



BORALEX

BORALEX

Parc éolien de Bazougeais

Communes de Bazouges-la-Pérouse et Noyal-Sous-Bazouges, Bretagne (35)

13 mars 2024

Suivi 2023 de mortalité de l'avifaune et des chiroptères


biotope

Information sur le document

Citation recommandée	Biotope, 2024 – Suivi 2023 de mortalité de l'avifaune et des chiroptères - Parc éolien de Bazougeais - Communes de Bazouges-la-Pérouse et Noyal-Sous-Bazouges, Bretagne (35) - BORALEX - 3 p.		
Nom de fichier	BORALEX_Bazougeais 2023_V2_20240313.docx		
N° de contrat	2023014-1		
Date de démarrage de la mission	15/03/2023		
Maître d'ouvrage	Boralex SAS - Bazougeais 9 rue Jean Mermoz 44115 Haute Goulaine		
Interlocuteur	Vézians DUPONT <i>Chargeé de projet Biodiversité</i>	Contact : Vezians.dupont@boralex.com	
Biotope, Responsable du projet	Lucie BOMAL (LBO) <i>Chargeée de mission écologue chiroptérologue</i>	Contact : Ibomal@biotope.fr	
Biotope, Contrôleur qualité	Marine RIU (MRI) <i>Cheffe de projet chiroptérologue</i> Béatrice BOUCHE (BBO) <i>Responsable d'agence</i>	Contact : mriu@biotope.fr	
Version 1	Rédacteur : LBO – 30/01/2024	Contrôle qualité : BBO – 05/03/2024	Description des modifications apportées au document : <ul style="list-style-type: none"> ● Création du document. ● Relecture pour envoi version de travail
Version 2	Rédacteur : LBO – 30/01/2024	Contrôle qualité : MRI – 06/03/2024	Description des modifications apportées au document : <ul style="list-style-type: none"> ● Relecture pour envoi version finale

Biotope est signataire de la « [Charte d'Engagement des Bureaux d'Études dans le domaine de l'évaluation environnementale](#) ».

Sauf mention contraire explicite, toutes les photos du rapport ont été prises sur site par le personnel de Biotope dans le cadre des prospections de terrain.

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 a fait l'objet d'un suivi environnemental en 2022, permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs. Les résultats du suivi de mortalité ont mis en évidence une mortalité significatif des chiroptères.

L'exploitant s'est engagé, sur la base de ces résultats et des préconisations de Biotope, de façon proactive, à mettre en place en 2023 un bridage ciblé des éoliennes visant à réduire la mortalité des chauves-souris. Un modèle d'asservissement spécifique, dimensionné au regard des caractéristiques du parc éolien et sur la base des résultats des suivis 2022 a été réalisé par Biotope début 2023.

La société Boralex a missionné Biotope pour la réalisation, en 2023, d'un nouveau suivi de mortalité du parc éolien, 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), afin de reconduire ces études et évaluer l'efficacité du bridage mis en œuvre.

Le présent document présente les résultats des suivis réalisés en 2023 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 et évaluer l'efficacité du bridage mis en œuvre en 2023.

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	5
1.1 Contexte – présentation du parc et données historiques	5
1.1.1 Présentation du parc	5
1.1.2 Rappel des enjeux de l'étude d'impact	7
1.1.3 Rappel du suivi post-implantation 2022	8
1.2 Méthodologie appliquée en 2023	12
1.2.1 Généralités sur la méthode de suivi de la mortalité : cadre et protocole national	12
1.2.2 Méthodologie d'inventaire mise en œuvre et difficultés rencontrées	13
1.2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité 2023	16
1.2.4 Équipe de travail	20
2 Synthèse et analyse des résultats	21
2.1 Résultats du suivi de mortalité	21
2.1.1 Résultats bruts	21
2.1.2 Analyse des résultats	29
2.1.3 Synthèse du suivi de mortalité	39
2.2 Facteurs d'impact	41
2.2.1 Analyse croisée avec l'étude d'impact	41
2.2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2022 et 2023	41
2.2.3 Comparaison avec le suivi de mortalité de 2022	45
2.3 Mesures correctives	51
2.1 Mesure complémentaire	52
3 Bibliographie	53
4 Annexes	55
Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres dans le cadre du suivi	55
Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité	56
Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale	57
Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques	58
Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%	59
5 Index des tableaux, cartes et figures	60

1 Contexte de l'étude et aspects méthodologiques

1.1 Contexte – présentation du parc et données historiques

1.1.1 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.



Eolienne BAZ1 le 17 mars 2022



Eolienne BAZ2 le 17 mars 2022



Figure 1

Eolienne BAZ4 le 17 mars 2022

Photographies des 4 éoliennes du parc éolien de Bazougeais en 2022 © Biotope

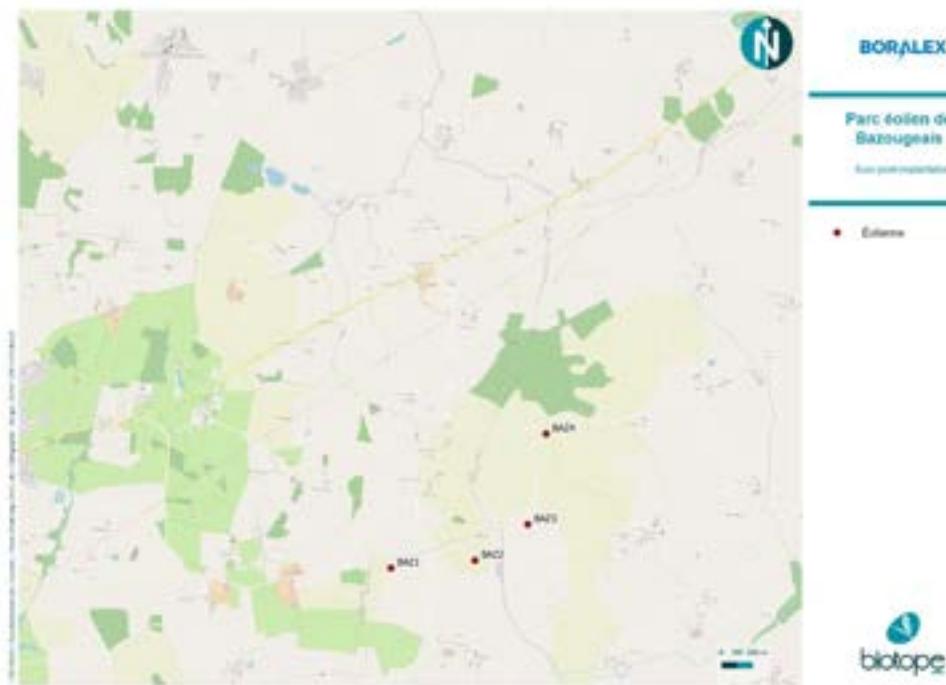


Figure 2 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite, BAZ1, BAZ2, BAZ3 et BAZ4)

1.1.2 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 2023.

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

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 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.

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

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

Aucun couloir de migration prénuptiale 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 postnuptiale, 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.

1.1.2.3 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.

1.1.3 Rappel du suivi post-implantation 2022

1.1.3.1 Suivi de mortalité 2022

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 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 ont améné 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 disparition est supérieure à celles déterminées dans le cadre des tests (ciblant des petits passereaux). **Aussi, la méthode pouvait engendrer une surestimation de la mortalité compte tenue des types de cadavres découverts.**

Concernant les chiroptères, l'utilisation des formules d'estimation ont amené 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 semblaient 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 avait été 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 était supérieur aux résultats fournis par la bibliographie.

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 en 2022 conclut à un effet significatif du parc sur les chiroptères et les oiseaux. Par conséquent, la mise en place de mesures correctives était nécessaire. Le renouvellement du suivi en 2023 permet de juger de l'efficacité des mesures mises en place.

1.1.3.2 Bilan du croisement des informations des suivis mortalité et acoustique 2022

Les espèces découvertes durant le suivi de mortalité 2022 (la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl) correspondent à environ la moitié de l'activité chiroptérologique détectée en altitude durant le suivi acoustique 2022.

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 correspondaient 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) 2022 semblait 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.

1.1.3.3 Conclusion

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 toute 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 inexisteante à faible en mai.
 - 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.

Il semble que :

La mortalité observée l'année 2022 était 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 était 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 impactée par la mortalité observée.

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

1.1.3.4 Mesures correctives

En 2022, en comparant la phénologie de l'activité en altitude et les constats de mortalité, le bridage avait été efficace sur les périodes durant lesquelles il était effectif. Néanmoins la mortalité enregistrée en octobre 2022 illustrait la nécessité de le prolonger à 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 apparaissait nécessaire.

Méthode de calcul : Pour chaque paramètre pris isolément, un pourcentage classique est calculé. Exemple concernant la vitesse de vent en période estivale : 120 minutes positives sur un total de 134 événements ont été enregistrés en dessous d'une vitesse de vent de 6m/s, soit 89,6% de l'activité. Pour la proportion d'activité couverte par le modèle, il s'agit d'un calcul sur les conditions cumulatives. La somme des minutes positives prise individuellement ayant été enregistrés au-delà de 13°C ET à des vitesses de vent inférieures à 6 m/s ET au sein des 4 heures après le coucher du soleil ET de juin à août est réalisée et un pourcentage est calculé par rapport au volume total d'activité sur la période concernée.

1.1.3.4.1. Bridage printanier

L'activité chiroptérologique enregistrée sur la période de mars à mai 2022 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 réalisé.

Aucun modèle d'asservissement n'est réalisé 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 réalisé pour la période du 1^{er} mars au 31 mai

1.1.3.4.2. Bridage estival

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

Paramètres 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 jugée 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 réalisé pour la période du 1^{er} juin au 31 août

1.1.3.4.3. Bridage automnal

Les paramètres 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 jugée 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 réalisé pour la période du 1^{er} septembre au 31 octobre

1.2 Méthodologie appliquée en 2023

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

1.2.1.1 Arrêté ministériel d'août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 et protocole national

L'arrêté du 22 juin 2020 modifie l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations éoliennes soumises à autorisation selon la rubrique 2980 de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. L'article 12 de l'arrêté de 2011 est remplacé par de nouvelles dispositions. Les différents intitulés et dispositions des arrêtés sont précisément décrits dans l'Annexe 2.

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.

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

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 (Annexe 3, Figure 22). Pour le nombre d'éoliennes à surveiller, il recommande de suivre toutes les éoliennes pour les parcs de 8 éoliennes ou moins, et pour les parcs de plus de 8 éoliennes, appliquer la formule suivante : (nombre d'éoliennes -8) /2.

La collecte de données implique de prospector une surface-échantillon définie, généralement 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 (Annexe 3, Figure 23). La méthode de recherche consiste en des transects à pied avec des espacements dépendants du couvert végétal. Les résultats sont soumis à des tests de correction, y compris un test d'efficacité de recherche et un test de persistance des cadavres.

L'analyse des résultats comprend la compilation des données brutes, l'évaluation de l'impact du parc et de l'efficacité des mesures, une analyse qualitative par éolienne, des croisements avec d'autres données, et la justification des mesures correctives proportionnelles. Il vise également à estimer la mortalité pour des comparaisons objectives, en utilisant des formules de calcul standardisées. Utiliser au moins 3 formules de calcul des estimateurs standardisés dont Huso (2010) obligatoirement, avec précision de l'intervalle de confiance de l'estimation.

1.2.1.3 Obligations réglementaires 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			
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	Pas de Bridage

- 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.

1.2.2 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. Les suivis de mortalité réalisés en 2022 et 2023 sont identiques tel que décrit ci-après. Il présente par ailleurs en détail les principales données collectées et analyses réalisées.

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

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

1.2.2.1.1. Principe de l'estimation de mortalité et formules utilisées

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

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.**

1.2.2.1.2. Détermination des coefficients correcteurs

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

- **Les tests de persistance** permettent de mesurer la vitesse de disparition des cadavres (prédatation, charronnage, 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.).
- **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 (Barrientos et al., 2018; Reyes et al., 2016; Smallwood, 2007), d'autre part. Il est également variable en fonction des observateurs (capacités de détection propres, Ponce et al., 2010). 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.

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.**

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les estimations de mortalités sont disponible en **annexe 4.**

1.2.2.1.3. 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 prédatation en fonction du type de leurre déployé (mammifères et/ou oiseaux), de la période du test et de l'éolienne. Le modèle le plus parcimonieux est retenu par un processus classique de sélection de modèles par AIC (détails en annexe 5). Le modèle sélectionné permet d'estimer les paramètres recherchés avec leurs incertitudes (intervalles de confiance à 95%) et prédites en fonction des facteurs retenus. Ces facteurs, comme la période du test ou l'éolienne, sont retenus dès lors que ce facteur permet de mieux correspondre à la réalité observée des tests, comme une différence significative entre les tests et/ou entre éoliennes.

- Évaluation du coefficient moyen d'efficacité de recherche

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

- 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.

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.

Plus d'informations concernant les coefficients correcteurs ainsi que les méthodes statistiques utilisées sont disponibles en **annexe 4**.

1.2.2.2 Méthode de recherche des cadavres

1.2.2.2.1. 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.

1.2.2.2.2. 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 générée 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.

1.2.2.2.3. 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 utilisés, si nécessaire, pour appuyer les déterminations complexes sont présentés en bibliographie.

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

1.2.3 Conditions de réalisation du suivi de mortalité 2023

1.2.3.1 Rappel des prospections de terrain 2022

34 passages avaient été réalisés en 2022, à raison d'un par semaine, du 17 mars 2022 au 27 octobre 2022 (soit 224 jours). Trois tests de prédation avaient été réalisé les 25/04, 04/07 et 19/09 (pose de 120 rats) et trois tests d'efficacité de recherche les 22/04, 01/07 et 19/10.

1.2.3.2 Prospections de terrain 2023

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

Ainsi 34 passages ont été réalisés, à raison d'un par semaine, du 16 mars 2023 au 31 octobre 2023.

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
Suivi de mortalité (34 passages)		
0	16/03/2023	Vent moyen : 21,7 km/h ; Température moyenne : 13,3°C ; Nébulosité : 97%
1	24/03/2023	Vent moyen : 35,2 km/h ; Température moyenne : 11,9°C ; Nébulosité : 81%
2	29/03/2023	Vent moyen : 28,9 km/h ; Température moyenne : 15,5°C ; Nébulosité : 91%
3	04/04/2023	Vent moyen : 8,7 km/h ; Température moyenne : 9,7°C ; Nébulosité : 0%
4	11/04/2023	Vent moyen : 21,8 km/h ; Température moyenne : 10,5°C ; Nébulosité : 97%
5	18/04/2023	Vent moyen : 24,5 km/h ; Température moyenne : 11°C ; Nébulosité : 92%
6	25/04/2023	Vent moyen : 8,2 km/h ; Température moyenne : 10,8°C ; Nébulosité : 93%
7	02/05/2023	Vent moyen : 6,7 km/h ; Température moyenne : 14,2°C ; Nébulosité : 107%
8	09/05/2023	Vent moyen : 15,2 km/h ; Température moyenne : 14,6°C ; Nébulosité : 96%
9	16/05/2023	Vent moyen : 14,2 km/h ; Température moyenne : 13,1°C ; Nébulosité : 0%
10	23/05/2023	Vent moyen : 23,5 km/h ; Température moyenne : 15,2°C ; Nébulosité : 100%
11	30/05/2023	Vent moyen : 25 km/h ; Température moyenne : 16,6°C ; Nébulosité : 0%
12	06/06/2023	Vent moyen : 22 km/h ; Température moyenne : 16,5°C ; Nébulosité : 94%
13	12/06/2023	Vent moyen : 9,9 km/h ; Température moyenne : 15,4°C ; Nébulosité : 103%
14	21/06/2023	Vent moyen : 12,3 km/h ; Température moyenne : 20,7°C ; Nébulosité : 85%
15	28/06/2023	Vent moyen : 6,8 km/h ; Température moyenne : 19,2°C ; Nébulosité : 100%
16	04/07/2023	Vent moyen : 9,4 km/h ; Température moyenne : 16,1°C ; Nébulosité : 98%
17	11/07/2023	Vent moyen : 14 km/h ; Température moyenne : 20°C ; Nébulosité : 95%
18	18/07/2023	Vent moyen : 11,7 km/h ; Température moyenne : 19,5°C ; Nébulosité : 100%
19	25/07/2023	Vent moyen : 19,7 km/h ; Température moyenne : 17,8°C ; Nébulosité : 97%

Numéro de passage	Date	Conditions météorologiques
20	01/08/2023	Vent moyen : 15,8 km/h ; Température moyenne : 17,5°C ; Nébulosité : 99%
21	08/08/2023	Vent moyen : 12,9 km/h ; Température moyenne : 18,6°C ; Nébulosité : 98%
22	16/08/2023	Vent moyen : 7,2 km/h ; Température moyenne : 18,5°C ; Nébulosité : 81%
23	23/08/2023	Vent moyen : 9,5 km/h ; Température moyenne : 20,8°C ; Nébulosité : 90%
24	30/08/2023	Vent moyen : 13,8 km/h ; Température moyenne : 17,2°C ; Nébulosité : 92%
25	05/09/2023	Vent moyen : 4,9 km/h ; Température moyenne : 26,4°C ; Nébulosité : 88%
26	12/09/2023	Vent moyen : 3,9 km/h ; Température moyenne : 18,9°C ; Nébulosité : 96%
27	20/09/2023	Vent moyen : 0 km/h ; Température moyenne : 19,4°C ; Nébulosité : 92%
28	27/09/2023	Vent moyen : 15,3 km/h ; Température moyenne : 18,2°C ; Nébulosité : 95%
29	04/10/2023	Vent moyen : 8,8 km/h ; Température moyenne : 15,7°C ; Nébulosité : 75%
30	11/10/2023	Vent moyen : 21,6 km/h ; Température moyenne : 19°C ; Nébulosité : 100%
31	17/10/2023	Vent moyen : 18,6 km/h ; Température moyenne : 14,7°C ; Nébulosité : 94%
32	24/10/2023	Vent moyen : 17,1 km/h ; Température moyenne : 13°C ; Nébulosité : 94%
33	31/10/2023	Vent moyen : 18,7 km/h ; Température moyenne : 13,5°C ; Nébulosité : 95%
Tests de préation (2 tests)		
Test 1	29/05/2023	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4)
Test 2	16/10/2023	Dépôt de 40 rats (puis suivi à j+1, j+2, j+4)
Tests d'efficacité de recherche (2 tests)		
Test 1	04/07/2023	Dépôt de 60 leurres
Test 2	12/09/2023	Dépôt de 9 leurres

1.2.3.1 Réalisation des tests de préation

Les deux tests de préation ont été réalisés sur 14 jours sous l'ensemble des éoliennes du parc. Les tests de préation ont été réalisé 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 ». 80 cadavres de jeunes rats (fraîchement décongelés, catégories « Petit rats 25 – 50g ») ont été disposés de manière aléatoire (localisations générées une seulement fois par SIG puis réutilisées pour chaque test) sur l'ensemble des zones de prospections (tampon de 58 m autour des éoliennes). Les visites de contrôle ont été menées lors de différents jours (J+1, J+2, et J+4), 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.

Les tests de préation étaient prévus sur 14 jours mais l'ensemble des cadavres avait disparu lors du contrôle à j+4.

1.2.3.2 Réalisation des tests d'efficacité de l'observateur

Pour les secteurs prospectés, ce coefficient varie en fonction du couvert végétal (densité, hauteur) et, donc, de la période de l'année. Celui-ci a été évalué en plaçant des leurres à l'insu de l'observateur. Au minimum, 15 leurres par grand type d'habitat observé à chaque test ont été disposés aléatoirement (soit de 45 à 60 leurres disposés par test, Tableau 2). La pose est réalisée tôt le matin ou la veille au soir 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

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

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

	E01	E02	E03	E04	Parc ensemble
Occupations du sol					
Maïs	15	0	15	0	30
Plateforme	2	6	9	7	24
Route	0	0	0	15	15
Semi	0	0	0	0	0
Hauteurs de végétation					
0 cm	0	4	0	22	26
5 cm	2	0	2	0	4
8 cm	0	2	0	0	2
20 cm	0	0	7	0	7
45 cm	0	0	15	0	15
50 cm	15	0	0	0	15
Dates de tests					
04/07/2023	17	4	17	22	60
12/09/2023	0	2	7	0	9
Total	17	6	24	22	69

1.2.3.1 Limites propres à la mise en œuvre du suivi

La capacité de détection des cadavres est variable entre observateurs (Ponce et al., 2010 ; Labrosse, 2009). 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 (17/33 passages réalisés).

Il est également important de noter qu'elle est aussi variable en fonction de la hauteur de végétation et du type d'occupation du sol (Borner et al., 2017). Dans le but d'obtenir des données exploitables, la mise en place des tests s'est faite de manière à pouvoir bénéficier d'un maximum de cas de figure rencontrés par l'opérateur en charge du suivi. Au total, avec les deux tests réalisés, ce sont 6 catégories d'occupation du sol qui ont été testées ainsi que 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.

De plus, les éoliennes BAZ 1 et BAZ 4 n'ont pas été prospectées à la date du 12 septembre 2023 car celles-ci étaient en maintenance ainsi les recherches des leurres pour le deuxième test d'efficacité de recherche n'ont pas pu être menées sur ces deux éoliennes.

1.2.4 Équipe de travail

Une équipe pluridisciplinaire a été constituée dans le cadre de cette étude (Tableau 3).

Tableau 3 : Équipe de travail

Domaine d'intervention	Agents de Biotope
Contrôle qualité	Marine RIU Béatrice BOUCHÉ
Chef de projet Responsable du projet	Maelann COUTURIER
Chargé de mission Rédaction de l'étude	Lucie BOMAL
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (17 sessions)	Margot NICOLAS
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (4 sessions)	Marta GALLARDO
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (7 sessions)	Alex TREMBLAIS
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (2 sessions)	Sander BRUIJLANTS
Technicien suivi de mortalité Récolte des données mortalité avifaune et chiroptères (3 sessions)	Kévin RICHARD

2 Synthèse et analyse des résultats

2.1 Résultats du suivi de mortalité

2.1.1 Résultats bruts

2.1.1.1 Données générales concernant les cadavres découverts

Au total, 6 cadavres ont été trouvés au sein du parc éolien de Bazougeais en 2023, dont 2 oiseaux (2 espèces) et 4 chauves-souris (1 espèce) entre le 21 juin 2023 et le 17 octobre 2023 (Figure 5).

Les espèces d'oiseaux trouvés sont le Roitelet à triple bandeau (1 individu) et une espèce de corvidés indéterminée (1 individu), découvertes entre le 30 août 2023 et le 17 octobre 2023.

L'espèce de chauve-souris retrouvée est la Pipistrelle commune (4 individus), recensée entre le 21 juin 2023 et le 11 octobre 2023.

A noter l'observation d'un individu de Pipistrelle commune hors protocole le 12 septembre 2023. Cet individu, mort par barotraumatisme, était situé à une soixantaine de mètres de l'éolienne BAZ 3.

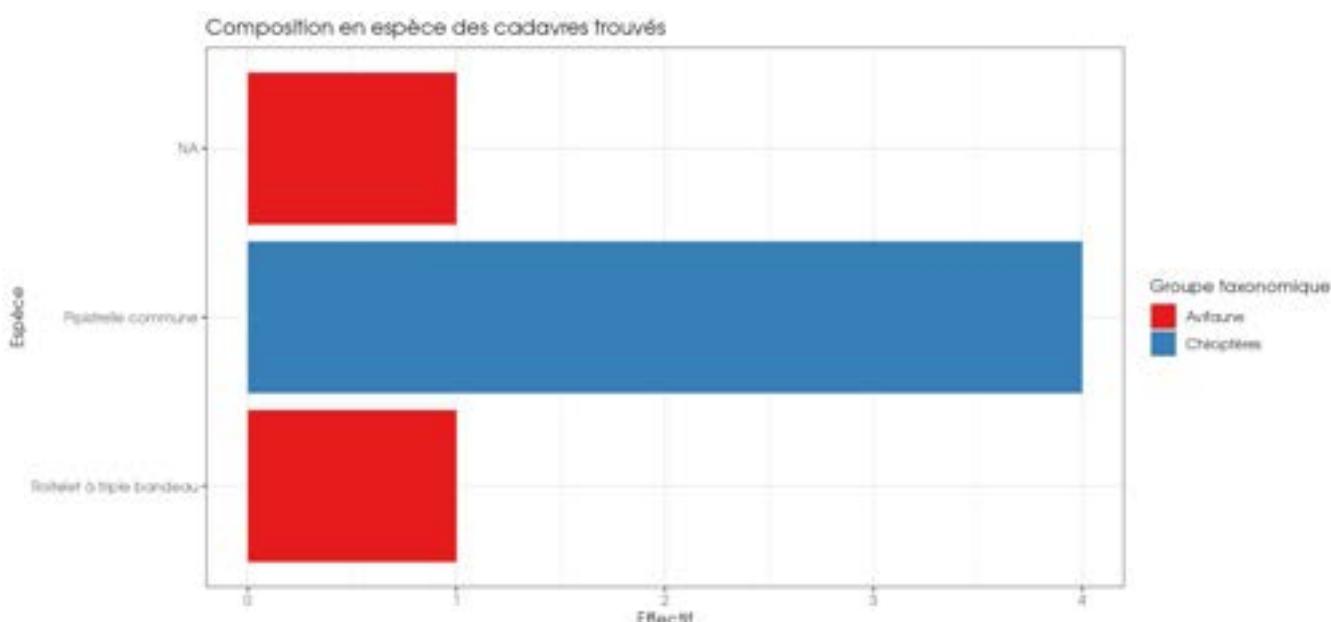


Figure 4 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bazougeais



Figure 5 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Roitelet à triple bandeau, corvidé indéterminé, Pipistrelle commune, Pipistrelle commune, Pipistrelle commune et Pipistrelle commune © Biotope

Au niveau phénologique (Figure 6), on remarque que :

- Les cadavres d'oiseaux ont été observés sur une période : fin août à mi-octobre. Les deux cadavres d'avifaune ont été découverts durant la période de migration/dispersion postnuptiale, le Roitelet à triple bandeau a été découvert le 30 août et le corvidé indéterminé, le 17 octobre. Au regard des effectifs, il ne semble pas y avoir de pic de mortalité qui se dégage sur la période postnuptiale du suivi ;
 - Le Roitelet à triple bandeau a été retrouvé fin août, il se reproduit dans deux grands types d'habitat : les boisements âgés de feuillus et les parcs sur une période qui s'étend d'avril à août. La formation des couples a lieu courant mars. Les nids peuvent être achevés dans les premiers jours d'avril. La période d'envol des nichées débute au plus tôt dans la deuxième semaine de mai et s'étale sur un mois environ. En France, l'espèce est plutôt sédentaire. Le Roitelet à triple-bandeau mange presque exclusivement de la nourriture d'origine animale (insectes).
- Les cadavres de chiroptères ont été retrouvés sur deux périodes : fin juin et de début septembre à mi-octobre. Un individu de Pipistrelle commune a été retrouvé en période de reproduction et les trois autres individus ont été retrouvés en période de transit automnal. Au regard des effectifs, aucun pic de mortalité ne se dégage sur la période de suivi. Néanmoins 75 % des cas de mortalité concerne la période de transit automnal ;
 - La Pipistrelle commune possède un vol silencieux et très manœuvrable, elle rejoint son terrain de chasse situé à proximité du gîte, où elle patrouille le long des structures linéaires en suivant une route de vol bien établie. Ses terrains de chasse sont diversifiés et peuvent être des zones fortement urbanisées. C'est une espèce peu lucifuge, elle chasse en ville le long des alignements d'arbres et de lampadaire. Elle se nourrit également dans les zones humides, les parcs, les jardins, les milieux forestiers (une des rares à chasser dans une plantation de résineux) et les zones agricoles. Opportuniste, elle se nourrit principalement de Diptères, mais aussi de Lépidoptères, Coléoptères et Trichoptères. Elle chasse à 400m maximum de son gîte en forêt, mais peut se déplacer jusqu'à 5km. Elle possède ainsi une mobilité variable, mais elle ne s'éloigne que rarement de son domaine vital (peu vagabonde). Elle effectue majoritairement des déplacements inférieurs à 20 km entre ses gîtes.

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

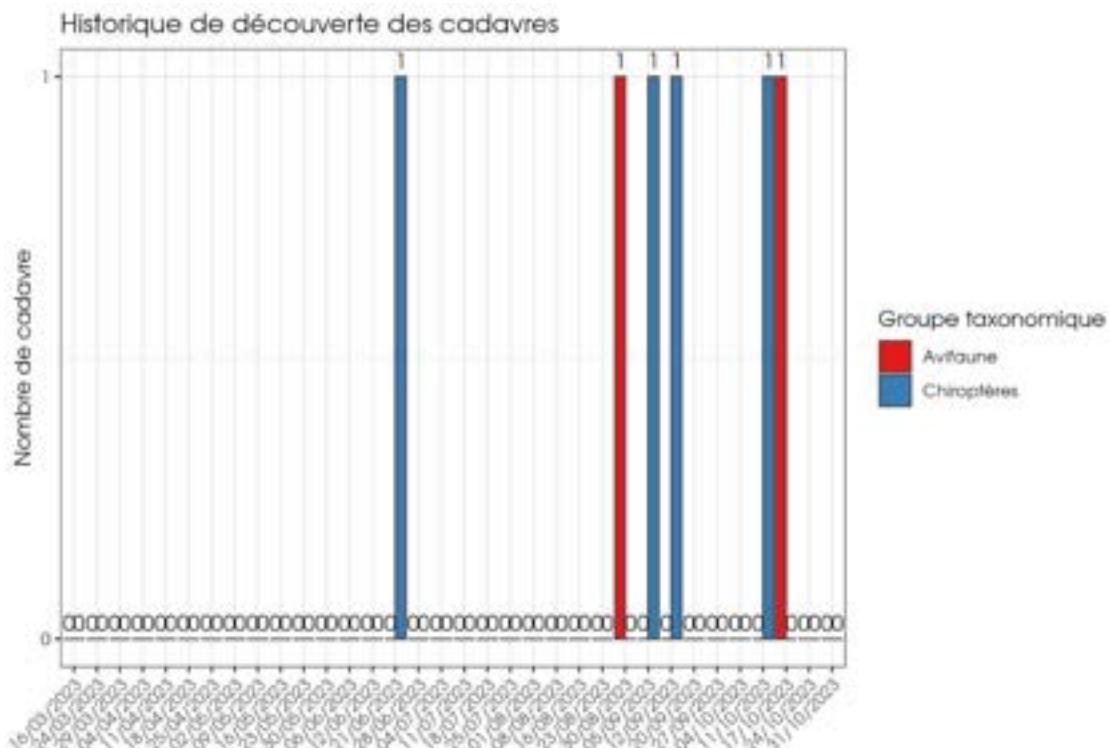


Figure 6 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bazougeais

2.1.1.2 Suivi par éolienne

L'analyse par éolienne montre que les cadavres ont été retrouvés sous les éoliennes BAZ 2, 3 et 4 avec des valeurs assez différentes entre elles. L'éolienne BAZ 2 montre un effectif de cadavres découverts plus important, avec 3 cadavres, dont 1 oiseau et 2 chiroptères. Aussi bien pour les oiseaux que pour les chiroptères, l'éolienne BAZ 4 montre un effectif de cadavres découverts plus faible avec 1 oiseau et 1 chiroptère. L'éolienne BAZ 3 montre, quant à elle, un seul cadavre de chiroptère découvert. Enfin, l'éolienne BAZ 1 ne montre aucun cadavre découvert.

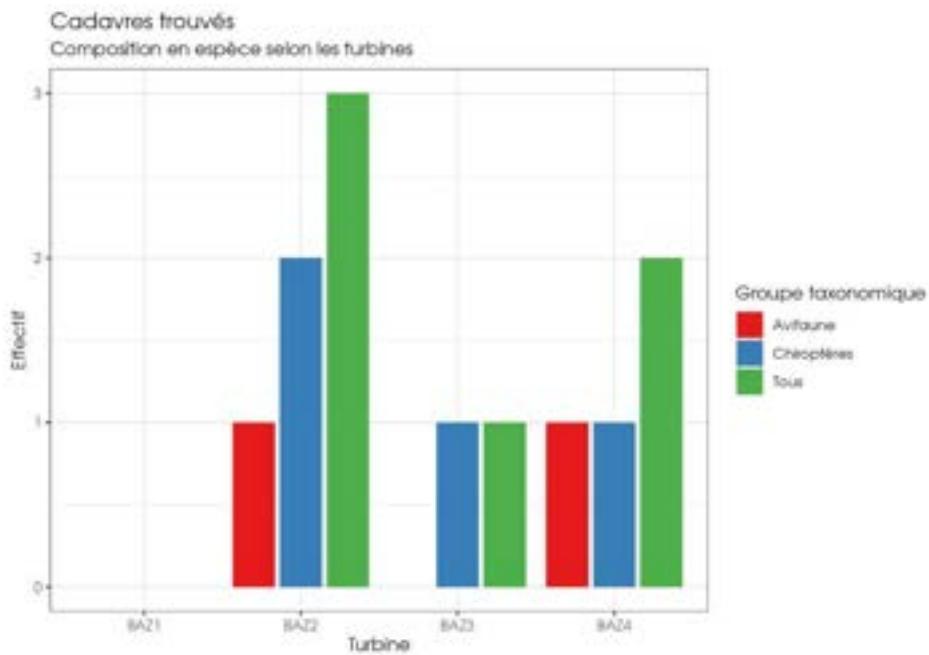


Figure 7 : Nombre de cadavres découverts par éolienne

Trois éoliennes sur quatre présentent des cas de mortalité aussi bien pour l'avifaune que pour les chiroptères. Les mortalités brutes recensées varient peu entre les éoliennes, comprises entre 1 et 4 cadavres par éolienne et de 1 à 2 par groupe

faunistique. La majorité des cadavres appartient au groupe des chiroptères (4 individus). Les éoliennes BAZ 2 et BAZ 4 (dans une moindre mesure) semblent avoir un impact plus marqué que les autres machines sur la base des résultats bruts.

2.1.1.3 Répartition spatiale des observations

Les observations ont été réalisées sur l'ensemble des distances prospectées. La majorité des individus sont observés entre 10 à 20 m, l'individu retrouvé le plus loin d'une éolienne est un corvidé indéterminé observé à 58 m.

Si l'on regarde la localisation des observations par rapport aux éoliennes suivies, les observations semblent différentes entre les deux groupes, plus proches de l'éolienne pour les chiroptères avec un pic autour des 10 m (2 individus), sinon les individus sont retrouvés à 17 m et 26 m de l'éolienne. Pour l'avifaune, les observations sont très différentes avec un individu à 15 m, tandis que le deuxième est à 58 m. Il est important de noter que ces observations présentent des différences significatives, car l'un des cadavres semble avoir été prédaté après la collision avec l'éolienne.

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

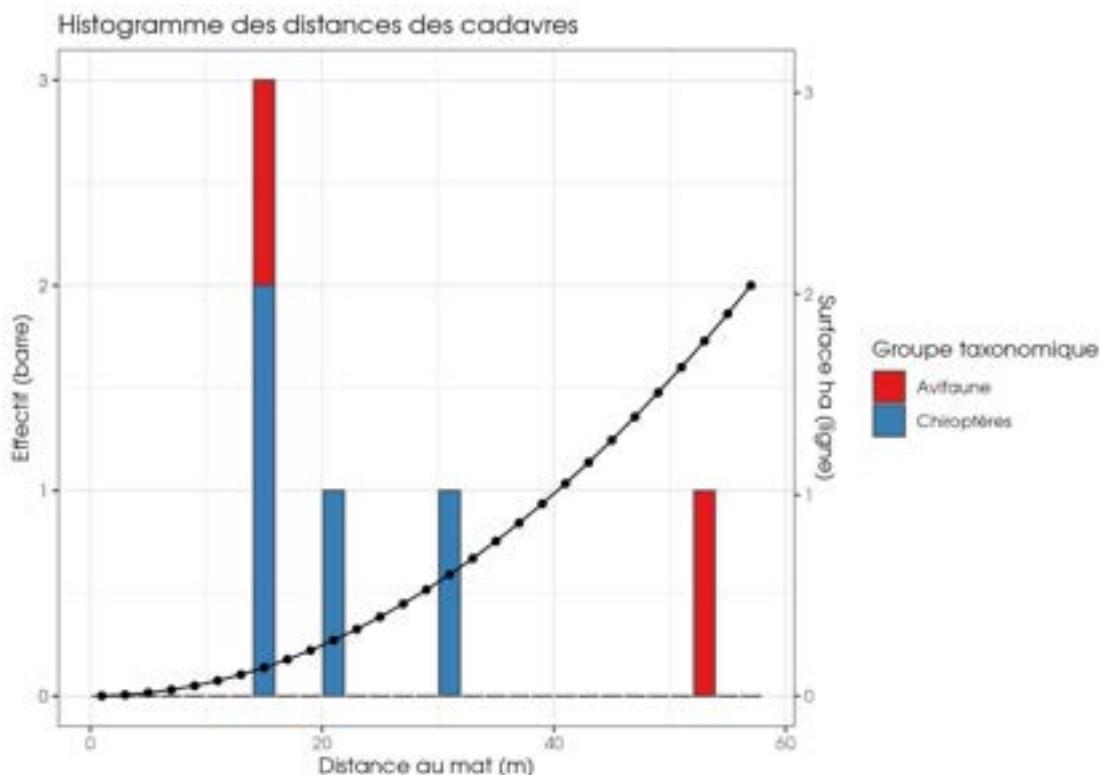


Figure 8 : Répartition spatiale (distance à l'éolienne) des cadavres retrouvés au sein du parc de Bazougeais. La courbe représente l'évolution de la surface de l'aire d'étude prospectée en fonction de la distance au pied de l'éolienne.

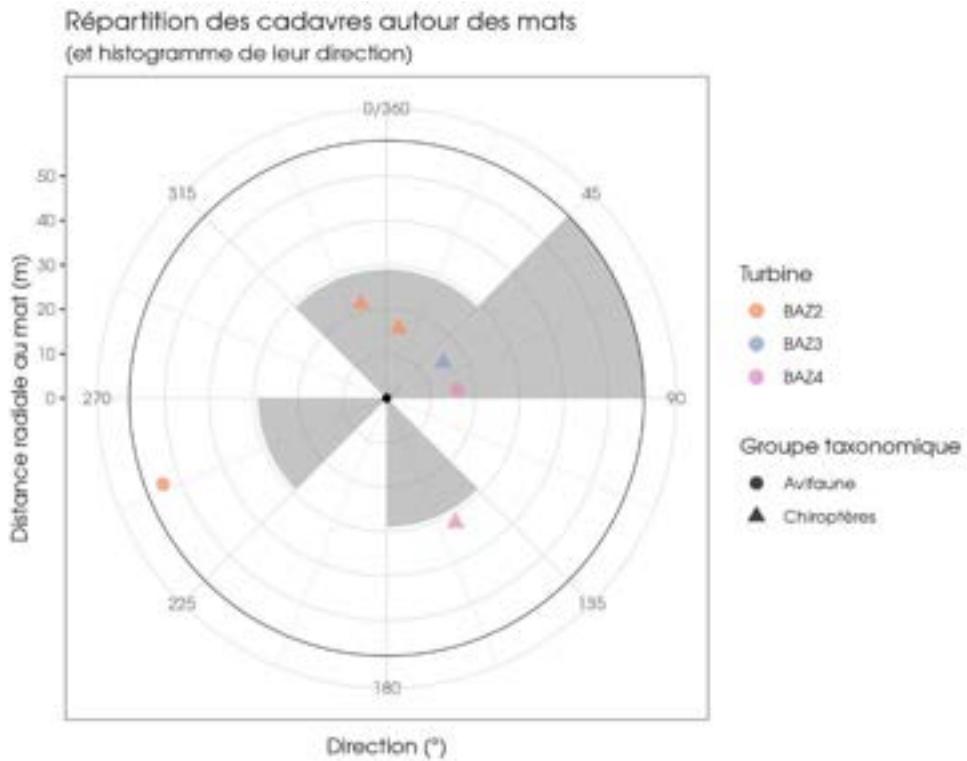


Figure 9 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation

2.1.1.4 Description des oiseaux retrouvés

2 individus répartis au sein de 2 espèces, une identifiée et une seconde non identifiée, ont été retrouvés sous les éoliennes du parc de Bazougeais : le Roitelet à triple bandeau (1 individu) et une espèce de corvidés indéterminée (1 individu).

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2022 un « référentiel de mortalité brute » cumulant l'ensemble des observations de cadavres d'oiseaux réalisées dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain depuis 2019. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale. On constate que le Roitelet à triple bandeau est une espèce fréquemment observée en France. En effet, sur les 76 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle est l'espèce la plus découverte en Métropole.

De la même manière, la synthèse de données mise à disposition par Tobias Dürr (mise à jour le 09 août 2023) 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 une espèce fortement impactée en Europe et en France. En effet, sur les 305 espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité, elle est la deuxième espèce la plus découverte en France et la neuvième en Europe d'après la base de Tobias Dürr.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dürr présentent un intérêt comparatif qui reste toutefois limité. En effet, l'ensemble des biais et limites quant à l'effort de prospection associés à chaque découverte n'est pas intégré dans ce type de base de données. Aussi, ces observations ne représentent qu'une partie de la réalité de la mortalité réelle pour laquelle il reste impossible de vérifier leur concordance.

Par ailleurs, la base de données concernant l'avifaune mise à disposition par Tobias Dürr se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc de Bazougeais par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dürr proviennent d'une faible proportion de parcs Français. Il s'agit néanmoins de la synthèse Européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est conforté au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022.

Tableau 4 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des oiseaux touchés par les parcs

éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	D	E	NL	PT	Rang Bazougeais
Roitelet à triple bandeau	8 (492)	2 (384)	1 (80)	53 (1)	18 (3)	21 (45)	18 (45)	21 (1)	17 (2)	1 (1)

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, PT = 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 le Roitelet à triple bandeau a bien été contacté lors de l'état initial.

Si l'on se réfère au suivi de mortalité de 2022, on constate que le Roitelet à triple bandeau a bien été contacté lors du suivi de 2022, en revanche aucun Pigeon ramier, Épervier d'Europe, Corneille noire et Goéland brun n'a été retrouvés au pied des éoliennes en 2023 (contrairement à 2022). Ces espèces avaient aussi été contactées lors de l'état initial.

Évaluation des enjeux

Le Tableau 5 présente les statuts de protection et de conservation des espèces d'oiseaux retrouvées sur le parc de Bazougeais en 2023 à l'échelle régionale, française et européenne.

Le Roitelet à triple bandeau est une espèce protégée au niveau national et une espèce nicheuse déterminante ZNIEFF en Bretagne.

Tableau 5 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Bazougeais

Espèces	Protection nationale	Directive Oiseaux	Liste rouge Europe (2015)	Liste rouge France nicheur (2016)	NIOF migrateur (2008)	Liste rouge nicheur Bretagne (2023)	Liste rouge migrateur Bretagne (2015)	Espèces déterminantes Bretagne : Espèces nicheuses
Roitelet à triple bandeau	Article 3		LC	LC	NA	LC	DD	Oui

Légende :

Protection nationale

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

Directive Oiseaux

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

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

Annexe II : espèces pouvant être chassées :

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

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

Annexe III : espèces pouvant être commercialisées :

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

NIOF (Nouvel Inventaire des Oiseaux de France) Migrateur

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

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

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

Listes rouges

Liste rouge 2023 des oiseaux nicheurs menacés en Bretagne et responsabilité biologique régionale. Rapport Observatoire Régional de l'Avifaune, Bretagne Vivante, GEOCA.

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

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

Espèces déterminantes

Espèces déterminantes de la Région Bretagne : Espèces nicheuses

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

2.1.1.5 Description des chauves-souris retrouvées

4 individus d'une même espèce ont été retrouvés morts sur le parc de Bazougeais : la **Pipistrelle commune** (4 individus).

La Pipistrelle commune est une espèce assez sédentaire. Elle s'éloigne ainsi peu de son domaine vital. Les individus touchés sont donc probablement issus de colonies locales, proches du parc éolien (quelques kilomètres).

À titre de comparaison, Biotope a réalisé en 2022 un « **référentiel de mortalité brute** » cumulant l'ensemble des observations de cadavres de chiroptères réalisées dans le cadre de suivis environnementaux au niveau métropolitain depuis 2019. Ce référentiel permet de faire un bilan des espèces a priori les plus sensibles au collision/barotraumatisme à l'échelle nationale. On constate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus fréquemment observée en France. En effet, sur les 12 espèces ou groupes d'espèces comptabilisées dans les suivis de mortalité réalisés par Biotope depuis 2019, elle est la 1^{ère} espèce la plus découverte en Métropole.

De la même manière, la synthèse de données disponibles de Tobias Dürr (mise à jour le 9 août 2023) sur les cadavres de chauves-souris relate que la Pipistrelle commune est l'espèce la plus touchée par les parcs éoliens à l'échelle européenne et à l'échelle française.

Pour rappel, les bases de données observationnelles, que ce soit celle de Biotope ou celle de Tobias Dürr présentent un intérêt comparatif qui reste toutefois limité. En effet, l'ensemble des biais et limites quant à l'effort de prospection associés à chaque découverte n'est pas intégré dans ce type de base de données. Aussi, ces observations ne représentent qu'une partie de la réalité de la mortalité réelle pour laquelle il reste impossible de vérifier leur concordance.

Par ailleurs, la base de données concernant les chiroptères mise à disposition par Tobias Dürr se base sur des observations transmises de manière volontaire. Elle permet, comme celle de Biotope, de comparer la mortalité observée sur le parc de Bazougeais par rapport à celle recensée aux échelles nationale et européenne. Cependant, si elle donne une idée générale concernant les espèces touchées et leurs proportions, elle est loin d'être exhaustive. Les données françaises recueillies par Tobias Dürr proviennent d'une faible proportion de parcs Français. De plus, ces chiffres sont des approximations car on note une grande part d'individus indéterminés au sein de chaque genre (pipistrelles indéterminées, noctules indéterminées, etc.). De même, pour un grand nombre d'individus, même le genre n'a pas pu être déterminé du fait, entre autres, de leur état de décomposition avancée et/ou de la non-présence de spécialistes à proximité capables d'identifier notamment les pipistrelles grâce à leur dentition. Toutefois il s'agit néanmoins de la synthèse Européenne la plus détaillée qui existe à ce jour et qui est conforté au niveau métropolitain par le « référentiel de mortalité brute » réalisé par Biotope en 2022.

Tableau 6 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.

Espèce/Pays	Rang Europe	Rang France	Rang FR Biotope	A	BE	UK	D	ES	PT	Rang Bazougeais (effectif)
Pipistrelle commune	1 (3401)	1 (1931)	1 (293)	5 (2)	1 (30)	2 (46)	3 (802)	3 (211)	1 (323)	1 (4)

Légende : A = Autriche, BE = Belgique, CH = Suisse, CR = Croatie, CZ = République tchèque, D = Allemagne, ES = 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 l'espèce avait été identifiée comme présente. 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.

Si l'on se réfère au suivi de mortalité de 2022, on constate que la Pipistrelle commune a bien aussi été observée lors du suivi réalisé en 2022. En revanche, aucune Pipistrelle de Kuhl n'a été retrouvée au pied des éoliennes en 2023 (contrairement à 2022). Cette espèce avait aussi été contactée lors de l'état initial.

Évaluation des enjeux

Le Tableau 7 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. L'espèce contactée est strictement protégée en France et dans l'Union Européenne. La Pipistrelle commune est considérée comme patrimoniale en France car quasi menacée.

Tableau 7 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Bazougeais

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

Légende :

Protection nationale

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

Directive Habitats

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

Listes rouges Europe, France et Bretagne

Liste rouge européenne des espèces menacées (IUCN, 2012)

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

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

2.1.1.1 Evaluation de tendance à travers les quantiles de mortalité brute

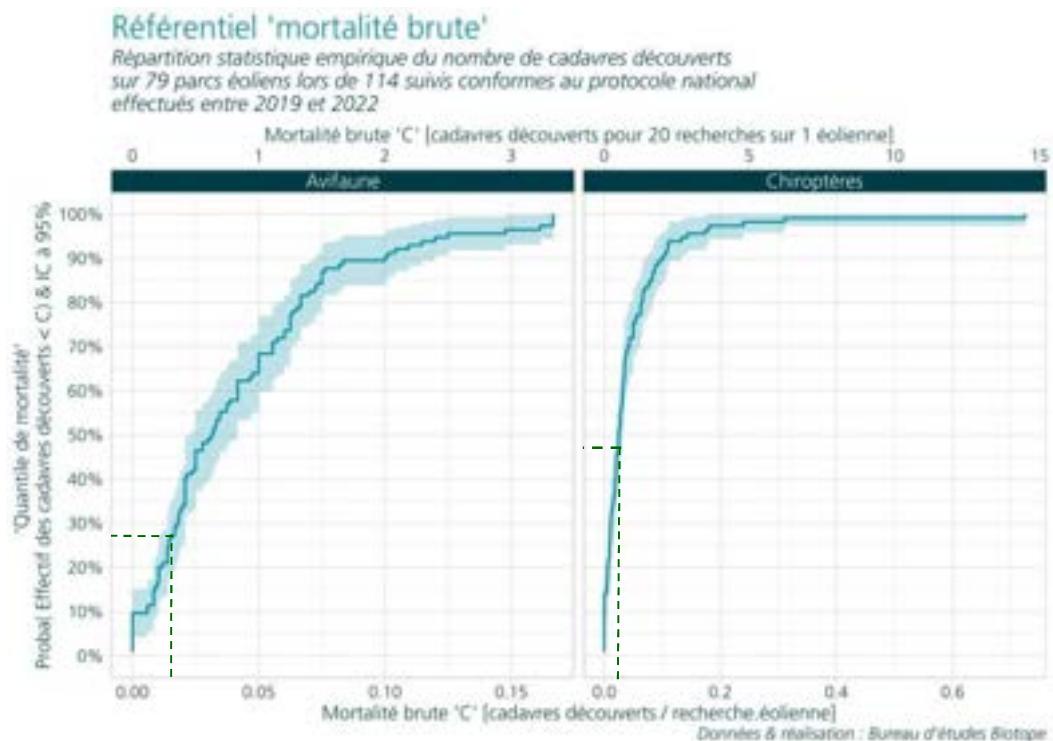


Figure 10 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2022).

Cette représentation graphique repose sur les données extraites du référentiel de mortalité brute élaboré par Biotope. Ce référentiel synthétise l'intégralité des informations relatives aux cadavres d'oiseaux et de chiroptères recueillis entre 2019 et 2022 dans les parcs éoliens suivis. Le graphique permet d'obtenir un « quantile de mortalité brute » en fonction de la mortalité brute 'C' calculée par recherche éolienne, correspondant au nombre de passage multiplié par le nombre d'éolienne du parc. En résulte un nombre de cadavre par recherche-éolienne pour les deux groupes taxonomiques.

Au sein du parc éolien de Bazougeais, il a été observé un total de 2 cadavres d'oiseaux et 4 cadavres de chiroptères. Pendant le suivi, 4 éoliennes ont été suivies durant 34 passages. Cela conduit à une mortalité brute 'C' de 0,015 cadavres par recherche-éolienne pour les oiseaux et de 0,029 cadavres par recherche-éolienne pour les chiroptères.

En utilisant le graphique comme référence, nous déterminons un quantile de mortalité brute de 27% pour les oiseaux et de 47% pour les chiroptères. Cette analyse graphique nous permet de constater que la mortalité brute du parc de Bazougeais est parmi les 27% les plus faibles du référentiel pour les oiseaux, contre 53% les plus élevés pour les chiroptères.

Il est important de noter que ces valeurs ne constituent qu'une alerte sur un potentiel risque de significativité, et doivent être interprétées en conjonction avec les autres indicateurs. Cependant, il semble que le parc étudié présente une tendance à une mortalité brute plus élevée que les autres parcs surveillés par Biotope depuis 2019. Cependant, il convient de souligner une nouvelle fois que cette interprétation, prise individuellement, ne permet pas de tirer des conclusions définitives quant à la signification potentielle de l'impact du parc de Bazougeais sur les populations d'oiseaux et de chiroptères.

2.1.2 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.

2.1.2.1 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 8, Figure 11 et Figure 12). Le couvert végétal dans les zones de recherche influence directement les capacités de l'observateur à détecter les cadavres (Domínguez del Valle et al., 2020). Les milieux herbacés hauts ($> 30/40$ cm) et denses sont incompatibles avec les suivis. Ainsi, dès lors que la végétation correspondait à ce type d'occupation du sol, l'efficacité de recherche a été considérée comme nulle et les parcelles non prospectées.

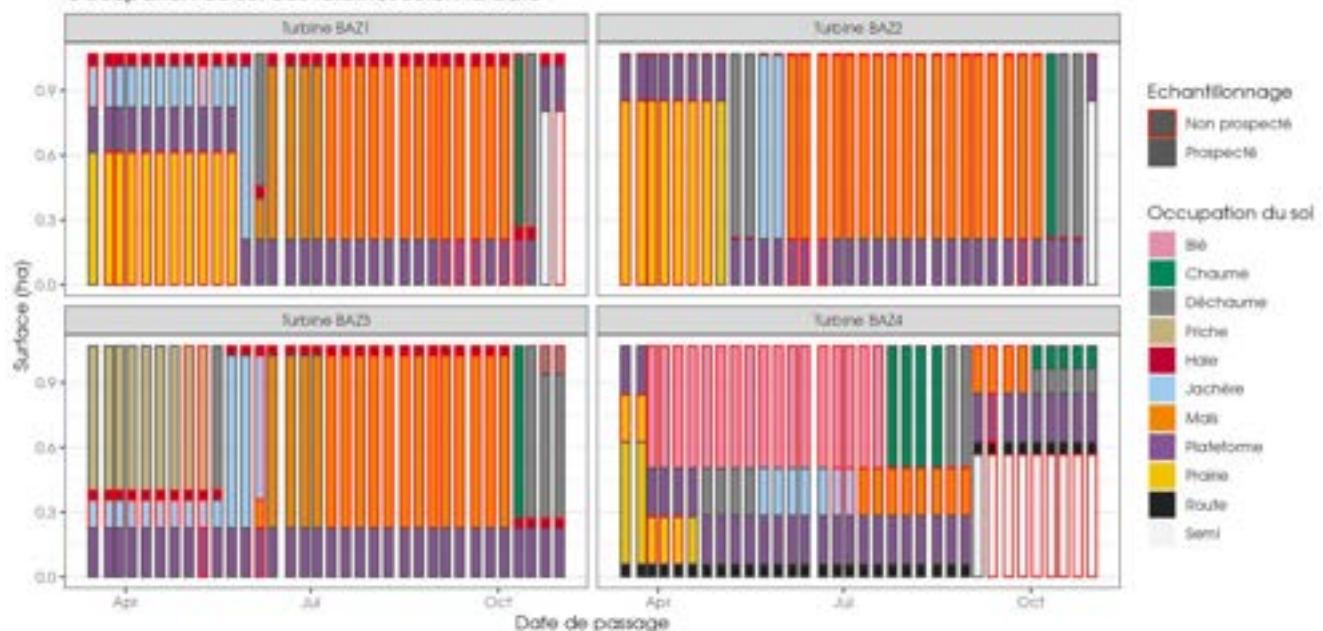
Dans le cadre de cette étude, la végétation a été une contrainte dans la recherche de cadavres où pour certains passages, les recherches n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces à prospecter. De plus à la date du 12 septembre 2023, Les éoliennes BAZ1 et BAZ4 étaient en maintenance ainsi la recherche des leurre pour le deuxième test d'efficacité de recherche n'ont pas pu être menées sur la totalité des surfaces de ces deux éoliennes.

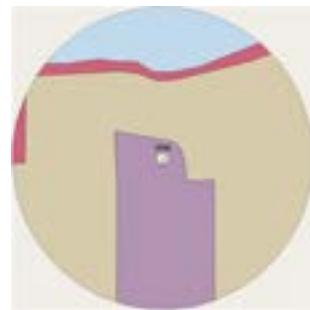
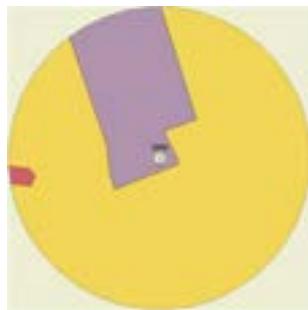
L'ensemble de ces évènements a été intégré dans les modalités de calcul par 1) le coefficient correcteur de surface et 2) le coefficient d'efficacité de recherche.

Tableau 8 : 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 (34 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).

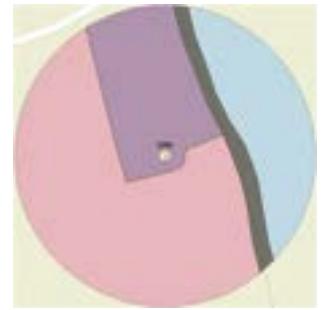
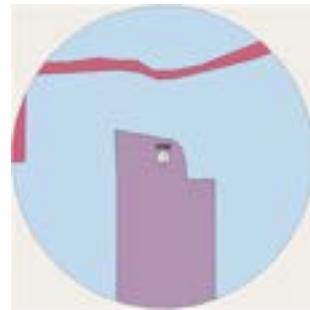
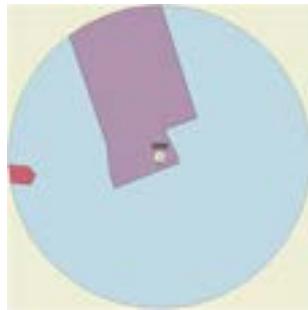
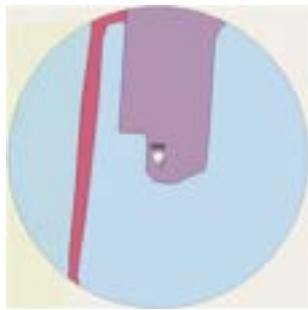
Milieux	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total
Blé	0,00%	0,00%	0,00%	26,46%	6,62%
Chaume	2,21%	2,34%	2,20%	7,68%	3,61%
Déchaume	3,90%	9,37%	8,44%	7,11%	7,20%
Friche	0,00%	0,00%	16,58%	0,00%	4,14%
Haie	5,20%	0,55%	4,07%	0,00%	2,46%
Jachère	8,00%	4,69%	9,83%	4,23%	6,69%
Maïs	38,14%	42,17%	37,77%	7,26%	31,33%
Plateforme	19,57%	19,80%	21,11%	21,05%	20,38%
Prairie	18,55%	18,74%	0,00%	6,74%	11,01%
Route	0,00%	0,00%	0,00%	5,47%	1,37%
Semi	4,43%	2,34%	0,00%	14,01%	5,19%
Total	100 %	100 %	100 %	100%	100%

Occupation du sol des turbines selon la date

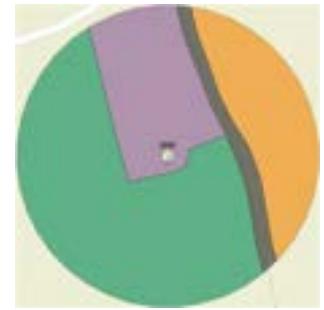
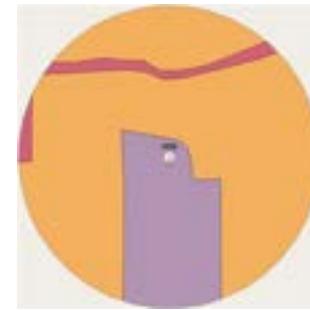
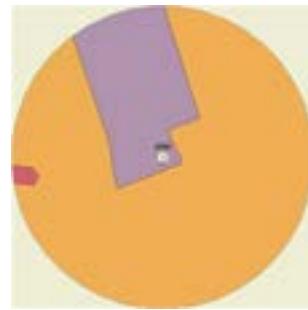
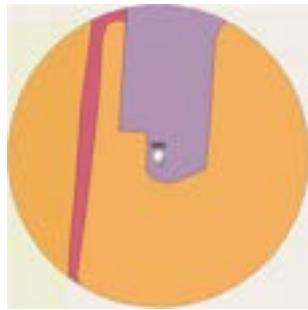




Occupation du sol à la date du 18/04/2023



Occupation du sol à la date du 30/05/2023



Occupation du sol à la date du 25/07/2023

	Blé
	Chaume
	Déchaume

	Friche
	Haie
	Jachère
	Maïs

	Plateforme
	Prairie
	Route
	Semi

Figure 12 : Occupation du sol pour les éoliennes BAZ1, BAZ2, BAZ3, BAZ4 (de gauche à droite) à différentes dates

2.1.2.2 Évolution du taux de surface prospectée

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

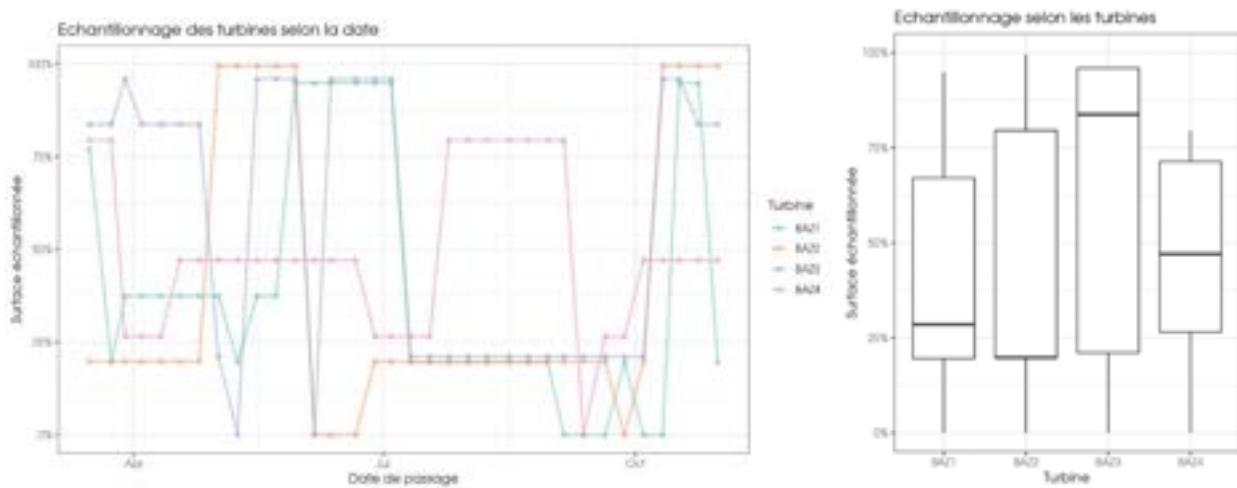


Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum,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

2.1.2.3 Résultats des tests et calcul des coefficients correcteurs

2.1.2.3.1 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 très faibles (allant de 0,39 à 0,55). 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 34 passages

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Quantile 2.5%	0,00	0,00	0,00	0,22
Premier quartile	0,20	0,20	0,21	0,27
Moyenne	0,40	0,39	0,57	0,49
Moyenne pondérée	0,39	0,39	0,55	0,48
Médiane	0,29	0,20	0,84	0,47
Troisième quartile	0,67	0,80	0,96	0,71
Quantile 97.5%	0,95	0,99	0,96	0,79

2.1.2.3.1. Coefficient de persistance (s)

À la suite des tests de persistance et aux analyses statistiques basées sur la sélection de modèles, nous avons retenu comme modèle le plus parcimonieux (AIC weight = 0,64) : « **Persistance ~ TurbID + 1** » en utilisant une famille de distribution « lognormal ». Cela veut dire que la durée de persistance est variable entre les différentes éoliennes. Ce taux de disparition s'accélère dans le temps avec en général une disparition plus rapide au début de test et qui a tendance à ralentir.

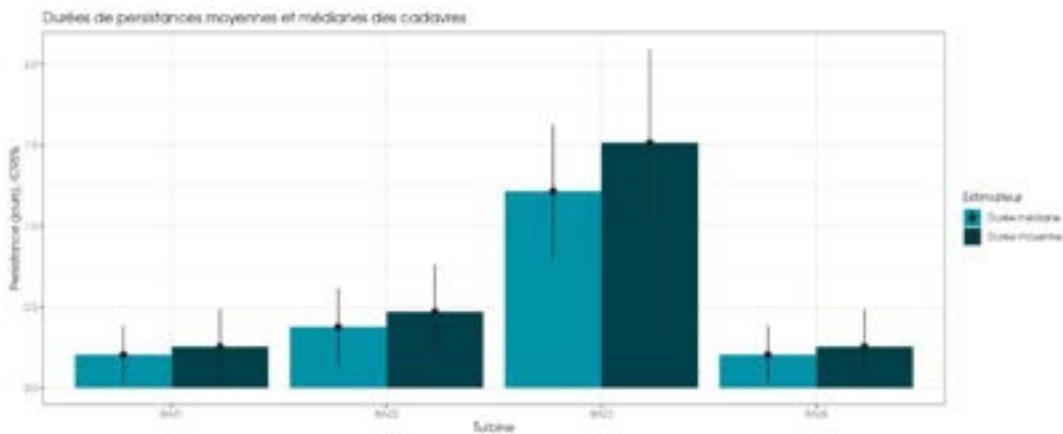


Figure 14 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de préation

Nous pouvons discerner deux groupes d'éoliennes avec des durées de persistance relativement différentes. En effet, les éoliennes BAZ1, BAZ2 et BAZ4 ont une durée de persistance moyenne autour d'un demi-jour, c'est-à-dire qu'un cadavre disparaît en moyenne après une demi-journée. Au contraire, l'éolienne BAZ3 possède une durée de persistance plus élevée, d'environ 1 jour et demi. Les intervalles de confiance montrent une estimation moyenne de l'évaluation de la préation (Figure 14 & Tableau 10). Ainsi la préation est forte sur l'ensemble du parc, ce qui implique des estimations de mortalités larges.

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.

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Résultats des tests de persistances				
Persistance moyenne (en jours)	0,25	0,47	1,51	0,25
Intervalle de confiance à 95%	[0,02 ; 0,49]	[0,18 ; 0,76]	[0,94 ; 2,09]	[0,02 ; 0,49]

2.1.2.3.2. Coefficient d'efficacité de recherche (f)

À la suite des tests d'efficacité de recherche, les analyses statistiques basées sur la sélection de modèles nous ont permis de sélectionner le modèle « **Trouve ~ Recou + 1** ». Cette sélection a permis de déterminer les probabilités de détection pour tous les cas de figures de recouvrement végétal rencontrés par l'observateur pour chaque éolienne durant le suivi (Tableau 11).

Cela veut dire que l'efficacité de l'opérateur est variable en fonction de la densité du couvert végétal. Plus le couvert est dense, plus il est difficile pour l'opérateur de trouver des cadavres.

Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédicts (estimations et interpolations) par pourcentage de recouvrement pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi

Recouvrement végétal (%)	Détections prédictes	Détections observées	Type de prédiction
0	0,95 [0,82 ; 0,99]	0,96 [0,88 ; 1,00]	Estimation
1	0,95 [0,82 ; 0,99]	1,00 [1,00 ; 1,00]	Estimation
2	0,95 [0,81 ; 0,99]	0,50 [0,00 ; 1,00]	Estimation
3	0,95 [0,81 ; 0,99]	1,00 [1,00 ; 1,00]	Estimation
5	0,94 [0,80 ; 0,98]		Interpolation
10	0,92 [0,78 ; 0,98]		Interpolation
15	0,90 [0,75 ; 0,96]		Interpolation
20	0,87 [0,72 ; 0,95]		Interpolation
30	0,8 [0,64 ; 0,90]		Interpolation
35	0,75 [0,59 ; 0,86]		Interpolation
50	0,57 [0,40 ; 0,72]	0,60 [0,33 ; 0,87]	Estimation
60	0,43 [0,25 ; 0,63]	0,40 [0,13 ; 0,67]	Estimation
70	0,30 [0,14 ; 0,54]		Extrapolation
75	0,25 [0,10 ; 0,51]		Extrapolation
80	0,20 [0,07 ; 0,47]		Extrapolation
90	0,13 [0,03 ; 0,40]		Extrapolation
95	0,10 [0,02 ; 0,36]		Extrapolation
100	0,08 [0,01 ; 0,33]		Extrapolation

Les taux d'efficacité prédicts des zones prospectées sont très variables en fonction du recouvrement végétal. Ils sont globalement satisfaisants avec une gamme de valeurs allant de 0,08 au minimum (100% de recouvrement végétal) à 0,95 au maximum (avec absence de végétation) suivant les milieux prospectés. En effet, la probabilité de détection diminue lorsque le recouvrement végétal augmente.

2.1.2.4 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 celui-ci. Ainsi, le 1^{er} passage permet d'établir un état zéro afin de garantir que toute nouvelle découverte de cadavre s'est bien produite dans l'intervalle précédent chaque passage.

La probabilité de détection $P(s,f)$ est très faible de manière générale (entre 0 et 0,19 suivant les méthodes) et le coefficient surfacique (a) est très faible également (entre 39% et 55% de surfaces prospectées). Par la compilation des deux, les probabilités globales de détection varient de 0 à 0,10. **En ordre de grandeur, la mortalité probable de chaque éolienne est entre 10 et 100 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. De plus, les intervalles de confiance sont de fait plutôt importants (détection globale faible).**

Les éoliennes BAZ1 et BAZ4 sont les éoliennes qui ont la plus faible probabilité de détection globale, BAZ3 a la probabilité de détection globale la plus forte, mais qui reste dans l'absolu assez faible. BAZ2 est intermédiaire.

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

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Probabilité détection $P(s,f)$				
Huso (2010)	0,03	0,06	0,19	0,03
Erickson et al. (2000)	0,03	0,07	0,19	0,03
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,00	0,01	0,13	0,00
Coefficient correcteur de surface a				
Taux surfaces prospectées pondérées par le temps	0,39	0,39	0,55	0,48
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$				
Huso (2010)	0,01	0,02	0,10	0,01
Erickson et al. (2000)	0,01	0,03	0,10	0,01
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,00	0,00	0,07	0,00

2.1.2.4.1. Estimation de la mortalité pour l'avifaune

- **Éoliennes BAZ2 et BAZ4**

Ces deux éoliennes présentent le plus de découverte de cadavres ($n=1$). Elles possèdent également les mortalités probables les plus fortes du parc.

Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ2, sont comprises entre 41 et 212 individus sur une période de 229 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 179 à 256 individus et minimum allant de 3 à 32 individus. L'observation (corvidé indéterminé) a été réalisée le 17 octobre 2023 (Tableau 13).

Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ4, sont comprises entre 50 et 212 individus sur une période de 229 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 219 à 260 individus et minimum allant de 6 à 42 individus. L'observation (Roitelet à triple bandeau) a été réalisée le 30 août 2023 (Tableau 13).

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	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	1	0	1	2
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 192]	41 [3 ; 180]	0 [0 ; 28]	50 [6 ; 219]	205 [78 ; 445]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 180]	48 [4 ; 179]	0 [0 ; 27]	62 [9 ; 222]	218 [75 ; 438]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	39 [3 ; 242]	212 [32 ; 256]	0 [0 ; 42]	212 [42 ; 260]	449 [234 ; 674]

- **Ensemble du parc**

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 205 à 449 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 75 à 234 individus au minimum et de 438 à 674 individus au maximum pour l'ensemble du parc, ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 2 observations ont été réalisées sur 229 jours centrés sur deux saisons, estivale et automnale (1 découverte en aout et 1 découverte en octobre).

Les éoliennes BAZ2 et BAZ4 présentent les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ1 et BAZ3. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres (Figure 15).

Synthèse des résultats du suivi de mortalité
Nombre d'individus morts au cours de la période d'étude (229 jours)

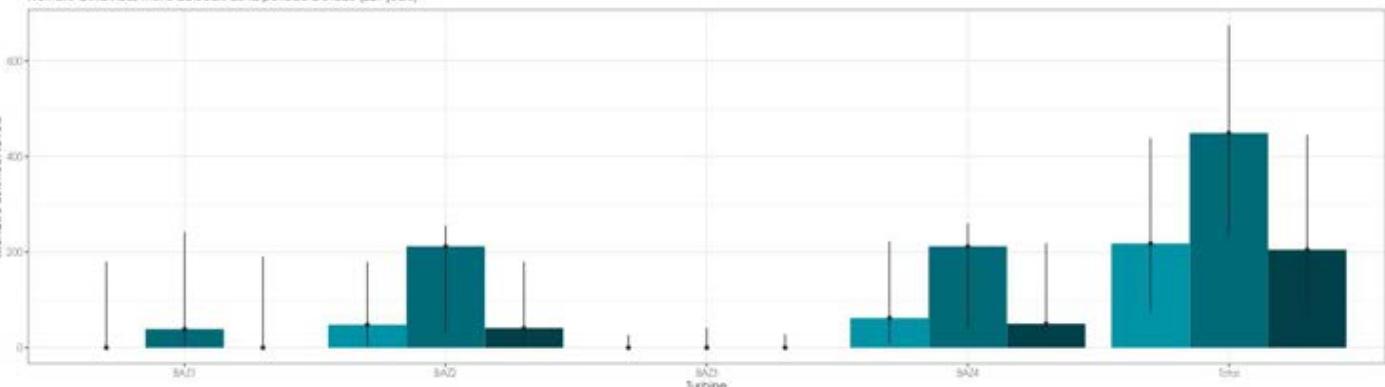


Figure 15 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les oiseaux pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2023 sur 229 jours

2.1.2.4.2. Estimation de la mortalité des chiroptères

- **Éolienne BAZ2**

C'est l'éolienne qui présente le plus de découvertes de cadavres ($n=2$). Les estimations de mortalité selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ2 sont comprises entre 69 et 227 individus sur une période de 229 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 217 à 267 individus et minimum allant de 17 à 68 individus. Les 2 observations (Pipistrelle commune) ont été réalisées entre le 12 septembre 2023 et le 11 octobre 2023.

- **Éoliennes BAZ3 et BAZ4**

Les éoliennes BAZ3 et BAZ4 présentent moins de découvertes de cadavre ($n=1$).

L'éolienne BAZ4 est celle qui présente les estimations avec les plus fortes incertitudes. Le nombre maximum (IC 95%) de l'effectif impacté est compris entre 220 et 259 chiroptères. L'observation (Pipistrelle commune) a été réalisée le 5 septembre 2023 (Tableau 13).

Les estimations de mortalité, selon les méthodes d'estimation pour l'éolienne BAZ3, sont comprises entre 10 et 13 individus sur une période de 229 jours de suivi. Les intervalles de confiance donnent des effectifs maximum (IC 95%) allant de 44 à 66 individus et minimum allant de 1 à 2 individus. L'observation (Pipistrelle commune) a été réalisée le 21 juin 2023 (Tableau 13).

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	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	2	1	1	4
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 185]	69 [19 ; 218]	11 [1 ; 45]	65 [10 ; 224]	291 [114 ; 498]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	2 [0 ; 190]	85 [17 ; 217]	10 [1 ; 44]	48 [7 ; 220]	259 [110 ; 495]
Körner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	48 [1 ; 240]	227 [68 ; 267]	13 [2 ; 66]	205 [39 ; 259]	513 [273 ; 703]

- **Ensemble du parc**

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 259 et 513 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 110 à 273 individus au minimum et de 495 à 703 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Les 4 observations ont été réalisées sur 105 jours centrés sur la période printanière et automnale (du 21 juin au 11 octobre : 1 découverte en juin, 2 découvertes en septembre et 1 découverte en octobre).

L'éolienne BAZ2 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ4, BAZ3 et BAZ1. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres (Figure 16).

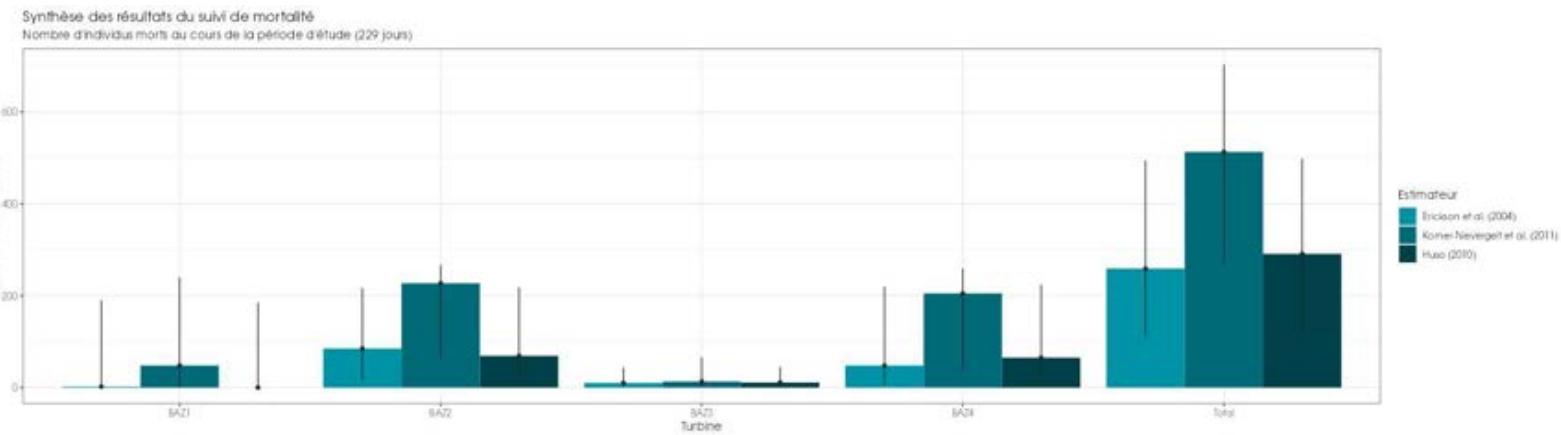


Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2023 sur 229 jours

2.1.3 Synthèse du suivi de mortalité

Le deuxième suivi de mortalité mené sur le parc éolien de Bazougeais entre le 16 mars 2023 et le 31 octobre 2023 (4 machines) a conduit à l'observation de 6 cadavres : 2 oiseaux (2 espèces) et 4 chauves-souris (1 espèce).

En effet, 2 espèces d'oiseaux (espèce de corvidé indéterminée et le Roitelet à triple bandeau) et une espèce de chiroptère (la Pipistrelle commune) ont été retrouvés sous les éoliennes du parc suivi.

A noter l'observation d'une Pipistrelle commune hors protocole près de BAZ3.

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

Les cadavres ont été localisés à des distances comprises entre 15 m (Roitelet à triple bandeau) et 58 m du mât (espèce de corvidé indéterminée) pour les oiseaux et entre 11 m (Pipistrelle commune) et 26 m (Pipistrelle commune) pour les chiroptères.

Deux tests de persistance des cadavres ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 80 rats. Lors de ces tests, les vitesses de disparition des cadavres déposés ont été peu variables à l'échelle du parc, avec des temps moyens de persistance des cadavres élevés variant de 0,25 jours (BAZ1 et BAZ4) à 1,51 jours (BAZ3).

Deux tests d'efficacité de recherche ont été réalisés, avec l'utilisation d'un total de 69 leurres. Une opération de maintenance sur BAZ 1 et BAZ 4 n'a pas permis de réaliser entièrement le second test d'efficacité.

Des estimations de la mortalité ont été réalisées pour l'ensemble des éoliennes du parc, sur la durée du suivi (229 jours).

L'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 259 à 513 cas de mortalité de chiroptères sur la période de suivi, soit une moyenne d'environ 65 à 128 chiroptères par éolienne sur la période de suivi (229 jours).

Concernant l'avifaune, l'utilisation des formules d'estimation amène à estimer une mortalité la plus probable de l'ordre de 205 à 449 cas de mortalité d'oiseaux sur la période de suivi, soit une moyenne d'environ 51 à 112 oiseaux par éolienne sur la période de suivi (229 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 par éolienne et par an, sans correction statistique (HARTER, 2015). De plus, de la mortalité a été constatée sur tous les parcs étudiés.

Faute de référentiel, il est complexe de conclure et d'évaluer l'impact du parc de Bazougeais en fonctionnement sur la conservation des espèces d'oiseaux et de chiroptères. On notera toutefois que les estimations de mortalité sur le parc semblent supérieures aux résultats fournis par la bibliographie. Ces résultats sont néanmoins à mettre en regard d'intervalles de confiance très importants. En effet, la forte prédation enregistrée sur le parc et dans une moindre mesure la proportion de surfaces échantillonnées participent à l'augmentation importantes de ces incertitudes.

A contrario, sur la seule base de la mortalité brute, la mesure corrective de renforcement du bridage mis en place en 2023 semble avoir eu un impact positif (4 cadavres en 2023 contre 10 en 2022).

L'activité chiroptérologique relativement faible sur ce parc éolien (seulement 600 minutes positives sur 192 nuits d'écoute) tend à prendre ses résultats statistiques avec prudence.

En l'état des connaissances, il n'est pas possible de conclure de manière certaine sur l'impact du parc de Bazougeais sur les oiseaux ni les chiroptères, par conséquent et conformément à l'arrêté, l'exploitant reconduit pour une troisième année le suivi en 2024 tout en apportant un lot de nouvelles mesures correctives pour permettre de caractériser l'impact du parc (voir ci-dessous) :

L'objectif premier est de faire baisser les incertitudes extrêmement fortes sur ce parc qui ne permettent pas d'évaluer la significativité de la mortalité. L'application du protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestres dans sa révision de 2018 doit être adapté aux particularités du taux de persistance de ce parc. Bien que le protocole soit déjà renforcé avec un élargissement des suivis entre S12 et S43 (et non S20 à S43 dans la version minimale du protocole national), cela ne permet pas de répondre à la problématique de prédation, il est donc convenu :

- Doublement du nombre de passage de rechercher de cadavre
 - Augmentation du nombre de test de persistance
-

Cette augmentation de la fréquence de passage devrait réduire fortement les incertitudes en 2024.

En plus de ces mesures correctives en lien avec la problématique d'incertitude statistique, il est convenu d'augmenter à nouveau les paramètres d'asservissement afin de limiter au maximum les impacts potentiels en l'absence de conclusion sur la caractérisation du risque résiduel.

Ce nouveau suivi permettra de valider les résultats obtenus, aussi bien pour les aspects quantitatifs (estimations de la mortalité) que qualitatifs (phénologie de la mortalité), et confirmer la bonne mise en place des mesures correctives.

Pour aller encore plus loin dans la précision des estimations, une démarche de concertation avec les exploitants agricoles locaux serait une réelle plus-value. Cela pourrait permettre d'améliorer l'efficacité de recherche globale des surfaces à prospection en maintenant une hauteur de végétation faible et des cultures compatibles avec nos prospections. Enfin, passer d'un passage par semaine sous les éoliennes à deux passages pourrait affiner les estimations en lien avec le coefficient de persistance des cadavres très faible pour ce parc.

Au regard de la faible mortalité brute et de l'activité en nacelle peu intense observé en 2024 mais à la vue des incertitudes statistiques importantes, il est proposé de statuer sur le besoin ou non d'un dossier de dérogation espèces protégées à la fin de la dernière année de suivi obligatoire, après mise en place des dernières mesures correctives.

2.2 Facteurs d'impact

2.2.1 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 2023.

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	1 individu	L'étude d'impact avait identifié cette espèce courante avec des effectifs modérés sans conclure à un risque de collision.
Chiroptères			
Pipistrelle commune	La Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl représentaient 88% de l'activité chiroptérologique dans des proportions comparables. Ainsi la Pipistrelle commune représentait environ 44% de l'activité	4 individus	L'étude d'impact avait identifié cette espèce, avec un enjeu fort sur la zone.

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, à des effectifs modérés). En revanche 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, la première ayant été impactée par la mortalité induite par les éoliennes.

2.2.2 Analyse croisée de la phénologie de la mortalité et de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères en 2022 et 2023

Rappel sur les relevés de l'activité acoustique en nacelle des chiroptères

Les enregistrements acoustiques en nacelle ont été réalisés au niveau de l'éolienne BAZ 3 à 105 m d'altitude du 14 avril 2023 au 02 novembre 2023 durant 192 nuits. Le suivi de mortalité a permis de découvrir 2 chiroptères sous l'éolienne BAZ 2, 1 sous BAZ 3 (éolienne équipée de l'enregistreur acoustique), 1 sous BAZ 4 et aucun au niveau de l'éolienne BAZ 1.

2.2.2.1 Comparaison de la phénologie entre suivis mortalité et acoustique

Le nombre global de cadavres de chiroptères découverts durant le suivi de mortalité a été relativement faible ($n=4$). Les découvertes se sont déroulées fin juin et de début septembre à mi-octobre et aucun pic de mortalité ne se dégage sur la période de suivi. Néanmoins un individu de Pipistrelle commune a été retrouvé en période de mise-bas et les trois autres individus (75%) ont été retrouvés en période de transit automnal (Figure 23).

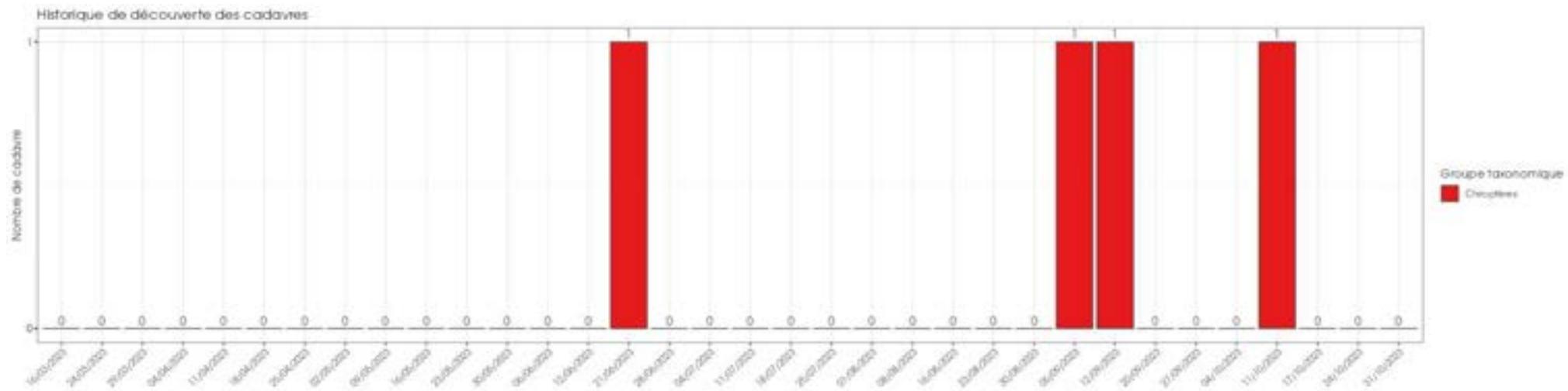


Figure 17. Phénologie des cadavres de chiroptères découverts à l'échelle du parc de Bazougeais (4 éoliennes)

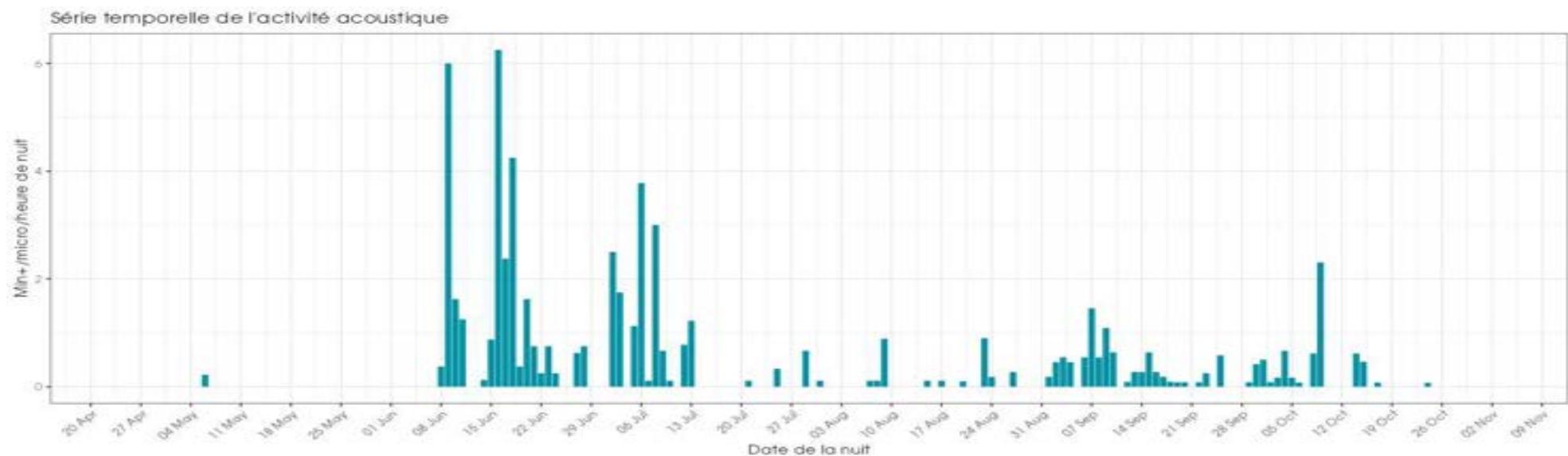


Figure 18. Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité

Le graphique ci-dessus présente l'activité journalière moyenne par heure. Cette représentation graphique permet de mettre en évidence l'hétérogénéité des contacts ; des forts pics d'activités très ponctuels ou des activités isolées liés à des augmentations ponctuelles de température, **comme les pics de juin et juillet**. Des contacts de chauves-souris ont été enregistrés sur seulement 76 nuits sur les 192 enregistrées.

L'activité sur le parc de Bazougeais est très hétérogène dans le temps. La majorité des contacts ont été enregistrés durant le mois de juin et juillet. A partir de mi-juillet, les contacts sont plus homogènes jusqu'à mi-octobre avec quelques pics d'activité certaines nuit, probablement dû à des conditions météorologiques particulièrement favorable. La période printanière (avril et mai) n'a vu que très peu d'activité (1 contact au début du mois de mai).

La phénologie des découvertes de cadavres et celle de l'activité acoustique semblent concorder. En effet, la première découverte de chauve-souris le 21 juin fait suite à un important pic d'activité les jours précédents. Le même constat est fait pour les 3 autres cas de mortalités.

L'activité enregistrée à hauteur de nacelle, toutes périodes confondues, sur l'éolienne BAZ3 montre une activité :

- Très faible pour la Noctule commune, la paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius, la Sérotine commune et le groupe des sérotules
- Faible pour la Pipistrelle commune
- Forte pour la Noctule de Leisler

Espèces	Nombre de point-nuits	Occurrence par point-nuit	Activité moyenne quand présence ou absence (MinutesPos/point-nuit)	Activité moyenne quand présence uniquement (MinutesPos/point-nuit)	Niveau d'activité au printemps quand présence ou absence
Noctule commune	192	13%	0,24	1,92	Activité très faible
Noctule de Leisler	192	10%	0,50	4,75	Activité forte
Pipistrelle commune	192	29%	1,75	6,09	Activité faible
Pipistrelle Kuhl / Nathusius	192	15%	0,47	3,18	Activité très faible
Sérotine commune	192	1%	0,01	1,00	Activité très faible
Sérotine/Noctule	192	11%	0,19	1,71	Activité très faible

Légende :

Nombre de point-nuit : Nombre de nuits d'enregistrement ;

Occurrence par point-d'écoute = Pourcentage d'occurrence nuit sur la saison (rapport du nombre de points d'écoute où l'espèce a été contactée sur le nombre de points d'écoute total d'enregistrement) ;

Activité moyenne = Moyenne du nombre de minutes positives par point nuit en prenant en compte les points où l'espèce est présente et absente ;

Activité moyenne quand présence uniquement = Moyenne du nombre de contacts par point nuit en prenant en compte uniquement les points-nuit où l'espèce est présente ;

Niveau d'activité = Niveau d'activité issue de la comparaison avec le référentiel lorsque l'espèce est présente et absente. L'estimation du niveau d'activité est issue du référentiel Actichiro® construit pour l'étude, basé sur un important pool de données réelles qui ont fait l'objet d'analyses statistiques (cf : **Erreur ! Signet non défini.**Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

(Ces niveaux d'activités sont issus du référentiel @actichiro_altitude de Biotope, voir rapport activité des chauves-souris en altitude »)

L'activité enregistrée en 2023 est environ deux fois supérieure à 2022. Il est difficile de tirer des enseignements sur l'activité chiroptérologique sur 2 années suivies. L'activité pouvant fortement variée en fonction des conditions météorologiques. Sur cette base de deux ans, la turbine BAZ3 ne semble pas générer de phénomène d'aversion.

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

Lors du suivi de mortalité sur le parc éolien de Bazougeais, une seule espèce de chiroptères a été retrouvée à 4 reprises, la Pipistrelle de commune.

Le suivi acoustique montre que comme en 2022, l'activité des pipistrelles **est majoritairement représentée sur le suivi en nacelle** :

- **La Pipistrelle commune représente environ la moitié des enregistrements chiroptérologiques avec plus de 50% du total des contacts obtenus ;**
- La paire Pipistrelle de Kuhl/Nathusius avec environ 15% de l'activité constatée est bien présente ;
- La Noctule de Leisler est également bien représentée avec 16 à 1%* des contacts obtenus ;

- La Noctule commune est moins représentée avec 6 à 8%* du total des contacts obtenus ;
- La Sérotine commune a été peu contactée en 2023 avec seulement 0,3 à 0,5%* des contacts obtenus ;
- Le groupe des Sérotules représente environ 5% de l'activité.

*Selon la méthode de calcul (en contacts de 5s ou en minutes positives).

La Pipistrelle commune découverte lors du suivi mortalité a également été détectée lors du suivi acoustique. L'espèce domine l'activité globale sur l'ensemble du suivi et représente plus de 50% de l'activité enregistrée.

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

Pour rappel, la Pipistrelle commune représente près de 50% à 56% du temps d'enregistrement des sons de chauves-souris, en fonction de la méthode de calcul utilisé. Cette espèce a été contacté durant 29% des nuits enregistrées avec une moyenne de 6 minutes positives par nuit avec présence.

La Pipistrelle commune présente une activité faible sur l'ensemble de la période : très faible en période printanière, moyenne en période estivale et faible en période automnale.

Elle montre un schéma d'activité très similaire à la phénologie d'activité observée pour l'ensemble des espèces avec une activité plus importante en début de période de mise-bas.

Phénologie: rythme circannuel

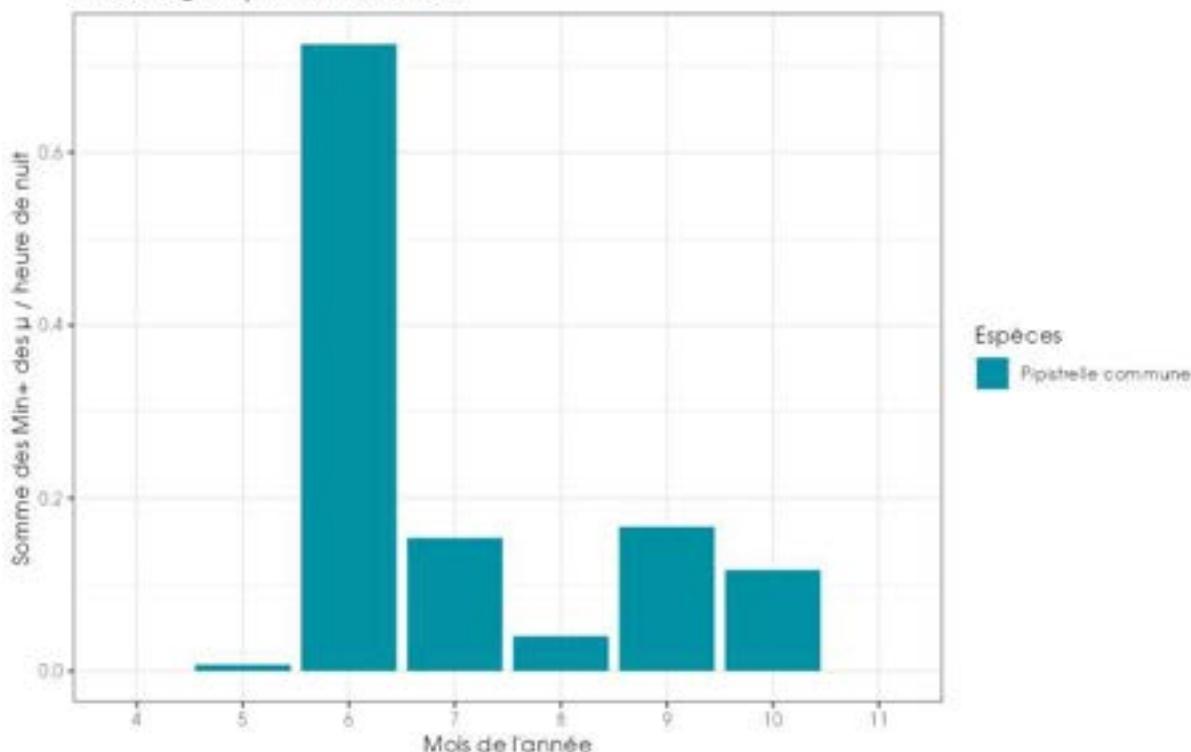


Figure 19. Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.

Les 4 cadavres de Pipistrelle commune ont été découverts sur deux périodes différentes. L'une a été retrouvée le 21/06/2023, lors de la période de mise bas alors que les 3 autres ont été découvertes à la fin de l'été, début d'automne lors de la migration automnale : 05/09/23, 12/09/23 et 11/10/23.

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

L'espèce découverte durant le suivi de mortalité correspond à la principale espèce identifiée durant le suivi acoustique : la Pipistrelle commune.

Les autres espèces contactées en altitude et notamment les espèces menacées à l'échelle nationale ou régionale n'ont pas été retrouvées sous les éoliennes

Sur les 4 chiroptères retrouvés durant le suivi de mortalité, un seul cadavre a été retrouvé au niveau de l'éolienne BAZ 3 équipée de l'enregistreur automatisé.

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

2.2.3 Comparaison avec le suivi de mortalité de 2022

Dans l'objectif de faire des comparaisons entre les deux suivis, ceux-ci ont été réalisés avec les mêmes protocoles et méthodes de calcul des estimations de la mortalité. La durée des suivis, la fréquence des passages et la date des passages sont comparables. Le suivi 2023 a seulement été allongé d'un passage supplémentaire (34 passages au lieu de 33). En 2022, 3 tests de prédation et 3 tests d'efficacité de recherche, avaient été réalisés. En revanche, en 2023, seulement 2 tests de prédation et deux tests d'efficacité de recherche ont été réalisés.

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

2.2.3.1 Comparaison des coefficients correcteurs

2.2.3.1.1. Coefficient correcteur de surface

Le coefficient correcteur a légèrement diminué passant de 59% en 2022 à 45% en 2023 de surfaces prospectées en cumulées (Tableau 16).

Tableau 16 : Evolution du coefficient correcteur de surface entre 2022 et 2023 pour l'ensemble du parc de Bazougeais.

Moyenne pondérée	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Moyenne parc
2022	0,63	0,57	0,45	0,72	0,59
2023	0,39	0,39	0,55	0,48	0,45

2.2.3.1.2. Coefficient de persistance(s)

La vitesse de disparition des cadavres a diminué pour chaque éolienne entre les deux années. A l'échelle du parc, la persistance moyenne a largement diminué en passant de 2,78 jours en 2022 à 0,62 jours en 2023 (Tableau 17).

Tableau 17 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance (moyenne des deux tests de persistance) pour chacune des éoliennes pour les deux années.

Persistance moyenne (en jours)	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Moyenne parc
2022 (trois tests)	1,4	3,3	5,1	1,3	2,78
2023 (deux tests)	0,25	0,47	1,51	0,25	0,62

2.2.3.1.3. Probabilités globales de détection

La probabilité globale de détection des cadavres a diminué pour chaque éolienne entre les deux années. En 2022, la probabilité globale de détection variait entre 0,04 et 0,20 en 2022, c'est à dire que la mortalité la plus probable de chaque éolienne est entre 5 et 25 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée. En 2023, la probabilité globale de détection varie entre 0 et 0,10, c'est-à-dire que la mortalité probable de chaque éolienne est entre 10 et 100 fois plus importante que celle observée suivant les éoliennes et la méthode d'estimation sélectionnée (Tableau 18).

Ainsi, au global, la probabilité globale de détection des cadavres entre 2022 et 2023 a diminué.

Tableau 18 : Bilan des probabilités globales de détection ($a \times P(s,f)$) par année et par éolienne pour différentes méthodes.

	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ en 2022				
Huso (2010)	0,09	0,19	0,18	0,10
Erickson et al. (2000)	0,09	0,20	0,18	0,10
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,04	0,15	0,17	0,04
Probabilité globale de détection $a \times P(s,f)$ en 2023				
Huso (2010)	0,01	0,02	0,10	0,01
Erickson et al. (2000)	0,01	0,03	0,10	0,01
Korner-Nievergelt et al. (2011)	0,00	0,00	0,07	0,00

2.2.3.2 Pour les oiseaux

2.2.3.2.1. En 2022

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 soit en moyenne une estimation de la mortalité comprise entre 18,25 et 43,25 oiseaux/éolienne sur l'ensemble de la période du suivi. Sur 224 jours de suivi, 9 observations ont été réalisées entre mi-mars et mi-octobre (Tableau 19).

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 disparition 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.

Tableau 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi de 2022

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 et al. (2000) [IC 95%]	34 [9 ; 89]	10 [2 ; 29]	5 [1 ; 23]	27 [7 ; 75]	76
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	84 [24 ; 205]	13 [3 ; 40]	7 [1 ; 26]	69 [20 ; 189]	173

2.2.3.2.2. En 2023

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des oiseaux est de 205 à 449 individus sur l'ensemble du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 75 à 234 individus au minimum et de 438 à 674 individus au maximum pour l'ensemble du parc (Tableau 20), ce qui correspond à une incertitude importante.

Les 2 observations ont été réalisées sur 229 jours centrés sur deux saisons, estivale et automnale (1 découverte en aout et 1 découverte en octobre).

Les éoliennes BAZ2 et BAZ4 présentent les plus fortes estimations probables de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ1 et BAZ3. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres (Figure 15).

Tableau 20 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi 2023

Estimateurs	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des oiseaux	0	1	0	1	2
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 192]	41 [3 ; 180]	0 [0 ; 28]	50 [6 ; 219]	205 [78 ; 445]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	0 [0 ; 180]	48 [4 ; 179]	0 [0 ; 27]	62 [9 ; 222]	218 [75 ; 438]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	39 [3 ; 242]	212 [32 ; 256]	0 [0 ; 42]	212 [42 ; 260]	449 [234 ; 674]

2.2.3.2.3. Comparaison 2022/2023

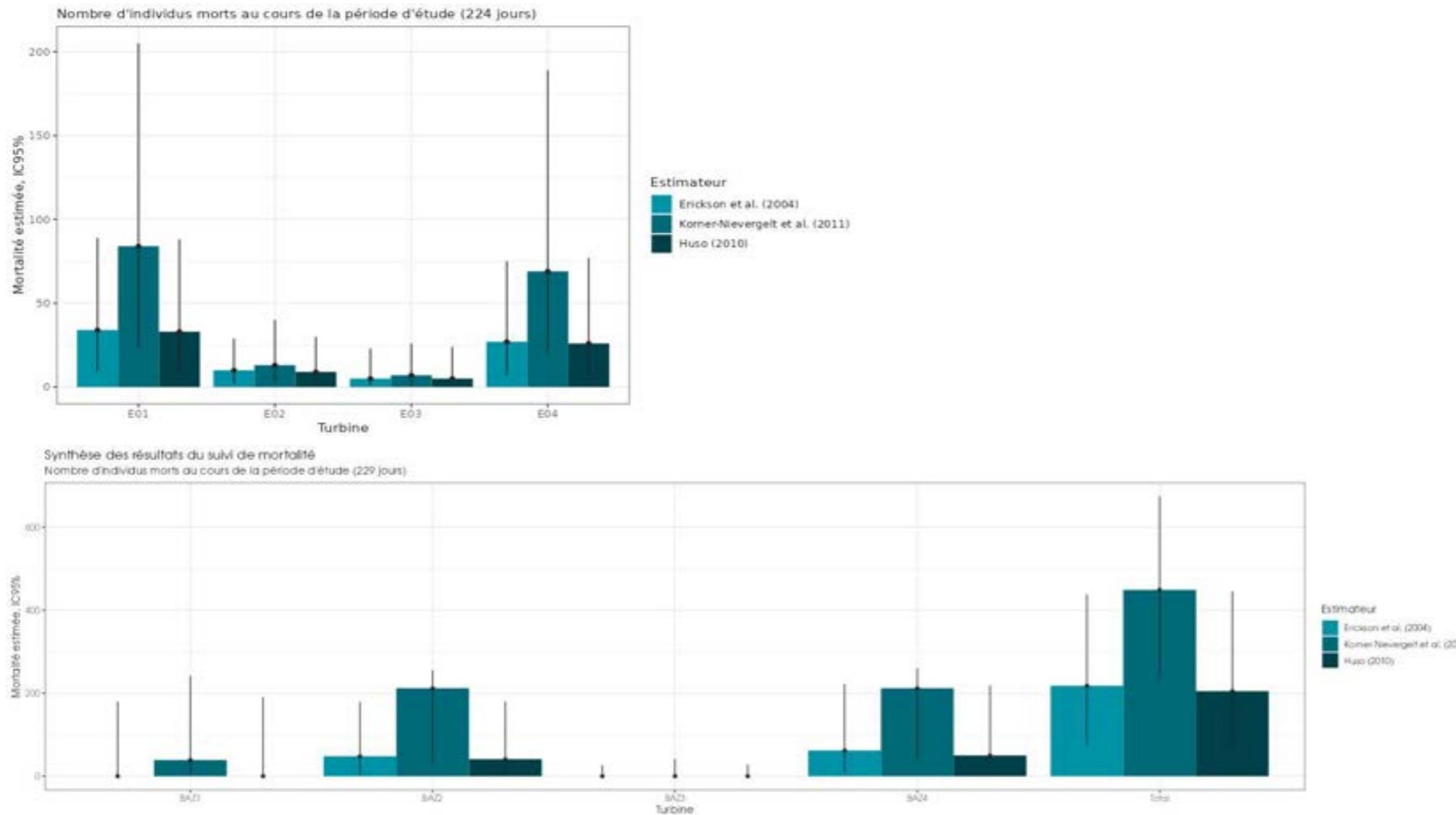


Figure 20 : Evolution de la mortalité la plus probable pour les oiseaux sur le parc de Bazougeais entre 2022 (en haut) et 2023 (en bas)

Le bilan des deux années de suivi montre une variabilité interannuelle pour les oiseaux. On observe également une mortalité estimée variable entre les éoliennes et entre les deux années. On observe que la mortalité estimée pour les éoliennes BAZ1 a diminué entre 2022 et 2023. En revanche, la mortalité estimée pour les éoliennes BAZ2 et BAZ4 a augmenté entre 2022 et 2023. Seul les estimations de mortalité pour BAZ 3 ont peu varié.

2.2.3.3 Pour les chiroptères

2.2.3.3.1 En 2022

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 soit en moyenne une estimation de la mortalité comprise entre 23,75 et 61 chiroptères/éolienne sur l'ensemble de la période du suivi (Tableau 21). 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.

Tableau 21 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi 2022

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 <i>et al.</i> (2000) [IC 95%]	66 [28 ; 138]	0 [0 ; 13]	0 [0 ; 14]	29 [8 ; 76]	95
Korner-Nievergelt <i>et al.</i> (2011) [IC 95%]	163 [74 ; 247]	0 [0 ; 18]	0 [0 ; 16]	81 [20 ; 188]	244

2.2.3.3.2 En 2023

Sur l'ensemble du parc, la mortalité estimée totale la plus probable des chiroptères est comprise entre 259 et 513 individus sur la durée du suivi. En prenant les incertitudes (IC 95%), les effectifs impactés sont de 110 à 273 individus au minimum et de 495 à 703 individus au maximum pour l'ensemble du parc ce qui correspond à une incertitude assez importante.

Les 4 observations ont été réalisées sur 105 jours centrés sur la période printanière et automnale (du 21 juin au 11 octobre : 1 découverte en juin, 2 découvertes en septembre et 1 découverte en octobre).

L'éolienne BAZ2 présente la plus forte estimation probable de mortalité à l'échelle du parc, puis par ordre décroissant, BAZ4, BAZ3 et BAZ1. Les incertitudes importantes ne permettent pas de distinguer facilement l'impact des éoliennes les unes des autres (Figure 16).

Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi 2023

Estimateurs	BAZ1	BAZ2	BAZ3	BAZ4	Total parc
Mortalité observée des chiroptères	0	2	1	1	4
Huso (2010) [IC 95%]	0 [0 ; 185]	69 [19 ; 218]	11 [1 ; 45]	65 [10 ; 224]	291 [114 ; 498]
Erickson et al. (2000) [IC 95%]	2 [0 ; 190]	85 [17 ; 217]	10 [1 ; 44]	48 [7 ; 220]	259 [110 ; 495]
Korner-Nievergelt et al. (2011) [IC 95%]	48 [1 ; 240]	227 [68 ; 267]	13 [2 ; 66]	205 [39 ; 259]	513 [273 ; 703]

2.2.3.3.3. Comparaison 2022/2023

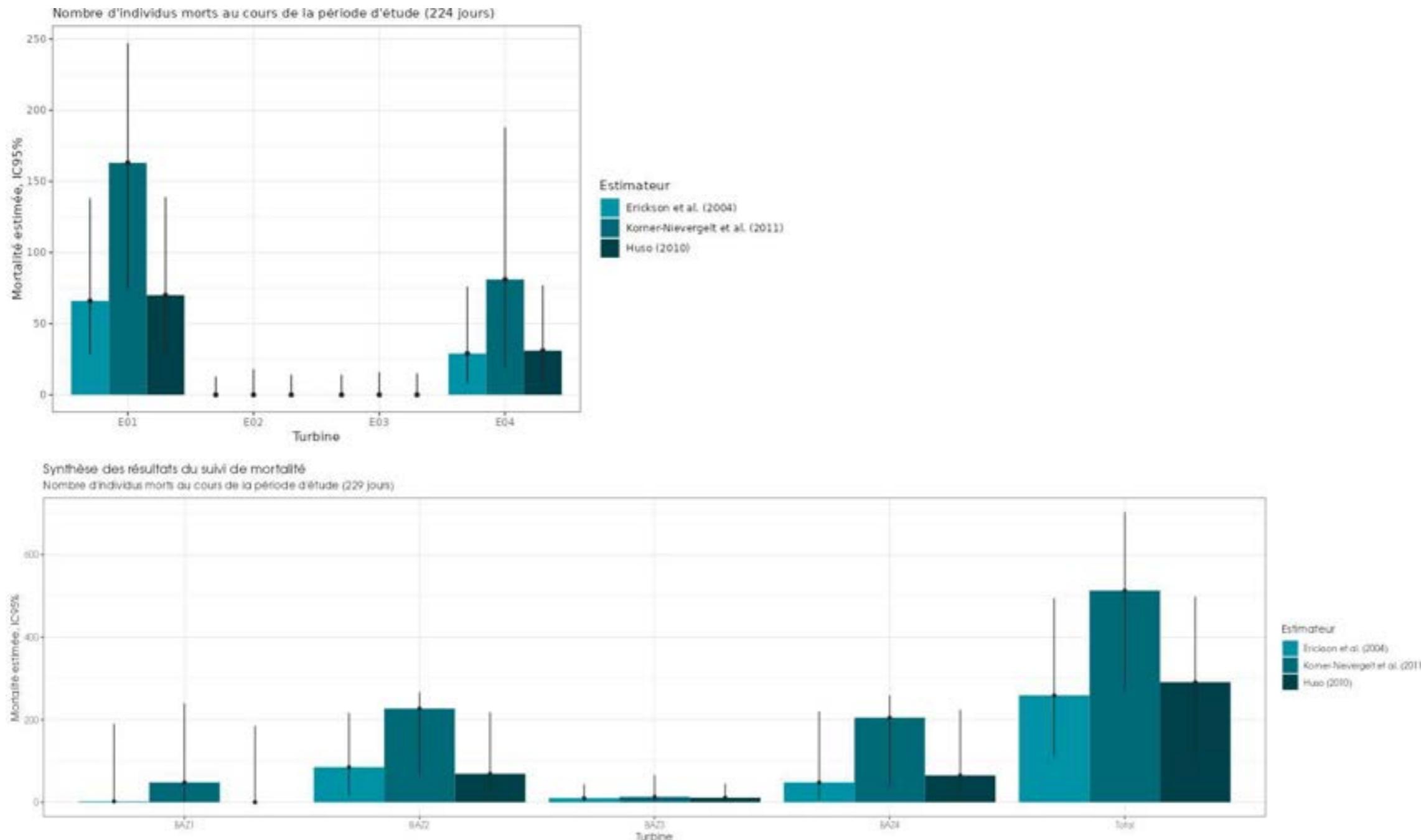


Figure 21 : Evolution de la mortalité la plus probable des chiroptères sur le parc de Bazougeais entre 2022 (en haut) et 2023 (en bas)

Le bilan des deux années de suivi montre une différence interannuelle pour la mortalité la plus probable des chiroptères à l'échelle du parc. La mortalité estimée des éoliennes BAZ1 a diminué entre 2022 et 2023. En revanche, la mortalité estimée des éoliennes BAZ2, BAZ3 et BAZ4 a augmenté. En effet, en 2022 aucune mortalité pour BAZ2 et BAZ3 n'avait été estimée, mais des incertitudes montraient une potentielle mortalité.

A l'échelle du parc, en 2023, les estimations de mortalité semblent plus importantes qu'en 2022 malgré un nombre de découverte de cadavre brut plus faible. Mais à pondérer avec la robustesse statistique impactée par les taux de persistance trop faibles.

2.3 Mesures correctives

Ce rapport, constituant l'analyse de la deuxième année de suivi de mortalité, indique des estimations de mortalité importantes pour le parc éolien de Bazougeais. En effet, les estimations de mortalité les plus probables sont comprises entre 205 et 449 individus pour les oiseaux et entre 259 et 513 individus pour les chiroptères sur la durée du suivi (229 jours). Ces résultats s'expliquent par une probabilité globale de détection faible. Les estimations doivent donc être interprétées avec vigilance en raison de grandes incertitudes (barres d'erreur). En effet la forte prédatation constatée sur le parc et la baisse des surfaces prospectables peuvent expliquer ces incertitudes. De plus, l'activité chiroptérologique plutôt faible à hauteur de nacelle, associé à une mortalité brute peu élevée laisse penser que ces chiffres sont fortement surestimés.

Comme indiqué dans la partie « synthèse des résultats », 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. L'objectif pour la troisième année de suivi est d'apporter des mesures correctives afin de faire baisser les incertitudes sur les estimations de mortalité sur le parc.

Afin d'affiner ces résultats et faire baisser les incertitudes plusieurs mesures devront être prises pour la troisième année de suivi :

- réalisation de trois tests de persistance en 2024 au lieu de deux en 2023 ;
- **réalisation de 2 passages** par semaine pour affiner les estimations en lien avec le coefficient de persistance des cadavres trop faible pour ce parc.

Dans la mesure du possible :

- augmentation de la surface prospectable : maintien d'un couvert végétal relativement ras et absence de bétails. Cette mesure passe par une démarche de concertation avec les exploitants agricoles locaux. Cela pourrait permettre d'améliorer l'efficacité de recherche globale des surfaces à prospector en maintenant une hauteur de végétation faible et des cultures compatibles avec nos prospections.
- Une communication du calendrier des maintenances permettrait également d'anticiper et replanifier si cela est possible le passage du suivi hors de ces périodes de maintenance.

Enfin l'analyse de l'activité en altitude des chiroptères menée en parallèle montre que malgré une activité plutôt faible, une part des contacts n'est pas couvert. Au regard des incertitudes, sur la mortalité, il est proposé de réhausser, à nouveau l'asservissement, comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

Scenario 2024	
Période de mise en service du bridage	Du 1^{er} juin au 31 octobre , correspondant à la période d'activité des chiroptères en altitude
Seuil de température	Par des températures supérieures ou égales à 13°C
Seuil de vent	Par des vitesses de vents inférieures ou égales à 6 m/s
Nombre d'heures durant la nuit	Toute la nuit (crépuscule aube)
Proportion d'activité chiroptérologique (en %) couverte par le modèle sur la période concernée.	87,2%
Nombre de minutes positives restant à risque.	75 minutes sur 584 toutes espèces confondues

2.1 Mesure complémentaire

En compléments des mesures correctives et de façon volontaire, il a été proposé à la société Boralex d'installer 8 gîtes à chauves-souris (types pipistrelles), ainsi qu'un gîte « fusée » dans des parcelles à l'extérieur du parc éolien (pour ne pas induire d'impact indirect).

Gîte mural avec fond en bois à chauves-souris

Spécies visées : chauves-souris pipistrelles et petit royalet principalement.

Fabriqué en France dans les Bouches-du-Rhône par NAT'H

NAT'H

Spécifications du nichoir :

- Poids : 2,2 kg
- Dimension de l'entrée : 100 x 28 mm
- Hauteur : 190 mm
- Largeur : 263 mm
- Epaisseur : 32 mm

Comment de monter :

Le gîte doit se fixer en hauteur à plus de 3 mètres du sol. Il faut préférer aux matériaux des accès aux prédateurs comme des chats (toit des battois, escaliers, ...). Le gîte doit être fixé d'équinoxe verticalement sur un mur contre vers le bas, et il possible en dessous d'une avancée de toiture à l'abri de la pluie et du vent.

Il est préférable de positionner le gîte sur une face de bâtiment qui se trouve à l'abri des vents dominants.

Aucun produit ne doit être appliquée sur ou dans le nichoir.

Options d'installation :

Montage relativement à la demande de pose des moustiques.

Gîte mural avec fond en bois à chauves-souris

Bois utilisé : Pin Douglas - Réputé pour sa durabilité naturelle - épaisseur 32 mm

Bois intérieur traité pour faciliter l'accroche des chauves-souris

Hauteur 190 mm

Largeur 263 mm

Hauteur 32 mm

Entrée (largeur de 100 mm de haut)

NAT'H

Gîte à chauves-souris (types pipistrelles)



Gîte « fusée » pour chauves-souris

L'emplacement de ces gîtes sera défini au cours du mois d'avril.

L'intégralité de ces gîtes sera suivie 2 à 3 fois dans l'année, pour évaluer les niveaux d'occupation.

3 Bibliographie

- AKAIKE, Hirotugu. A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 1974, vol. 19, no 6, p. 716-723. 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.
- BARRIENTOS, Rafael, MARTINS, Ricardo C., ASCENSÃO, Fernando, et al. A review of searcher efficiency and carcass persistence in infrastructure-driven mortality assessment studies. *Biological conservation*, 2018, vol. 222, p. 146-153.
- BORNER, L., DURIEZ, Olivier, BESNARD, A., et al. Bird collision with power lines: estimating carcass persistence and detection associated with ground search surveys. *Ecosphere*, 2017, vol. 8, no 11, p. e01966.
- 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.
- DOMÍNGUEZ DEL VALLE, Jon, CERVANTES PERALTA, Francisco, et JAQUERO ARJONA, María I. Factors affecting carcass detection at wind farms using dogs and human searchers. *Journal of Applied Ecology*, 2020, vol. 57, no 10, p. 1926-1935.
- DÜRR, T. (2023). Fledermausverluste an Windenergieanlagen / bat fatalities at windturbines in Europe.
- 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.
- 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
- GAULTIER, Simon P., BLOMBERG, Anna S., IJÄS, Asko, et al. Bats and wind farms: The role and importance of the Baltic Sea countries in the European context of power transition and biodiversity conservation. *Environmental Science & Technology*, 2020, vol. 54, no 17, p. 10385-10398.
- 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.

- 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.
- LABROSSE, A. (2009). Determining factors affecting carcass removal and searching efficiency during the post-construction monitoring of wind farms. University of Northern British Columbia.
- MARCHESI, P., BLANT, M. ET CAPT, S. (2008). Mammifères de Suisse - Clés de détermination. Neuchâtel, Fauna Helvetica, CSCF & SSBF. 289 p.
- MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE (MEDDE), 2015, Protocole de suivi environnemental des parcs éoliens terrestre, Novembre 2015, 40p.
- PONCE, Carlos, ALONSO, Juan Carlos, ARGANDOÑA, Gonzalo, et al. Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. Animal Conservation, 2010, vol. 13, no 6, p. 603-612.
- REYES, Gabriel A., RODRIGUEZ, Meredith J., LINDKE, Kenneth T., et al. Searcher efficiency and survey coverage affect precision of fatality estimates. The Journal of Wildlife Management, 2016, vol. 80, no 8, p. 1488-1496.
- 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.
- SMALLWOOD, K. Shawn. Estimating wind turbine-caused bird mortality. The Journal of Wildlife Management, 2007, vol. 71, no 8, p. 2781-2791.
- 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.

Sites Internet

- DURR, 2022: <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/natur/artenschutz/vogelschutzwarte/arbeitsschwerpunkt-entwicklung-und-umsetzung-von-schutzstrategien/auswirkungen-von-windenergieanlagen-auf-voegel-und-fledermaeuse/#>

4 Annexes

Annexe I : Tableau récapitulatif des observations de cadavres dans le cadre du suivi

Date prospection	Éolienne	Nom latin	Nom vernaculaire	État	Age	Sexe	Raison estimée de la mort	Distance à l'éolienne
21/06/2023	BAZ3	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	11 m
30/08/2023	BAZ4	<i>Regulus ignicapilla</i>	Roitelet à triple bandeau	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	15 m
05/09/2023	BAZ4	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	26 m
12/09/2023	BAZ2	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	En décomposition	Indéterminé	Indéterminé	Barotraumatisme	17 m
11/10/2023	BAZ2	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune	Frais	Adulte	Mâle	Barotraumatisme	11 m
17/10/2023	BAZ2	-	Espèce indéterminée	Autre	Indéterminé	Indéterminé	Prédation ou charognage cadavre post-collision	58 m

Annexe II : Détails des arrêtés relatifs aux installations de production d'électricité

“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. 181-46-1 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.

Annexe III : Détails sur les méthodes d'inventaires attendues à l'échelle nationale

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

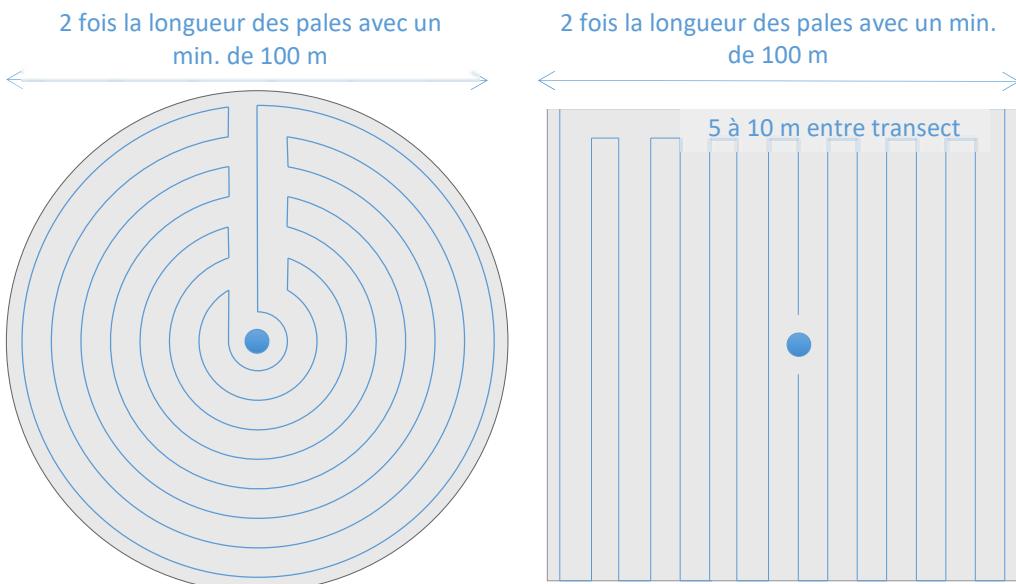


Figure 23 : Schéma de la surface-échantillon à prospector (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).

Annexe IV : Détails sur les coefficients correcteurs et des méthodes statistiques

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.

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.

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.

Le principe général des estimations par éolienne est le suivant :

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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 préation (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 préation 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 préateurs. 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.

Annexe V : Définition de l'AIC et des intervalles de confiances à 95%

- 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.

5 Index des tableaux, cartes et figures

Index des tableaux

Tableau 1 : Prospections de terrain et informations météorologiques	16
Tableau 2 : Nombre total de leurres disposés par éolienne en fonction de l'occupation du sol sur l'ensemble du suivi (poses cumulées des 2 tests).	18
Tableau 3 : Équipe de travail	20
Tableau 4 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023 ; Dürr, 2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des oiseaux touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine. Les valeurs entre parenthèses correspondent au nombre de cadavres brut.	25
Tableau 5 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces d'oiseaux touchées par le parc éolien de Bazougeais	27
Tableau 6 : Tableau de synthèse associant les données « empirique » de Dürr (mis à jour le 09/08/2023) et le « Référentiel mortalité brut » de Biotope 2022 pour des chiroptères touchés par les parcs éoliens selon les pays de l'Europe et en France métropolitaine.	28
Tableau 7 : Statuts réglementaires et de conservation des espèces de chauves-souris touchées par le parc de Bazougeais	28
Tableau 8 : 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 (34 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).	30
Tableau 9 : Statistiques descriptives du coefficient correcteur de surface calculé sur l'ensemble des 34 passages	33
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.	34
Tableau 11 : Taux d'efficacité de recherche (et intervalles de confiance à 95%) calculés (observés) et prédits (estimations et interpolations) par pourcentage de recouvrement pour tous les cas de figure rencontrés durant le suivi	35
Tableau 12 : Bilan des probabilités globales de détection par méthode d'estimation	36
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	36
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	37
Tableau 15 : Croisement des informations issues de l'état initial de l'étude d'impact et du suivi mortalité	41
Tableau 16 : Evolution du coefficient correcteur de surface entre 2022 et 2023 pour l'ensemble du parc de Bazougeais.	45
Tableau 17 : Résultats des estimations des durées moyennes de persistance (moyenne des deux tests de persistance) pour chacune des éoliennes pour les deux années.	45

Tableau 18 : Bilan des probabilités globales de détection ($a \times P(s,f)$) par année et par éolienne pour différentes méthodes.	46
Tableau 19 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi de 2022	46
Tableau 20 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) des oiseaux au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi 2023	47
Tableau 21 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi 2022	49
Tableau 22 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitudes entre crochets) de chiroptères au sein du parc de Bazougeais sur la période du suivi 2023	49

Index des figures

Figure 1 : Photographies des 4 éoliennes du parc éolien de Bazougeais en 2022 © Biotope	6
Figure 2 : Situation et disposition des éoliennes du parc éolien de Bazougeais (de gauche à droite, BAZ1, BAZ2, BAZ3 et BAZ4)	7
Figure 3 : Type de leurres utilisés dans le cadre des tests d'efficacité de recherche © Biotope	18
Figure 4 : Mortalité par espèce ou groupe d'espèces observée sur le parc éolien de Bazougeais	21
Figure 5 : Présentation de quelques photographies des cadavres découverts. De gauche à droite et de haut en bas : Roitelet à triple bandeau, corvidé indéterminé, Pipistrelle commune, Pipistrelle commune, Pipistrelle commune et Pipistrelle commune © Biotope	22
Figure 6 : Nombre de cadavres trouvés par passage sur le parc éolien de Bazougeais	23
Figure 7 : Nombre de cadavres découverts par éolienne	23
Figure 8 : 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.	24
Figure 9 : Positionnement des observations par rapport au positionnement des éoliennes. En grisé, le cumul des observations en histogramme radial en fonction de l'orientation	25
Figure 10 : Projection du 'quantile de mortalité' en fonction de la mortalité brute de votre parc à travers la répartition empirique du nombre de cadavres découverts sur les parcs éoliens suivis par Biotope (de 2019 à 2022).	29
Figure 11 : Évolution de l'occupation du sol et surfaces prospectées sur l'ensemble du suivi	31
Figure 12 : Occupation du sol pour les éoliennes BAZ1, BAZ2, BAZ3, BAZ4 (de gauche à droite) à différentes dates	32
Figure 13 : Bilan des surfaces prospectées par éolienne sur l'ensemble du suivi. A gauche évolution du pourcentage de surface prospectée par passage, à droite synthèse (boîte à moustaches) du pourcentage de surface prospectée par passage par éolienne sur l'ensemble du suivi (de bas en haut : minimum, 1er quartile, médiane en gras, 3ème quartile, maximum).	33
Figure 14 : Durées de persistances moyennes et médianes accompagnées des incertitudes (intervalles de confiance à 95%) des cadavres pour chaque test de prédatation	34
Figure 15 : 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 2023 sur 229 jours	37
Figure 16 : Estimation de la mortalité la plus probable (et incertitude à 95%) pour les chiroptères pour le parc éolien de Bazougeais au cours du suivi de 2023 sur 229 jours	38
Figure 17. Phénologie des cadavres de chiroptères découverts à l'échelle du parc de Bazougeais (4 éoliennes)	42
Figure 18. Phénologie de l'activité acoustique enregistrée au niveau d'éolienne E03 sur la période de réalisation du suivi mortalité	42

Figure 19. Nombre de minutes positives mensuelles, pour la Pipistrelle commune, rapporté au nombre d'heure de nuit.	44
Figure 20 : Evolution de la mortalité la plus probable pour les oiseaux sur le parc de Bazougeais entre 2022 (en haut) et 2023 (en bas)	48
Figure 21 : Evolution de la mortalité la plus probable des chiroptères sur le parc de Bazougeais entre 2022 (en haut) et 2023 (en bas)	50
Figure 22 : Périodes lors desquelles le suivi de mortalité est attendu selon le protocole national 2018	57
Figure 23 : Schéma de la surface-échantillon à prospecter (largeur de transects de 5 à 10 m) (extrait du protocole national 2018).	57



Biotope Siège Social
22, boulevard Maréchal Foch
B.P. 58
34140 MÈZE
Tél. : +33 (0)4 67 18 46 20
www.biotope.fr

