefois estimée inexistante à faible en mai.

2 Synthèse et analyse des résultats

- En été (juin à août), l'activité pendant les 3 premières heures de la nuit est très marquée : entre 85 % et 90 % de l'activité des chiroptères est enregistrée durant cette période.
- En automne (septembre à novembre), l'activité se produit toujours essentiellement pendant les premières heures de la nuit mais demeure plus soutenue le reste de la nuit. A ces dates, un bridage en place pendant les 3 premières heures de la nuit protège moins de 75 % de l'activité des chauves-souris et s'avère insuffisant.
- Les tendances globales sur une activité générale plus marquée pendant les premières heures après le coucher du soleil n'empêchent pas l'occurrence de pics occasionnels à des autres horaires de la nuit.

2.3.1 Evitement théorique de collision à la suite du bridage mis en place en 2022

Pour rappel, en 2022, le bridage mis en place sur le parc de Bazougeais présentait les variables présentées dans le tableau suivants :

Tableau 17 Caractéristique du bridage mis en place sur le parc de Bazougeais en 2022

Eolienne	N°1 et 3		N°2	N°4
Vitesse de vent (m/s).	≤ 5m/s			Pas de bridage
Température (°C)	≥ 13°C			
Période	Du 15 juillet au 30 septembre			
Horaire	Les trois premières heures après le coucher et la dernière heure avant le lever.	Trois premières heures de la nuit		

Dans la suite de ce document, un évitement théorique de collision à la suite de ces différents bridages a été calculé en prenant les données d'activité chiroptérologique collectées sur l'éolienne n°3, soit 244 minutes positives.

Aucun chiroptère ayant été contacté durant la dernière heure de nuit, les deux modèles d'asservissement peuvent être considéré comme équivalent.

Evitement théorique de collision sur Baz1, Baz2 et Baz3

Paramètre	Critère d'asservissement	Proportion théorique d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle
Température	Supérieure ou égale à 13°C	99,6%
Vitesse du vent	Inférieure ou égale à 5 m/s	84,8%
Heure relative	Les trois premières heures après le coucher et la dernière heure avant le lever.	74,6%
Mois concerné par le bridage	Du 15 juillet au 30 septembre	47,5%

2 Synthèse et analyse des résultats

Paramètre	Critère d'asservissement	Proportion théorique d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période de collecte des données 2022 allant du 14/04/2022 au 30/11/2022		29,5%

Il s'agit de conditions cumulatives, c'est-à-dire que l'asservissement n'est mis en œuvre que lorsque les 4 conditions sont réunies simultanément.

Ce modèle d'asservissement aurait permis une réduction théorique des risques de collision d'environ 30% au niveau des éoliennes 1, 2 et 3.

Cela correspond à 172 minutes positives à risques (un individu peut avoir généré plusieurs minutes positive, en cas de stationnement prolongé dans la zone de détection du micro).

Pourcentage de couverture du bridage théorique issu des activités de 2022 par espèce par période biologique et par éolienne (en pourcentage et en minutes positives)		
Espèce / groupe d'espèce	Eoliennes 1, 2 et 3	
	%	Min+ couverte/ Min+ non couverte/
Groupe des sérotules	45,7%	16/35
Sérotine commune	40,0%	6/15
Noctule de Leisler	35,2%	19/54
Noctule commune	16,7%	2/12
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	24,2%	8/33
Pipistrelle de Kuhl	100%	4/4
Pipistrelle de Nathusius	50,0%	1/2
Pipistrelle commune	22,5%	20/89
Total couverture du bridage	29,5%	72/244

Parmi les espèces et groupe d'espèces non couvertes par le bridage théorique, il convient de préciser que :

- 26% des minutes positives à risques en 2022 (non couvertes par le bridage) concernent la Noctule de Leisler et la Noctule commune. Ces espèces possèdent une portée de leur signaux acoustiques qui est élevée, à savoir, environ 100m. Il est donc possible qu'une part des contacts enregistrés ne se situent pas à proximité direct du micro et par anticipation dans le volume de brassage des pâles.
- Les signaux de pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, sont de plus faibles portées, de l'ordre de 25m. Il est néanmoins possible qu'une part de ces individus, bien que situé entre 0 et 25m du micro, ne se retrouve pas dans l'axe des pâle et/ou dans le volume à risque de barotraumatisme.

2 Synthèse et analyse des résultats

Les pourcentages de couvertures théorique correspondent donc à une vision minimale de couverture du risque, dans laquelle il est possible de certifier au regard du jeu de donnée, qu'aucun risque n'existe. Les pourcentages restants correspondent à un état de risque maximal mais ne reflètent probablement pas une mortalité réelle.

Précision sur les nuits et heures couvertes par le bridage envisagé

Définition des espèces/groupes d'espèces non couvertes par le bridage théorique par période biologique et par éolienne			
Période	Nombre de nuits d'écoute	Nombre de nuits avec présence de chauves-souris	Nombre de nuit avec au moins 1 minutes à risque non couverte par le bridage
	Baz 1, 2 et 3		
14 avril au 30 novembre 2022	247	64 (25,9%)	57 (23,1%)

2.4 Conclusion

Au vu des différentes comparaisons, il semble que :

La mortalité observée l'année 2022 est supérieure aux résultats fournis par la bibliographie, autant pour les oiseaux que pour les chauves-souris. A partir des données brutes, l'éolienne la plus mortifère est BAZ 1.

Trois espèces d'oiseaux protégées ont été impactée. Toutes les espèces retrouvées sont considérées comme localement communes.

Deux espèces de chauves-souris ont été impactées : la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl ; elles sont toutes protégées et la Pipistrelle commune est quasi menacée sur la Liste Rouge française. La mortalité observée pour ce groupe concerne des périodes non couvertes par le bridage nocturne.

La mortalité semble très forte pour la Pipistrelle commune par rapport au niveau d'activité détecté en altitude. La mortalité de cette espèce a été très importante sous BAZ 1 en automne (7 individus sur les 8 retrouvés dans l'ensemble du parc et du suivi), probablement lié à la présence d'une haie orientée nord-sud, dans le sens des vents nocturnes dominants, dont l'intérêt comme corridor écologique a pu être sous-estimé.

La mortalité observée pour la Pipistrelle de Kuhl semble en cohérence avec l'activité observée en altitude.

Malgré l'importance relative du groupe des noctules et sérotines (environ la moitié de l'activité détectée en altitude), ce groupe d'espèces n'a pas été impacté par la mortalité observée.

Par conséquent, les impacts de ce parc éolien en 2022, sont jugés significatifs au regard des données quantitatives. La mise en place de mesures correctives est jugée nécessaire ainsi que le renouvellement du suivi en 2023 afin de vérifier l'efficacité de ces mesures.

2 Synthèse et analyse des résultats

3 Mesures correctives

Pour rappel, l'arrêté demandait :

- Un suivi environnemental consistant à un suivi de la fréquentation/activité des chiroptères et de la mortalité sur l'avifaune et les chiroptères sur les 3 premières années après la mise en service, puis une fois tous les 10 ans.
- Le suivi de mortalité, sur les 3 premières années de fonctionnement, sera réalisé la première année de mise en service sur une période prolongée par rapport au protocole national, de mi-mars à fin octobre à raison d'un comptage hebdomadaire d'environ 33 semaines. Au terme de la première année, et en fonction des résultats, la période de suivi pourra être adaptée après validation de l'inspection des installations classées.
- Le suivi de l'activité des chiroptères doit être couplé au suivi de mortalité et porter sur la totalité du cycle biologique des chiroptères (de mi-mars à fin octobre).

Pour les chauves-souris :

En comparant la phénologie de l'activité en altitude et les constats de mortalité, le bridage a été efficace sur les périodes durant lesquelles il était effectif. Néanmoins la mortalité enregistrée en octobre illustre la nécessité de le prolonger a minima jusqu'à la fin de la période de transit automnal et éventuellement à partir de juin quand les premiers cadavres ont été retrouvés.

Des cas de mortalité ont été observés sous l'éolienne BAZ 4 non bridée, l'extension du programme de bridage à cette dernière apparaît nécessaire.

Les paramètres de bridages correspondent pour la majorité à une protection acceptable de l'activité des chiroptères en altitude hormis pour la vitesse de vent et la période de la nuit pour lesquelles un bridage davantage protecteur peut être proposé :

- Bridage printanier proposé pour 2023

L'activité chiroptérologique enregistrée sur la période de mars à mai est très faible avec seulement 15 minutes positives. Également, aucun cadavre de chiroptère n'a été retrouvé sous les éoliennes lors du suivi de mortalité réalisé en 2022. Aux vues de ces deux critères, aucun bridage printanier n'est proposé.

Aucun modèle d'asservissement n'est proposé sur cette période de mars à mai.

Cela correspond à 15 minutes positives à risques (un individu peut avoir généré plusieurs minutes positive, en cas de stationnement prolongé dans la zone de détection du micro).

Ce modèle est proposé pour la période du 1^{er} mars au 31 mai

2 Synthèse et analyse des résultats

- Bridage estival proposé pour 2023

Les paramètres proposés pour le bridage estival sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Paramètres proposés de l'asservissement		
Paramètre	Critère d'asservissement	Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle
Température (à 105m)	Supérieure ou égale à 13°C	100 %
Vitesse du vent (à 105m)	Inférieure ou égale à 6 m/s	89,6 %
Heure relative	Pendant 4 heures après le coucher	93,3 %
Pluie	Absence de pluie	100%
Mois concerné	De juin à août	
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée		86,6 %

Les paramètres suivants considérés dans cette proposition sont présentés ci-dessous. Il s'agit de conditions cumulatives, c'est-à-dire que l'asservissement n'est mis en œuvre que lorsque les 4 conditions sont réunies simultanément.

Ce modèle d'asservissement permet une réduction théorique des risques de collision de plus de 86,6%, ce qui est jugé adapté aux enjeux locaux.

Cela correspond à 18 minutes positives à risques (un individu peut avoir généré plusieurs minutes positive, en cas de stationnement prolongé dans la zone de détection du micro).

Ce modèle est proposé pour la période du 1^{er} juin au 31 août

2 Synthèse et analyse des résultats

- Bridage automnal proposé pour 2023

Les paramètres proposés pour le bridage automnal sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Paramètres proposés de l'asservissement		
Paramètre	Critère d'asservissement	Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle
Température (à 100m)	Supérieure ou égale à 13°C	100 %
Vitesse du vent (à 100m)	Inférieure ou égale à 5 m/s	90,5 %
Heure relative	Pendant 7 heures après le coucher	94,7 %
Pluie	Absence de pluie	100%
Mois concerné	De septembre à octobre (aucune donnée sur le mois de novembre)	
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée		86,3 %

Les paramètres suivants considérés dans cette proposition sont présentés ci-dessous. Il s'agit de conditions cumulatives, c'est-à-dire que l'asservissement n'est mis en œuvre que lorsque les 4 conditions sont réunies simultanément.

Ce modèle d'asservissement permet une réduction théorique des risques de collision de plus de 86,3%, ce qui est jugé adapté aux enjeux locaux.

Cela correspond à 13 minutes positives à risques (un individu peut avoir généré plusieurs minutes positive, en cas de stationnement prolongé dans la zone de détection du micro).

Ce modèle est proposé pour la période du 1^{er} septembre au 31 octobre

2 Synthèse et analyse des résultats

- Bilan et justification de l'asservissement

Paramètres proposés de l'asservissement -		
Période de couverture	Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle	Nombre de minute positive à risque
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle printanier	-	15
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle estival	86,6 %	18
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle automnal	86,3 %	13

Au sein des minutes avec présence de chauves-souris, non couvertes par le bridage, il convient de préciser que ce chiffre représente un maximum et la réalité doit être inférieure à ce résultat.

Définition des espèces/groupes d'espèces non couvertes par le bridage par période biologique				
Espèce / groupe d'espèce	Printemps	Été	Automne	Total
Sérotules (Sérotine commune, Noctule commune et Noctule de Leisler)	-	8	1	9
Noctule de Leisler	2	1	8	11
Noctule commune	-	-	1	1
Pipistrelles de Kuhl/Nathusius	5	3	1	9
Pipistrelle de Nathusius	-	1	-	1
Pipistrelle commune	8	5	2	15
Total	15	18	13	46

Parmi les espèces et groupe d'espèces non couvertes par le bridage par période biologique, il convient de préciser que :

- Plus de 26% des minutes positives à risques proviennent de la Noctule commune ou de la Noctule de Leisler. Ces espèces possèdent une portée de leur signaux acoustiques qui est élevée, à savoir, environ 100m pour la Noctule commune et 80m pour la Noctule de Leisler. Il est donc possible qu'une part des contacts enregistrés ne se situent pas à proximité direct du micro et par anticipation dans le volume de brassage des pâles.
- Les signaux de pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius (54% des minutes positives à risques), sont de plus faibles portées, de l'ordre de 25m. Il est néanmoins possible qu'une part de ces individus, bien que situé entre 0 et 25m du micro, ne se retrouve pas dans l'axe des pâle et/ou dans le volume à risque de barotraumatisme.

2 Synthèse et analyse des résultats

Les pourcentages de couvertures correspondent donc à une vision minimale de couverture du risque, dans laquelle il est possible de certifier au regard du jeu de donnée, qu'aucun risque n'existe. Les pourcentages restants correspondent à un état de risque maximal mais ne reflètent probablement pas une mortalité réelle.

Précision sur les nuits couvertes par le bridage envisagé

Définition des espèces/groupes d'espèces non couvertes par le bridage par période biologique			
Période biologique	Nombre de nuits d'écoute	Nombre de nuits avec présence de chauves-souris	Nombre de nuit avec au moins 1 minutes à risque non couverte par le bridage
Printemps (mars - mai)	64	7 (10,9%)	7 (9,8%)
Eté (juin - août)	92	33 (35,9%)	13 (14,1%)
Automne (septembre – octobre)	61	24 (39,3%)	12 (19,7%)
Total	217	65 (29,5%)	

Ces modèles d'asservissement permettent une réduction théorique globale des risques de collision de 81,1%

Ce modèle d'asservissement est jugé adapté aux enjeux locaux et aux spécificités écologiques des espèces de hauts vols et devra être validé par un suivi de mortalité associé.

Pour les oiseaux :

Le bridage nocturne renforcé à l'automne pour les chauves-souris pourra bénéficier également aux passereaux migrateurs nocturnes comme le Roitelet à triple bandeau.

3

Bibliographie

3 Bibliographie

Parc éolien de Bazougeais,
communes de Noyal-Sous-
Bazouges et Bazouges-la-
Pérouse (35)
BORALEX
avril 2023

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 Bibliographie

Parc éolien de Bazougeais,
communes de Noyal-Sous-
Bazouges et Bazouges-la-
Pérouse (35)
BORALEX
avril 2023

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

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

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

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

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

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

Site internet :

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

A

Annexes

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Tableau 18 : Résultats du suivi mortalité

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
2022-03-17	BAZ 3	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	Plumée	Prédation	Adulte	Indéterminé	30
2022-03-31	BAZ 3	<i>Accipiter nisus</i>	Épervier d'Europe	Plumée	Prédation ou charognage cadavre post-collision	Indéterminé	Indéterminé	47
2022-04-08	BAZ 4	<i>Accipiter nisus</i>	Épervier d'Europe	En décomposition	Collision avec pale	Immature	Mâle	33
2022-05-12	BAZ 1	<i>Larus fuscus</i>	Goéland brun	Frais	Collision avec pale	Immature	Indéterminé	50
2022-06-02	BAZ 4	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Sec	Barotraumatisme	Adulte	Indéterminé	30
2022-07-04	BAZ 1	<i>Corvus corone</i>	Corneille noire	Frais	Collision avec pale	Adulte	Indéterminé	5
2022-07-14	BAZ 4	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Barotraumatisme	Adulte	Indéterminé	54
2022-07-30	BAZ 2	<i>Columba palumbus</i>	Pigeon ramier	Frais	Collision avec mât	Adulte	Indéterminé	1
2022-09-15	BAZ 2	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	En décomposition	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	9
2022-09-23	BAZ 4	<i>Corvus corone</i>	Corneille noire	Plumée	Prédation ou charognage cadavre post-collision	Indéterminé	Indéterminé	44
2022-10-07	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	14
2022-10-07	BAZ 1	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Sec	Barotraumatisme	Indéterminé	Mâle	13
2022-10-07	BAZ 1	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Barotraumatisme	Indéterminé	Mâle	8

A Annexe 1 : Tableau récapitulatif des observations de cadavres

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
2022-10-13	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	16
2022-10-13	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	25
2022-10-13	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	30
2022-10-19	BAZ 4	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	En décomposition	Barotraumatisme	Indéterminé	Mâle	17
2022-10-19	BAZ 4	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl	Sec	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	49
2022-10-27	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Barotraumatisme	Adulte	Indéterminé	54
2022-10-27	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Barotraumatisme	Indéterminé	Indéterminé	43
2022-10-18	BAZ 1	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Collision avec pale	Indéterminé	Indéterminé	15



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